

## **СЕКЦИЯ 21**

# **«СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕТОДОЛОГИЯ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ»**

## СОДЕРЖАНИЕ

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ YOLO В ЗАДАЧАХ ПРОМЫШЛЕННОГО МОНИТОРИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА Аксютин А.А., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор.....	3836
ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНГВОКУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОСЛОВИЦ И ПОГОВОРОВ НА УРОКАХ РКИ Акулов М.В., Дмитриева Н.М., д-р филол. наук, доцент.....	3842
«СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕТОДОЛОГИЯ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ В ЖУРНАЛИСТИКЕ)» Асабаева Л.Б., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор.....	3848
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА» НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ Афанасьев В.Н., д-р экон. наук профессор, Чмышенко Е. Г., д-р экон. наук профессор, Громов А. В.....	3852
ВЛИЯНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ Ахмадиева З.Р., канд. пед. наук.....	3859
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДЕБНЫХ РЕШЕНИЙ ПО КОНСТИТУЦИОННО-ПРАВОВЫМ СПОРАМ Баймухамбетова А.А., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор.....	3866
ПРИМЕНЕНИЕ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКЛАМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ Васянина В.И., канд. экон. наук, доцент.....	3870
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КЛЕТОК В РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЕ Глотов Е.М., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук профессор.....	3877
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ FDM-ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ БПЛА Горбатенко Е.А.....	3880
ТЕОРИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИХ СИСТЕМ В ОЦЕНКЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ЖИЛОЙ ПЛОЩАДЬЮ Горелова С.С.....	3887
ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЦЕССА ВИБРОСМЕШИВАНИЯ Гунько Н.М., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор.....	3893

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МНОГОМОДАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ Данильчук М.В., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор .....	3899
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МЕТАДААННЫХ И ПЕРЕНОСИМОСТЬ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЦИТОТОКСИЧНОСТИ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ МЕЖИСТОЧНИКОВОЙ ВАЛИДАЦИИ Егоров В.Ю.....	3905
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЕ ОБУЧАЮЩИЙ СПОСОБНОСТИ, А ТАК ЖЕ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ Жилин Д.В., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор.....	3911
ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО АДАПТАЦИИ Задорожная А.С., Лапаева М.Г., д-р экон. наук, профессор .....	3915
СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИСШЕСТВИЙ С ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ И ПОСТРАДАВШИМИ В НИХ ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ РФ Лебедева Т.В., канд. экон. наук, доцент, Еремеева Н.С., канд. экон. наук, доцент.....	3919
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ТУБЕРКУЛЕЗОМ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ Михеева А.Д.....	3923
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ Морозова С.Н., канд. экон. наук, Фаизова Л.Р., канд. экон. наук, доцент.....	3927
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШКАФОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ Мостовых Н.С., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук профессор .....	3932
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПА ДОБРОСОВЕСТНОСТИ В СУДЕБНОЙ ПРАКТИКЕ ПО ДЕЛАМ О ЛИШЕНИИ РОДИТЕЛЬСКИХ ПРАВ Мурадян В. И., Афанасьев В. Н., д-р экон. наук, профессор .....	3936
СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ТРУБОПРОКАТНОГО СТАНА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ Нимыкин И.А., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор.....	3940
ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МНОГОАГЕНТНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ В ЗАДАЧАХ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ АНТИТРОМБОТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ Нирян П.Л., Болодурина И.П., д-р техн. наук, профессор, Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор .....	3945

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ Орлова Е.В., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор, Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор .....	3951
КАТЕГОРИАЛЬНО-СИСТЕМНЫЙ МЕТОД НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ «ПЕНТАГРАММА У-СИН» Ревтова Е. Г., канд. экон. наук .....	3954
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ Рыжков К.В., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор .....	3957
КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ В ОРЕНБУРГЕ: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИРПИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДА Сагандыков Д.М., Блинкова Ю.В. канд. архитектуры, доцент, Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор.....	3962
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДА ОРЕНБУРГА Саридис А.Э., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор, Блинкова Ю.В. канд. архитектуры, доцент .....	3970
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ РФ Семина С.В.....	3977
СИСТЕМА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В АНАЛИЗЕ АВТОМАТИЗАЦИИ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Скоков Л.Ю., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор.....	3984
РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ СНИЖЕНИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ РИСКОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ТЕОРИИ ИГР Смагин Р.С.....	3991
МНОГОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ ИОДА И БРОМА В ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ СРЕДАХ Степанов А.Д., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор.....	3997
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ВАЛИДАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ АСУ ТП: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА И КОЛМОГорова-СМИРНОВА Султанов А.Т.....	4005
СУБЪЕКТИВНЫЕ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ДОМОХОЗЯЙСТВ: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НА ПАНЕЛЬНЫХ ДАННЫХ Трегубова А.А., канд. экон. наук, доцент Ниворожкина Л.И., д-р экон. наук, профессор, Синявская Т.Г., канд. экон. наук, доцент.....	4011
СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА (RUL) МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ Трохов А.А., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор.....	4015

ОЦЕНКА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО УРОВНЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Фаизова Л.Р., канд. экон. наук, доцент, Морозова С.Н., канд. экон. наук .....	4023
РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ В ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Фаизова Л.Р., канд. экон. наук, доцент, Михеева А.Д., Чекушина Д. В., Шаров Д.Е. ....	4027
СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКИ СГЕНЕРИРОВАННОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ Федотов, В.А., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор .....	4033
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО ВИДЕОПОТОКА Хохлов И.А., Болодурина И.П., д-р техн. наук, профессор, Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор .....	4039
ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Цыркаева Е. А., канд. экон. наук .....	4048
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ЖИЛЬЁМ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ Чекушина Д. В., Михеева А. Д., Шаров Д. Е.....	4052
СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕТОДОЛОГИЯ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ Черненко Д.Д., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор .....	4057
СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ВЕРИФИКАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКАХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ Черняков А.А., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор .....	4061

# **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ YOLO В ЗАДАЧАХ ПРОМЫШЛЕННОГО МОНИТОРИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА**

**Аксютин А.А., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

В статье рассматривается методика статистического анализа качества распознавания объектов с использованием нейросетевой модели YOLO применительно к задачам промышленного мониторинга с применением беспилотных летательных аппаратов. В качестве количественных показателей используются точность локализации ограничивающих рамок и точность классификации объектов. Для оценки устойчивости результатов распознавания применяются дисперсия и среднее квадратичное отклонение, а для анализа взаимосвязи показателей — коэффициент корреляции Спирмена. Показана применимость предложенного подхода для объективной оценки эффективности алгоритмов компьютерного зрения в системах мониторинга на базе БПЛА.

Использование беспилотных летательных аппаратов в задачах промышленного мониторинга и диагностики позволяет существенно повысить оперативность и информативность контроля состояния объектов. Оснащение БПЛА системами технического зрения обеспечивает автоматизированное обнаружение и распознавание элементов инфраструктуры, дефектов и потенциально опасных зон.

Одной из наиболее распространённых моделей детектирования объектов в реальном времени является YOLO (You Only Look Once), сочетающая высокую скорость работы и приемлемую точность. Однако для обоснованного применения данной модели в промышленных системах мониторинга требуется количественная оценка устойчивости и воспроизводимости результатов распознавания, что обуславливает необходимость статистического анализа.

В данной работе представлен статистический анализ эффективности различных версий и конфигураций алгоритма YOLO в задачах промышленного мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Исследованы 35 моделей, включающих девять основных версий (YOLOv3, YOLOv4, YOLOv5, YOLOv6, YOLOv7, YOLOv8, YOLOv9, YOLOv10 и YOLOv11) в различных конфигурациях размеров (tiny, nano, small, medium, large, xlarge). Для анализа использованы наборы данных, содержащие результаты оценки моделей YOLO на промышленных датасетах.

Таблица 1 — Результаты моделей YOLO

Модель	Средний IoU	$\sigma(\text{IoU})$	Precision	$\sigma(\text{Precision})$
YOLOv3-tiny	0.445	0.102	0.562	0.11
YOLOv3	0.489	0.098	0.579	0.106
YOLOv4-tiny	0.478	0.099	0.571	0.107
YOLOv4	0.512	0.092	0.598	0.099
YOLOv5n	0.498	0.094	0.587	0.101
YOLOv5s	0.521	0.089	0.606	0.096
YOLOv5m	0.544	0.082	0.628	0.091
YOLOv5l	0.558	0.079	0.638	0.087
YOLOv5x	0.567	0.077	0.645	0.085
YOLOv6n	0.502	0.093	0.591	0.1
YOLOv6s	0.528	0.086	0.615	0.094
YOLOv6m	0.545	0.083	0.629	0.09
YOLOv6l	0.556	0.08	0.636	0.088
YOLOv7-tiny	0.518	0.09	0.604	0.097
YOLOv7	0.562	0.077	0.648	0.086
YOLOv7x	0.573	0.074	0.656	0.083
YOLOv8n	0.521	0.088	0.608	0.095
YOLOv8s	0.538	0.084	0.622	0.092
YOLOv8m	0.555	0.078	0.642	0.088
YOLOv8l	0.568	0.076	0.651	0.084
YOLOv8x	0.577	0.073	0.659	0.082
YOLOv9t	0.438	0.095	0.591	0.102
YOLOv9s	0.456	0.091	0.599	0.098
YOLOv9m	0.471	0.087	0.608	0.095
YOLOv9c	0.485	0.084	0.617	0.092
YOLOv10n	0.467	0.092	0.595	0.099
YOLOv10s	0.48	0.089	0.605	0.097
YOLOv10m	0.494	0.086	0.614	0.094
YOLOv10b	0.508	0.083	0.624	0.091
YOLOv10l	0.518	0.081	0.631	0.089
YOLOv10x	0.527	0.079	0.638	0.087
YOLOv11n	0.532	0.085	0.621	0.093
YOLOv11s	0.548	0.081	0.636	0.089
YOLOv11m	0.565	0.077	0.651	0.086
YOLOv11l	0.572	0.075	0.658	0.085
YOLOv11x	0.582	0.072	0.668	0.082

Выборочная дисперсия характеризует разброс значений относительно среднего и вычисляется по формуле [1, 2]:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

где:  $n$  — объем выборки,  $x_i$  —  $i$ -е значение в выборке,  $\bar{x}$  — среднее арифметическое выборки.

Среднеквадратичное отклонение (СКО) является корнем квадратным из дисперсии [1, 3]:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Для метрики IoU: дисперсия  $s^2(\text{IoU}) = 0.00161$ , среднеквадратичное отклонение  $s(\text{IoU}) = 0.0401$ .

Для метрики Precision: дисперсия  $s^2(\text{Precision}) = 0.00070$ , среднеквадратичное отклонение  $s(\text{Precision}) = 0.0265$ .

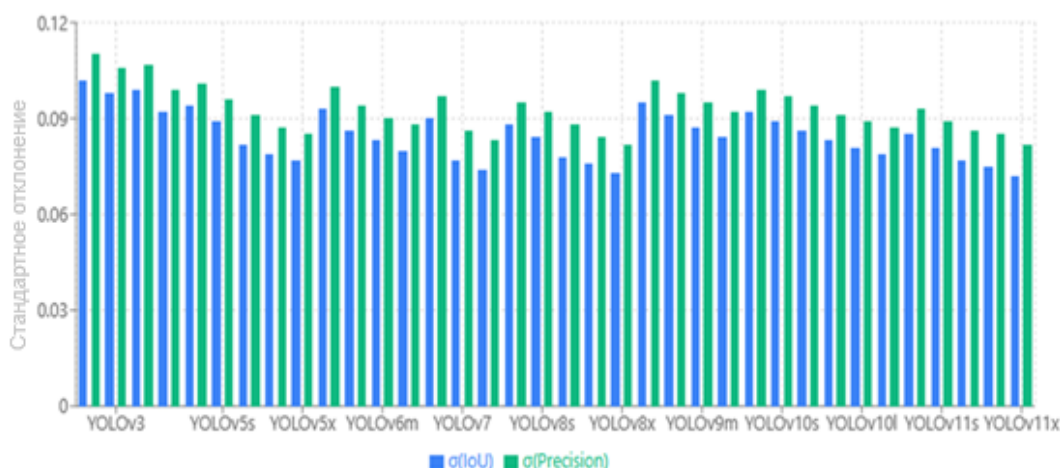


Рисунок 1 - Среднеквадратичные отклонения по моделям

Для оценки степени монотонной взаимосвязи между метриками IoU и Precision используется коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $\rho$ ) [1, 2, 4]. Этот непараметрический метод выбран в качестве основного, так как он не требует предположений о нормальном распределении данных, устойчив к выбросам и экстремальным значениям, подходит для выборок среднего размера ( $n=35$ ), оценивает монотонную зависимость, и более робастен для практических задач машинного обучения.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

где:  $n$  — количество наблюдений (35),  $d_i$  — разность рангов для  $i$ -й пары

наблюдений.

В результате анализа связи между метриками IoU и Precision с использованием непараметрического коэффициента корреляции Спирмена ( $\rho$ ) было получено значение  $\rho = 0.9012$ . Значение коэффициента корреляции Спирмена свидетельствует о наличии статистически значимой очень сильной положительной монотонной связи между исследуемыми переменными. Это означает, что увеличение значений IoU сопровождается согласованным и предсказуемым увеличением значений Precision, и наоборот [5, 7].

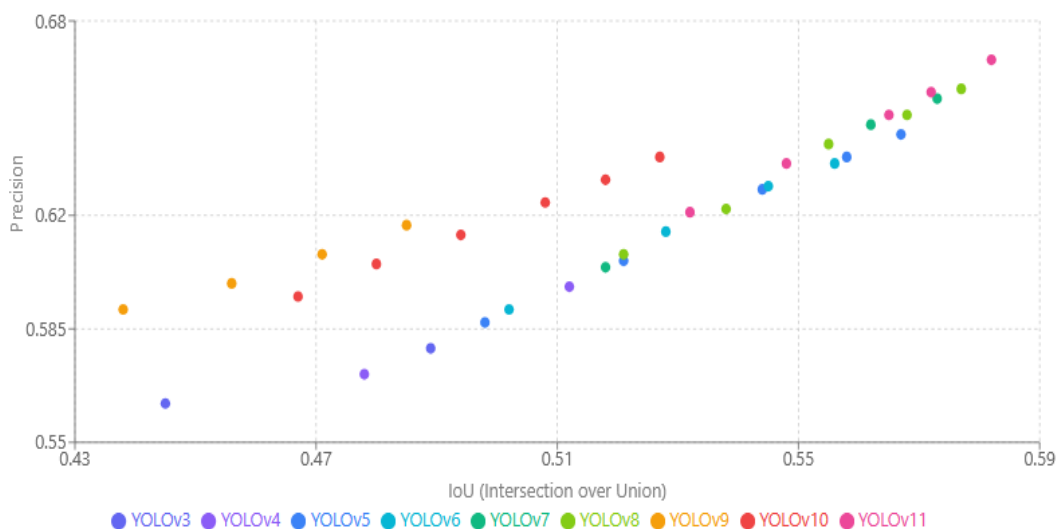


Рисунок 2 - График рассеяния: IoU vs Precision

Каждая версия YOLO представлена своим цветом. График демонстрирует сильную положительную зависимость между метриками IoU и Precision для всех 35 конфигураций моделей.

Для подтверждения результатов и оценки робастности анализа дополнительно применен другой метод корреляции.

Коэффициент Пирсона - классический параметрический метод для оценки линейной зависимости [1, 2, 3, 6]:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})(y_i - \tilde{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^2 (y_i - \tilde{y})^2}}$$

Проведённый параметрический корреляционный анализ по методу Пирсона выявил линейную взаимосвязь между метриками качества Intersection over Union (IoU) и Precision. Коэффициент корреляции составил  $r = 0.8834$ . Значение коэффициента  $r$  указывает на наличие статистически значимой очень сильной положительной линейной связи между переменными.



Рисунок 3 - Динамика метрик по версиям YOLO

Анализ среднеквадратичных отклонений показывает, что метрика IoU имеет СКО = 0.0401, а Precision — СКО = 0.0265. Это свидетельствует о большем разбросе значений IoU между различными конфигурациями YOLO. Наибольшая вариативность наблюдается у моделей YOLOv9, наименьшая — у последних версий YOLOv11, что указывает на стабилизацию производительности в новейших архитектурах.

Коэффициент корреляции Спирмена (основной метод анализа)  $\rho = 0.9012$  указывает на очень сильную положительную монотонную зависимость между метриками IoU и Precision. Дополнительные методы подтверждают этот результат: Пирсона  $r = 0.8834$ . Непараметрический метод Спирмена выбран в качестве основного, так как он более робастен к выбросам и не требует предположений о нормальности распределения, что критично для метрик производительности моделей детектирования.

Наилучшие результаты продемонстрировала модель YOLOv11x (IoU = 0.582, Precision = 0.668), что подтверждает эффективность архитектурных улучшений последней версии и преимущества крупномасштабных конфигураций для задач промышленного мониторинга с БПЛА. За ней следуют YOLOv8x и YOLOv7x. Модели YOLOv5 и YOLOv8 в конфигурациях medium и large демонстрируют оптимальное соотношение точности и вычислительной эффективности.

Модели YOLOv9 в целом показали более низкие значения метрик по сравнению с соседними версиями, что может быть связано со специфическими особенностями архитектуры или необходимостью дополнительной настройки для промышленных задач. Наименьший показатель имеет YOLOv9t (IoU = 0.438), что объясняется компактностью модели и ограничениями tiny-конфигурации.

#### Список литературы

1. Плохинский, Н.А. Биометрия: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Московского университета, 2014. – 368 с.

2. Кремер, Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2018. – 538 с.
3. Шипачев, В.С. Высшая математика: учебник. – 11-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 447 с.
4. Афанасьев, В.Н. Статистическая методология в научных исследованиях: учеб. пособие / В.Н. Афанасьев, Н.С. Еремеева, Т.В. Лебедева. – Оренбург: Оренбург. гос. ун-т, ЭБС АСВ, 2024. – 381 с. – ISBN 978-5-7410-3232-9.
5. Наследов, А.Д. IBM SPSS Statistics 20 и AMOS: профессиональный статистический анализ данных / А.Д. Наследов. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Питер, 2023. – 416 с. – ISBN 978-5-4461-2593-8.
6. Ивченко, Г.И. Теория вероятностей и математическая статистика: базовый курс с примерами и задачами: учеб. пособие / Г.И. Ивченко, Я.А. Медведев. – 3-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2021. – 408 с. – ISBN 978-5-9221-1768-0.
7. Чубукова, Н.В. Python для анализа данных: автоматизация и визуализация / Н.В. Чубукова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2023. – 368 с. – ISBN 978-5-9775-4067-5.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНГВОКУЛЬТУРОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОСЛОВИЦ И ПОГОВОРОК НА УРОКАХ РКИ**

**Акулов М.В., Дмитриева Н.М., д-р филол. наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Современная методика преподавания русского языка как иностранного (РКИ) характеризуется активной интеграцией лингвистических и культурологических подходов, что позволяет формировать у обучающихся не только языковую, но и коммуникативно-культурную компетенцию. В этом контексте особое значение приобретает работа с паремиологическим фондом языка, который является не только хранилищем устойчивых грамматических и лексических моделей, но и концентрированным выражением коллективного опыта, ценностных ориентаций и ментальных особенностей народа. Лингвокультурологический анализ предлагает научную основу для изучения и преподавания пословиц и поговорок, позволяя преодолеть редукцию их восприятия до уровня лишь лексико-грамматических единиц.

Понятие лингвокультурологического анализа как исследовательского метода базируется на признании неразрывной связи языка и культуры, где языковые единицы рассматриваются в качестве «культурных кодов», аккумулирующих и транслирующих исторически сложившееся мировидение этноса. В центре такого анализа оказывается не столько форма или прямое значение высказывания, сколько его культурно-детерминированный смысл, укорененный в национальном сознании. И.М. Лейко и К.В. Куриленко справедливо отмечают, что лингвокультурологический аспект изучения паремий позволяет «выйти за рамки чисто языковой семантики и приблизиться к пониманию системы ценностей и поведенческих стереотипов носителей языка» [6].

Для лингвокультурологического анализа паремий, в частности пословиц и поговорок, характерны несколько взаимосвязанных исследовательских векторов. Во-первых, это выявление национально-специфичных концептов, которые выступают смысловыми узлами пословичной картины мира. Такие концепты, как «труд», «дружба», «дом», «судьба», «правда», получают в пословицах специфическое наполнение, отражающее их особую значимость и сложную систему ассоциаций в русской культуре. Изучение этих концептов через паремии способствует декодированию базовых культурных смыслов.

Во-вторых, важным направлением является реконструкция исторических и бытовых реалий, зафиксированных в образной системе пословиц. Паремии хранят в себе упоминания об орудиях труда, предметах быта, социальных отношениях и профессиональных занятиях, которые могут быть утрачены в современной действительности, но продолжают жить в языковой памяти. Это превращает их в уникальный источник страноведческих знаний. Как

подчеркивает К.С. Позднякова, пословицы и поговорки выступают «важнейшим лингвострановедческим элементом, который в сжатой форме знакомит учащихся с элементами материальной и духовной культуры народа» [7].

В-третьих, лингвокультурологический анализ предполагает исследование прагматического аспекта паремий – условий и целей их употребления в живой речи. Пословица – это не статичная музейная единица, а активный речевой инструмент, используемый для аргументации, оценки, назидания или создания определенного эмоционального фона. Понимание прагматики пословицы, умение адекватно применить ее в соответствующем коммуникативном контексте является одной из вершин владения языком.

С методологической точки зрения, применение лингвокультурологического анализа на уроках РКИ требует системного подхода, включающего несколько этапов: от отбора паремиологического материала с учетом уровня владения языком и учебных целей до его семантизации, комментирования и активизации в речи. Семантизация паремий, особенно не имеющих прямых эквивалентов в родном языке обучающихся, представляет особую сложность. Здесь недостаточно простого перевода, необходим культурологический комментарий, раскрывающий внутреннюю форму выражения, историю его возникновения и ситуативные рамки употребления. Ю. Чан и соавторы указывают, что «объяснение пословиц должно сопровождаться демонстрацией типичных ситуаций их использования, что способствует формированию ассоциативных связей и облегчает запоминание» [8].

Таким образом, лингвокультурологический анализ пословиц и поговорок представляет собой комплексный метод, синтезирующий лингвистическое описание, культурологическую интерпретацию и методическую адаптацию материала. Он позволяет перевести работу с паремиями из плоскости механического заучивания в плоскость осмысленного постижения языка как живой, исторически сложившейся системы, неразрывно связанной с мышлением и культурой его носителей. Это отвечает современным требованиям к образованию, которое должно не только давать знания, но и формировать межкультурную компетенцию, способность к диалогу и пониманию «другого». Н.И. Джумаева и Д.К. Темирова видят в использовании паремий «эффективный способ погружения студентов-иностранцев в языковую среду и одновременно приобщения их к культурному коду нации» [1].

Реализация лингвокультурологического подхода на практике требует от преподавателя РКИ тщательного отбора паремиологического материала и разработки системы упражнений, направленных на последовательное формирование у иностранных учащихся как рецептивных, так и продуктивных навыков работы с пословицами и поговорками. Ключевым принципом здесь является соответствие материала языковому уровню студентов и его интеграция в изучаемые лексико-тематические и грамматические блоки, что

обеспечивает контекстуальное, а не изолированное усвоение культурных смыслов.

Первый этап практической работы – тематическая группировка пословиц и поговорок. Такой подход, отмеченный в работах Н.И. Джумаевой и Н.М. Хасановой [2], позволяет систематизировать материал и связать его с конкретными сферами человеческой жизни, актуальными для коммуникации. Для начального и среднего этапов обучения целесообразно использовать группы, понятные в межкультурном плане:

1. Семья и дом: «В гостях хорошо, а дома лучше», «Мой дом – моя крепость», «В семье и каша гуще». При работе с этими паремиями важно акцентировать ценность домашнего очага, семейного уюта и взаимопомощи в русской культуре, что может контрастировать с иными акцентами в культурах учащихся.

2. Труд и лень: «Без труда не вытащишь и рыбку из пруда», «Дело мастера боится», «Работа не волк, в лес не убежит». Данная группа демонстрирует амбивалентное отношение к труду: с одной стороны – уважение к мастерству и усердию, с другой – ироничное восприятие тягот работы, что отражает черты национального характера.

3. Дружба и взаимопомощь: «Не имей сто рублей, а имей сто друзей», «Друзья познаются в беде», «Один за всех и все за одного». Комментарий должен раскрыть глубину и обязательства, вкладываемые в понятие «друг» в русской традиции, выходящие за рамки поверхностного приятельства.

4. Учение и знание: «Ученье – свет, а не ученье – тьма», «Повторение – мать учения», «Знание – сила». Эти паремии подчеркивают ценность образования и постоянного самосовершенствования.

5. Природа и времена года: «Готовь сани летом, а телегу зимой», «Апрель с водой – май с травой», «Всяк кузнец своего счастья» (здесь можно провести параллель с ремеслом). Эти выражения знакомят студентов с климатическими реалиями России и важностью природных циклов в народном сознании.

На продвинутом этапе можно вводить тематические группы, требующие более глубокого историко-культурного комментария: например, пословицы, связанные с гостеприимством («Что есть в печи, всё на стол мечи»), судьбой и волей («На Бога надейся, а сам не плошай»), правдой и ложью («Правда в огне не горит и в воде не тонет»).

Работа с каждой пословицей или группой пословиц должна проходить через последовательные стадии, обеспечивающие постепенное погружение в её лингвокультурологическое содержание.

На этапе презентации и семантизации с культурологическим комментарием недостаточно дать прямой перевод. Необходимо раскрыть внутреннюю форму и культурный контекст. Возьмем пословицу «Дареному коню в зубы не смотрят»:

1. Лексико-грамматический анализ: разбирается значение устаревшего слова «дареной» (дарёный), структура предложения.

2. Культурологический комментарий: объясняется, что в старину возраст и здоровье лошади определяли по её зубам. Прямой смысл: оценивая подарок (коня), не следует проверять его недостатки (смотреть в зубы). Переносный смысл: подарок следует принимать с благодарностью, не критикуя.

3. Контекстуализация: приводятся примеры ситуаций из современной жизни, где уместно употребить эту поговорку (например, при получении неидеального, но сделанного от души подарка). Это позволяет «оживить» поговорку, показать её современную актуальность.

Использование рецептивных упражнений на распознавание и понимание вводится с целью научить студентов узнавать поговорки в речи и адекватно интерпретировать их смысл. Наиболее сложный, но и самый важный этап, ведущий к интеграции поговорок в активную речь студента – это использование продуктивных упражнений на воспроизведение и творческое использование.

Р.Г. Калияева и Л.Н. Фомина справедливо отмечают, что «поговорки способствуют развитию всех видов речевой деятельности, делают процесс обучения более мотивированным, интересным, результативным» [5]. Однако для достижения этого эффекта, как показывает анализ методических работ, включая исследование Д.Д. Дмитриевой [3], необходимо дозировать материал, обеспечивать его повторяемость в разных контекстах и создавать на уроке атмосферу живого, заинтересованного исследования, а не формального заучивания.

Таким образом, практическое применение лингвокультурологического анализа поговорок и пословиц на уроках РКИ представляет собой многоуровневую систему, сочетающую тщательный отбор материала, его глубокое семантико-культурологическое комментирование и постепенную активизацию через комплекс рецептивных и продуктивных упражнений. Такой подход позволяет трансформировать поговорки из архаичных, трудных для понимания выражений в живой ключ к постижению русского менталитета, системы ценностей и картины мира.

#### Список литературы

1. Джумаева, Н. И. Использование поговорок и пословиц в обучении русскому языку как иностранному [Текст] / Н. И. Джумаева, Д. К. Темирова // Исследовательские достижения высшей школы 2024: Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 14 февраля 2024 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2024. – С. 6-10.

2. Джумаева, Н. И. Работа над поговорками и пословицами при обучении русскому языку как иностранному [Текст] / Н. И. Джумаева, Н. М. Хасанова // Развитие современной науки и образования: анализ опыта и тенденций: Сборник статей II Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 27 апреля 2023 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. – С. 104-108.

3. Дмитриева, Д. Д. Использование пословиц и поговорок на занятиях по русскому языку как иностранному [Текст] / Д. Д. Дмитриева // Региональный вестник. – 2020. – № 1(40). – С. 28-29.

4. Ермакова, Н. Л. Работа над усвоением пословиц и поговорок на занятиях русского языка как иностранного [Текст] / Н. Л. Ермакова // Актуальные проблемы русского языка и методики его преподавания в иностранной аудитории : Материалы III международной научно-практической конференции, Орел, 22 апреля 2021 года. – Орел : Общество с ограниченной ответственностью полиграфическая фирма «Картуш», 2021. – С. 156-163.

5. Каляева, Р. Г. Изучение русских пословиц и разговоров на занятиях по английскому языку как иностранному [Текст] / Р. Г. Каляева, Л. Н. Фомина // Лингва-Универсум. – 2022. – № 6. – С. 20-22.

6. Лейко, И. М. Лингвокультурологический аспект изучения пословиц и поговорок на занятиях по русскому языку как иностранному [Текст] / И. М. Лейко, К. В. Куриленко // Медицинское образование XXI века : Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию учреждения образования «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», Витебск, 31 октября – 01 ноября 2024 года. – Витебск : Витебский государственный медицинский университет, 2024.

7. Позднякова, К. С. Пословицы и поговорки как лингвострановедческий элемент изучения русского языка как иностранного [Текст] / К. С. Позднякова // Русский язык в современном Китае : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Чита, 20 ноября 2020 года / Ответственный редактор О.Л. Абросимова, составители О.Л. Абросимова, Ю.В. Биктимирова. – Чита : Забайкальский государственный университет, 2020. – С. 187-189.

8. Применение пословиц и поговорок при обучении русскому языку как иностранному [Текст] / Ю. Чан, Э. Сун, К. Цао, Ц. Цзя // Построение межотраслевых научных взаимодействий в современных условиях : сборник статей международной научной конференции, Сургут, 15 февраля 2023 года. – Санкт-Петербург : Частное научно-образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Гуманитарный национальный исследовательский институт «Нацразвитие», 2023. – С. 37-39.

9. Шамсутдинова, А. А. Пословицы и поговорки как игровые технологии на занятиях по русскому языку как иностранному [Текст] / А. А. Шамсутдинова // Система непрерывного филологического образования : школа – колледж – вуз. Современные подходы к преподаванию дисциплин филологического цикла в условиях полилингвального образования : Сборник научных трудов XX Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Уфа, 16–18 апреля 2020 года. – Уфа : Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 2020. – С. 94-96.

10. Шаповалова, К. М. Пословицы и поговорки на занятиях по русскому языку как иностранному [Текст] / К. М. Шаповалова // Университетские чтения

– 2022 : Материалы региональной межвузовской научно-практической конференции, Пятигорск, 13–14 января 2022 года. Том Часть VII. – Пятигорск : Пятигорский государственный университет, 2022. – С. 90-94.

# **«СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕТОДОЛОГИЯ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ В ЖУРНАЛИСТИКЕ)»**

**Асабаева Л.Б., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

## **Введение**

Современная наука развивается в условиях роста объёмов информации, усложнения социальных, экономических и культурных процессов, а также интеграции количественных и качественных подходов к научному познанию. В этих условиях статистическая методология становится универсальным инструментом исследования, обеспечивая объективность, достоверность и воспроизводимость выводов. Статистический подход пронизывает все этапы эмпирического исследования — от постановки цели до интерпретации данных и прогноза тенденций.

Необходимо подчеркнуть, что я являюсь журналистом по профессиональной деятельности, и в моей практике статистика служит не только инструментом анализа социальных явлений, но и средством повышения качества журналистского материала. В условиях информационного общества журналистика уже не может опираться исключительно на качественные оценки — количественные методы анализа данных, базирующиеся на статистической методологии, позволяют объективно измерять, сопоставлять и толковать информацию, что особенно важно при анализе деятельности СМИ, влияния медийных сообщений на аудиторию, исследовании общественных мнений и информационных трендов.

Работа посвящена теоретическим основам статистической методологии, её методологической структуре, этапам и инструментам, а также практическому применению в журналистике и медиасреде. В рамках исследования проанализированы основные подходы к проведению статистических исследований в науке, рассмотрены примеры применения статистики в журналистской практике и выявлены перспективы интеграции количественных методов в медиaprактику.

## **Глава 1. Теоретические основы статистической методологии**

### **1.1. Понятие и сущность статистической методологии**

Статистическая методология — это совокупность принципов, правил и приёмов, обеспечивающих системный подход к количественному анализу явлений действительности. Согласно учебному пособию под редакцией Афанасьева, Еремеевой и Лебедевой (2024), статистика представляет собой не только инструмент обработки данных, но и методологически обоснованную

систему научного познания, интегрирующую сбор данных, обработку и интерпретацию результатов.

Статистический подход позволяет перейти от описания отдельных фактов к выявлению закономерностей и устойчивых связей в изучаемой совокупности, что критически важно для объективности эмпирических исследований. Статистика обеспечивает научную воспроизводимость, достоверность и универсальность выводов — качества, без которых современная наука теряет свою практическую значимость.

История становления статистической методологии начинается с перехода от простых описательных учётов к научным методам анализа социальных явлений. Уже классические труды статистиков XIX–XX вв. содержат попытки формализации подходов к измерению социальных и экономических процессов.

В отечественной науке принципам статистической методологии уделяли внимание В.Г. Афанасьев и П.В. Поздняков (1978), развивая идеи массовости наблюдений и количественного описания социальных явлений. Современные исследователи, такие как Гохберг Л.М. (2003), раскрывают методологические основания статистики как научной дисциплины, подчёркивая особую роль системности и логики построения исследования.

#### 1.2. Этапы статистического исследования и методологическая значимость

Согласно труду Н.В. Афанасьева (2017), статистическое исследование — это многоэтапный процесс, включающий статистическое наблюдение — регистрация признаков объектов исследования, сводку и группировку данных, аналитическую обработку, интерпретацию результатов — формулировка выводов и прогнозов.

Каждый этап имеет самостоятельное значение, но первичное наблюдение закладывает основу достоверности всех последующих выводов.

#### Программно-методологические основы статистического наблюдения

Программа наблюдения представляет собой логическую модель исследования, отражающую цели, гипотезы и задачи (Афанасьев В.Н., 2017). Она включает: отбор существенных признаков, логическую последовательность измерений, контрольные механизмы оценки достоверности данных.

Недостаточность или избыточность признаков снижает качество анализа и интерпретации.

## **Глава 2. Применение статистической методологии в журналистике и СМИ**

### 2.1. Журналистика как область применения статистики

В современной журналистике статистика играет ключевую роль в аналитической работе. Журналист, опираясь на статистические данные, может измерять масштаб социальных явлений, выявлять тенденции и закономерности, прогнозировать реакции аудитории. Без количественного анализа журналистика рискует оперировать субъективными впечатлениями и непроверенными фактами.

Применение статистики в медиа-исследованиях позволяет количественно оценивать влияние СМИ на общество. Б.А. Грушин (1989) в работе «Эффективность массовой информации и пропаганды: понятия и проблемы измерения» показал, что без численных показателей невозможно измерить воздействие медийных сообщений на общественное мнение.

Статистический анализ включает, измерение частоты тем в СМИ, оценку охвата аудитории, выявление корреляций между медийными публикациями и реакциями общества.

В работе И.Б. Дадьяновой (2011) «Социальный анализ эффективности деятельности СМИ» подчёркивается, что количественные методы необходимы для анализа восприятия информации аудиторией и оценки социальных последствий публикаций.

Таким образом, статистика позволяет выявлять реальные последствия медийного воздействия, оценивать объективность и сбалансированность контента, формировать рекомендации для медиаполитики.

Т. Абрамовских и С. Симакова (2018) в работе «Контент-анализ как метод исследования медиадискурса» применяли статистический подсчёт частоты упоминаний социальных тем в СМИ, что позволило объективно оценивать влияние на общественное мнение и выявлять медийные стереотипы.

### **Глава 3. Результаты применения статистики в журналистской практике**

Применение статистической методологии в журналистской практике позволяет существенно повысить качество материалов за счёт объективного анализа социальных процессов и медиаповедения аудитории. Как отмечает Афанасьев В.Н. в учебном пособии «Статистическая методология в научных исследованиях» (2017) статистические методы дают возможность выявлять устойчивые закономерности и тенденции в информационных потоках, что позволяет журналисту не ограничиваться субъективными оценками и предположениями, а опираться на достоверные количественные данные.

Пашков С.Г. в диссертации «Влияние средств массовой информации на формирование потребительских ожиданий населения» (2020) показал, что использование регрессионного анализа временных рядов и статистической обработки больших массивов новостных текстов позволяет выявлять взаимосвязь между контентом СМИ и реакциями аудитории, что делает возможным прогнозирование изменений общественного мнения и оценки эффективности медиаповестки.

Дадьянова И.Б. в работе «Социальный анализ эффективности деятельности СМИ» (2011) акцентирует внимание на том, что только с применением количественных методов можно объективно оценить степень влияния публикаций на различные социальные группы и корректировать редакционную политику с учётом выявленных закономерностей. Грушин Б.А. в монографии «Эффективность массовой информации и пропаганды» (1989)

подчеркивает, что медиаметрические исследования основанные на количественных данных помогают выявлять несоразмерность освещения тем и обеспечивают инструмент противодействия манипуляциям что особенно важно в современной журналистской практике, где информационная перегруженность требует системного подхода к оценке данных. Таким образом, применение статистики позволяет прогнозировать реакции аудитории, корректировать редакционную политику, оптимизировать медиаповестку, повышать достоверность и прозрачность информации и одновременно формировать профессиональные стандарты журналистской деятельности, основанные на эмпирически проверяемых данных и количественном анализе.

### Заключение

Статистическая методология является фундаментальной для научного исследования и имеет практическое применение в журналистике и медиапрактике. Она обеспечивает объективность, достоверность и воспроизводимость результатов, помогает выявлять закономерности, прогнозировать социальные процессы и повышать качество журналистского материала.

В современных условиях информационного общества статистика становится неотъемлемым инструментом аналитической журналистики, обеспечивая методологическую базу для оценки влияния медийных сообщений на аудиторию и формирования объективной картины происходящего.

### Список литературы

- 1.Афанасьев В.Н., Еремеева Н.С., Лебедева Т.В. Статистическая методология в научных исследованиях. — ОГУ, 2024.
- 2.Афанасьев В.Н. Статистика как метод познания. — М.: Юрайт, 2017.
- 3.Грушин Б.А. Эффективность массовой информации и пропаганды: понятия и проблемы измерения. — М.: Мысль, 1989.
- 4.Дадыянова И.Б. Социальный анализ эффективности деятельности СМИ:— СПб., 2011.
- 5.Пашков С.Г. Влияние средств массовой информации на формирование потребительских ожиданий населения:— М., 2020.
- 6.Абрамовских Т., Симакова С. Контент-анализ как метод исследования медиадискурса. // Социология коммуникаций, 2018.
- 7.Гохберг Л.М. Методологические проблемы статистического исследования науки. — М., 2003.
- 8.Поздняков П.В. Основы статистики и методологии исследования социальных явлений. — Л., 1978.
- 9.Афанасьев В.Н., Еремеева Н.С., Лебедева Т.В. Статистическая методология в научных исследованиях. — ОГУ, 2017

# **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА» НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

**Афанасьев В.Н., д-р экон. наук профессор,  
Чмышенко Е. Г., д-р экон. наук профессор, Громов А. В.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

**Ключевые слова:** производительность труда, предприятия отрасли машиностроения, статистический анализ динамики.

В современных рыночных условиях все предприятия стремятся к повышению своей эффективности и конкурентоспособности. Особенно актуально это для предприятий отрасли машиностроения, поскольку машиностроение является ведущей отраслью всей промышленности. В условиях постоянно меняющейся экономической ситуации предприятиям машиностроения необходимо уделять особое внимание повышению производительности труда. Это ключевой показатель, определяющий успешность компании и её конкурентоспособность. Он является одним из основных факторов, влияющих на эффективность работы предприятия и его способность к развитию. Повышение производительности позволяет снизить себестоимость продукции, увеличить объёмы производства и улучшить качество товаров и услуг [1].

На данный момент вопрос повышения производительности труда отечественных предприятий является приоритетным для правительства России. В этой связи раскрывается актуальность исследования, связанного с построением модели, которая отражала бы влияние факторов, непосредственно связанных с производительностью труда.

В 2019 году была запущена государственная программа «Производительность труда» сроком на 5 лет. В январе 2025 года программа была продлена и реализуется до сих пор. В связи с этим возникает вопрос о том, насколько успешной оказалась данная инициатива и какие результаты были достигнуты за время её реализации [3].

Для того, чтобы оценить эффективность программы предлагается сравнить темпы роста показателей, на которые должны повлиять проводимые мероприятия, до и после участия в программе [2].

Для оценки эффективности программы собрана информация о результатах деятельности российских предприятий отрасли машиностроения за 2024 год.

В выборке отобраны предприятия, относящиеся по ОКВЭД к виду деятельности 28.92 – «Производство машин и оборудования для добычи

полезных ископаемых и строительства», которые числятся в списке участников на официальном сайте программы. [4]

По каждому из предприятий рассчитаны темп роста производительности труда, выручки, чистой прибыли, численности персонала, стоимости ОС, инвестиций в модернизацию, налоговой нагрузки до и после вступления в программу. Результаты расчетов представлены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 - Темпы роста основных факторов

№	Предприятие	Темп роста производительности труда, %		Темп роста выручки, %		Темп роста чистой прибыли, %	
		После участия в проекте	До участия в проекте	После участия в проекте	До участия в проекте	После участия в проекте	До участия в проекте
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Открытое акционерное общество "Волгоцеммаш"	222	61	170	80	-4329	-16
2	Общество с ограниченной ответственностью "научно-производственное предприятие "Нефтегазинжиниринг"	35	54	8	60	-688	153
3	Акционерное общество "Арт-оснастка"	2183	8	2056	20	134	116
4	Общество с ограниченной ответственностью "компания "Технотекс"	11755	450	15444	548	256	20600
5	Акционерное общество "Завод бурового оборудования"	138	142	138	142	156	117
6	Акционерное общество "Завод бурсервис"	113	280	114	316	155	693
7	Акционерное общество "Кыштымское машиностроительное объединение"	107	84	68	78	138	-670

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Акционерное общество "Кемеровский экспериментальный завод средств безопасности"	115	81	120	258	358	2275
9	Акционерное общество "Машиностроительный холдинг"	150	171	182	258	358	410
10	Открытое акционерное общество "Анжерский машиностроительный завод"	104	158	110	148	116	137
11	Акционерное общество "Рудоавтоматика имени в. В. Сафошина"	217	183	232	158	390	49

Таблица 2.2 - Темпы роста основных факторов

№	Предприятие	Темп роста численности персонала, %		Темп роста стоимости ОС, %		Темп роста инвестиций в модернизацию, %		Темп роста налоговой нагрузки, %	
		После участия в проекте	До участия в проекте	После участия в проекте	До участия в проекте	После участия в проекте	До участия в проекте	После участия в проекте	До участия в проекте
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Открытое акционерное общество "Волгоцеммаш"	76	131	97	143	-	2	14781	0
2	Общество с ограниченной ответственностью "научно-производственное предприятие "Нефтегазинжиниринг"	22	111	144	272	104	25	7846	148
3	Акционерное общество "Арт-оснастка"	94	255	101	780	329	-	95	131
4	Общество с ограниченной ответственностью "компания "Технотекс"	131	122	1201	708	1099	205	2	1999
5	Акционерное общество "Завод бурового оборудования"	100	100	260	96	1152	97	107	242
6	Акционерное общество "Завод бурсервис"	101	113	115	807	38	172	96	9165
7	Акционерное общество "Кыштымское машиностроительное объединение"	64	93	94	129	0	117	206	422

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Акционерное общество "Кемеровский экспериментальный завод средств безопасности"	104	75	98	137	0	0	5848	12
9	Акционерное общество "Машиностроительный холдинг"	121	151	55	228	264	0	176	176
10	Открытое акционерное общество "Анжерский машиностроительный завод"	105	94	156	140	285	137	100	87
11	Акционерное общество "Рудоавтоматика имени в. В. Сафошина"	107	86	178	124	4	575	158	26

Для оценки получившихся итогов в таблицах 2,3 представлена интерпретация полученных данных о влиянии динамики показателей на финансовые результаты компании.

Таблица 2 – Влияние темпов роста показателей эффективности на финансовый результат компании

№	Показатель	Условия оценки	Влияние	Коэффициент влияния
Показатели, для которых увеличение темпа роста является положительным фактором				
1	Темп роста производительности труда	уменьшился	отрицательное	0
		увеличился	положительное	1
		не изменился	отрицательное	0
2	Темп роста выручки	уменьшился	отрицательное	0
		увеличился	положительное	1
		не изменился	отрицательное	0
3	Темп роста чистой прибыли	уменьшился	отрицательное	0
		увеличился	положительное	1
		не изменился	отрицательное	0
4	Темп роста стоимости ОС	уменьшился	отрицательное	0
		увеличился	положительное	1
		не	отрицательное	0

		изменился		
5	Темп роста инвестиций в модернизацию	уменьшился	отрицательное	0
		увеличился	положительное	1
		не изменился	отрицательное	0
Показатели, для которых увеличение темпа роста не является положительным фактором				
6	Темп роста численности персонала	уменьшился	положительное	1
		увеличился	отрицательное	0
		не изменился	отрицательное	0
7	Темп роста налоговой нагрузки	уменьшился	положительное	1
		увеличился	отрицательное	0
		не изменился	отрицательное	0

Таблица 3 – Итоговая таблица влияния

№	ТР проз-ти труда		ТР выручки		ТР чистой прибыли		ТР численности персонала		ТР стоимости ОС		ТР инвестиций в модернизацию		ТР налоговой нагрузки	
	После	До	После	До	После	До	После	До	После	До	После	До	После	До
1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
3	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
4	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
6	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
7	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
8	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1
9	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
11	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0

Сумма значений, отражающих положительное влияние программы на деятельность компании, можно оценивать, как индикатор успешности программы. Если эта сумма превышает количество негативных результатов, то можно говорить об общей эффективности программы. Для оценки результата в

таблице 4 посчитана сумма положительных изменений выбранных факторов до и после участия в программе «Производительность труда».

Таблица 4 – Итог темпов роста показателей

№ предприятия	Срок участия в проекте, лет	Сумма положительных значений после участия в проекте	Сумма положительных значений до участия в проекте	Результат
1	5	3	1	↑
2	5	3	2	↑
3	4	7	2	↑
4	4	6	5	↑
5	4	6	4	↑
6	3	5	5	Не изменился
7	2	3	3	Не изменился
8	2	3	5	↓
9	2	4	4	Не изменился
10	2	5	6	↓
11	2	4	5	↓

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что положительный эффект от участи в программе проявляется со временем. Предприятия из группы «Производство машин и оборудования для добычи полезных ископаемых и строительства» участвующие в программе «Производительность труда» более трех лет, по совокупности положительных изменений находятся в более выгодном положении по сравнению с исходным состоянием до начала участия в проекте. Это наблюдение подтверждает важность долгосрочного участия в подобных проектах для достижения ощутимых результатов.

Обосновать задержку эффекта от участия в программе можно комплексным характером внедряемых изменений и необходимости адаптации к ним. Производственные процессы, системы управления и культура требуют времени для интеграции новых методов. Кроме того, эффект от обучения сотрудников и внедрения новых технологий становится заметным, только после накопления достаточного опыта работы в новых условиях.

Таким образом, федеральную программу «Производительность труда» для предприятий отрасли машиностроения можно считать эффективной. Принимая решение об участии в подобных программах, направленных на

повышение эффективности деятельности, необходимо быть готовым к активной работе и внедрению изменений. Важно понимать, что результаты этих усилий проявятся не сразу, а спустя значительное время. Однако для предприятий, занимающихся производством машин и оборудования для добычи полезных ископаемых, участие в подобных программах может стать ключевым фактором повышения конкурентоспособности и устойчивого развития.

#### Список литературы

1. Афанасьев А.А. Машиностроение современной России: от импортозамещения к политике технологического суверенитета // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Том 14. – № 8. – С. 4477-4500. – doi: 10.18334/erp.14.8.121295.]

2. Афанасьев, В. Н. Статистические методы измерения устойчивого развития [Электронный ресурс] / В. Н. Афанасьев // Статистические оценки устойчивого развития: материалы междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург. – 2022. – С. 57-63.

3. Федеральная служба государственной статистики: Основные фонды и другие нефинансовые активы, URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14304>

4. Федеральный проект «Производительность труда»: [https://производительность.рф/national-project/address\\_support](https://производительность.рф/national-project/address_support)

# ВЛИЯНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ахмадиева З.Р., канд. пед. наук  
Кумертауский филиал ОГУ

Современное промышленное производство комплексная система, которая включает взаимодействие передовых технологий, производственных процессов и человеческого ресурса. И для получения максимальной отдачи недостаточно наличие нового оборудования и четких инструкций на предприятии. Нестабильность кадров, низкие показатели производительности, а также высокий процент брака можно наблюдать и на технологически оснащенном предприятии. Решение этих вопросов в наличии важной составляющей предприятия – сформированной корпоративной культуре, которая формирует атмосферу взаимопомощи и ответственности и способствует повышению эффективности производственных процессов.

Понятие «корпоративная культура» интерпретируется авторами неоднозначно (Э. Шейн, Т. Парсонс, М. Далтон, В.А. Спивак, В.Д. Козлов, В.К. Потемкина). Но все отмечают, что его можно рассматривать как фактор, способствующий повышению эффективности деятельности организации, положительным изменениям механизмов социальной сплочённости сотрудников, производительности и мотивации труда.

Корпоративная культура современного предприятия – ответ на внешние вызовы общества: текучесть, выгорание, гибридные форматы. Как показывают исследования, организации с сильной корпоративной культурой показывают на 15–20% более высокие финансовые результаты и на 25–30% меньшую текучесть кадров по сравнению с компаниями со слабой корпоративной культурой [1].

Корпоративную культуру на производстве можно определить как внутренний код организации, который проявляется не только в общении с подчиненными, он напрямую связан с дисциплиной, безопасностью, качеством выполненной операции. Эта важная составляющая предприятия выполняет имиджевую, мотивационную, управленческую и адаптационную функции.

Выделяют три уровня корпоративной культуры промышленных предприятий, представим их на рисунке 1.

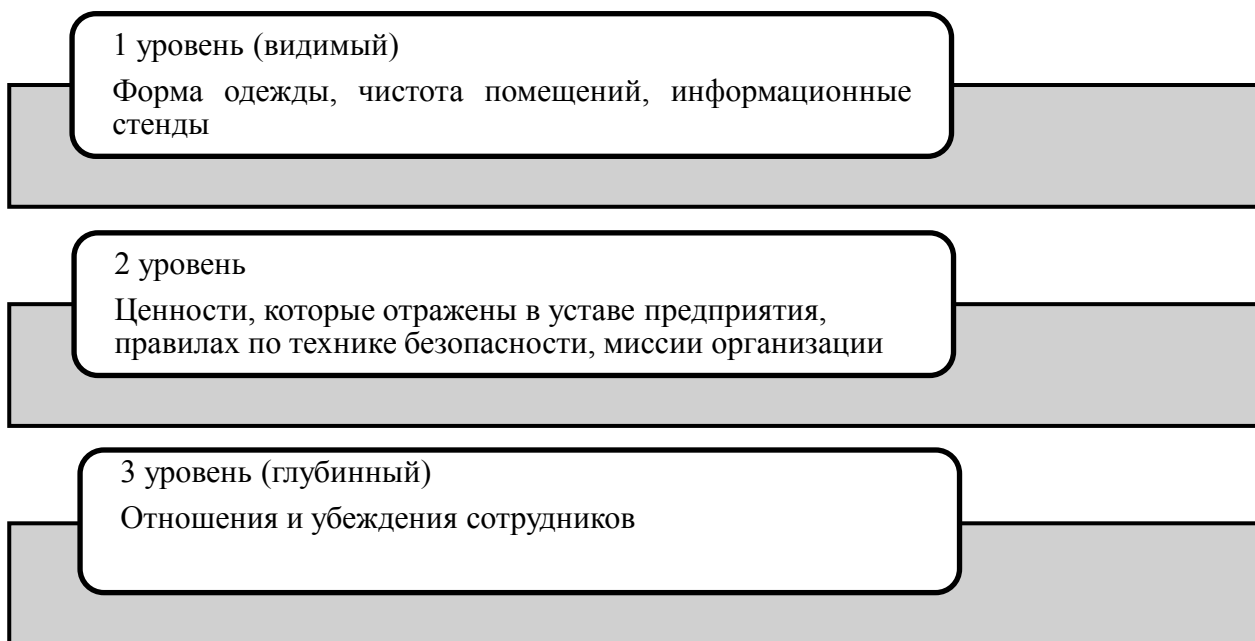


Рисунок 1- Уровни корпоративной культуры

Видимый уровень корпоративной культуры на производстве — это порядок и чистота на производстве, качественная защитная одежда, понятная система маркировки зон и эргономичное обустройство рабочих мест. Инвестируя в комфортные условия труда, предприятие наглядно показывает ценность своих сотрудников.

Ценности предприятия — основа любой корпоративной культуры. На производстве они должны быть сформулированы максимально конкретно и понятно для каждого сотрудника.

Традиции, ритуалы создают эмоциональную связь персонала с предприятием, формируют чувство принадлежности к команде.

На производстве особенно важны правила и нормы поведения, так как напрямую влияют на безопасность и качество работы. Сильная корпоративная культура переводит безопасность в личную ответственность каждого работника, а не просто формальное предписание руководства.

Эффективные коммуникации на промышленном предприятии отвечают за продуктивность и безопасность персонала (передача информации между сменами, оповещение о неполадках, обратная связь).

На предприятиях промышленности корпоративная культура оказывает влияние на операционные показатели. Слабая корпоративная культура или ее отсутствие может проявляться в конкретных цифрах: уровень текучести кадров, процент брака продукции, количество несчастных случаев.

Объекты исследования представлены на рисунке 2.

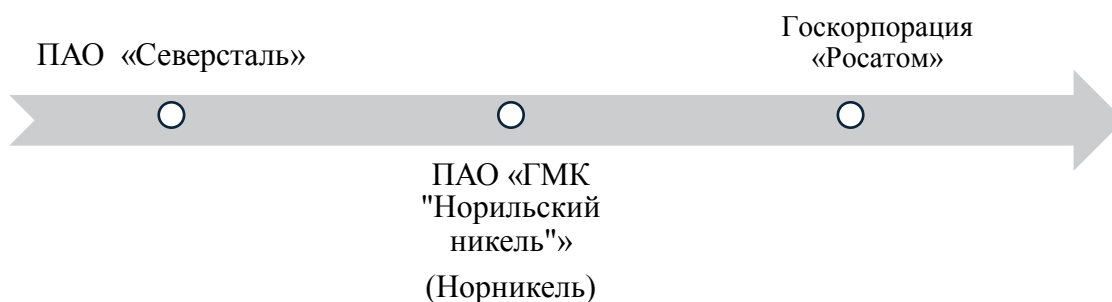


Рисунок 2 - Объекты исследования

Рассмотрим особенности корпоративной культуры предприятия ПАО «Норникель». Корпоративная культура разработана в четырех направлениях: стратегическое мышление, поддержка инициатив, обучение и развитие и устойчивое развитие (таблица 1).

Таблица 1- Корпоративная культура ПАО «Норникель»

Направления	Содержание
Стратегическое мышление	Акцент на долгосрочном развитии и устойчивых результатах
Поддержка инициатив	Поощрение предложений сотрудников, направленных на улучшение производственных показателей.
Обучение и развитие	Постоянное обновление профессиональных компетенций работников (тренинги, семинары)
Устойчивое развитие	Акцент на сохранение природных ресурсов и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду.

Корпоративная культура горно-металлургического предприятия делает акценты на производительность, развитие персонала, экологию и социальную ответственность (таблица 2). Основу корпоративной культуры «Северстали» составляют три ключевых принципа: скорость, вдохновение и командная работа.

Таблица 2- Корпоративная культура ПАО «Северсталь»

Направления	Содержание
Производительность	Ориентация на повышение производительности труда и снижение издержек производства
Развитие персонала	Инвестиции в обучение и развитие кадров способствуют росту профессионализма сотрудников
Экология	Ответственное отношение к окружающей среде проявляется в реализации экологических проектов и внедрении современных технологий переработки отходов
Социальная ответственность	Участие в социальных программах региона, присутствие предприятия укрепляет доверие среди местного населения

Корпоративная культура и ценности «Росатома» связаны с культурой производственных процессов, повышением их качества (таблица 3).

Таблица 3- Корпоративная культура госкорпорации «Росатом»

Направления	Содержание
Общие черты	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Повсеместное внедрение ПСР (производственная система «Ростатома») — способа управления производством через контроль нештатных ситуаций по параметрам: планы производства, безопасность, качество и загрузка операторов и оборудования.</li> <li>- Принцип бережливого производства. Экономия ресурсов, сокращение расходов без снижения качества продуктов и услуг.</li> <li>- Потребность сделать хорошо. Компания пытается формировать культуру, при которой непрерывные улучшения станут потребностью каждого.</li> <li>- Vision Zero — нулевой травматизм. Реализация международного проекта по развитию культуры безопасного поведения, который объединяет три направления: безопасность, гигиену труда и благополучие работников.</li> </ul>
Обучение сотрудников	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Сотрудники «Росатома» могут пройти учебный курс и съездить в командировку на обучение в рабочее время.</li> <li>- Постоянное обучение проходит около 50 % сотрудников.</li> <li>- Программы бизнес-обучения: мини-MBA, школа руководителей, программа развития лидерского потенциала для кадрового резерва и другие курсы.</li> <li>- Собственная платформа для мобильного обучения РЕКОРД Mobile.</li> </ul>
Цифровизация HR-процессов	<p>Разработано и зарегистрировано в Едином реестре российских программ два ключевых модуля отраслевой информационной системы развития кадрового потенциала «РЕКОРД».</p> <p>Основная функция системы — цифровизация HR-процессов и переход от трудоемких ручных операций к цифровым и удобным сервисам для сотрудников и руководителей.</p>

Компании «Норникель», «Северсталь» и госкорпорация «Росатом» имеют разные подходы к социальной ответственности.

Таким образом, каждое предприятие имеет свою уникальную корпоративную культуру, которая отражает специфику отрасли, цели бизнеса и приоритеты руководства. Но общим для всех является внимание к развитию персонала, экологической ответственности и поддержанию высоких стандартов качества продукции и услуг. Проведем анализ отдельных показателей, характеризующих корпоративную культуру предприятий за 2023-2024гг.

Среднемесячная заработная плата сотрудников госкорпорации «Росатом» составила 137,19 тыс. рублей в месяц (+11,3% к 2023 году), коэффициент текучести кадров составил 13,9 %, 96% участников управленческого кадрового резерва получили назначение на новые руководящие должности за последние 3 года. За 2024 год численность сотрудников «Росатома» выросла почти на 15% и составила порядка 420 тыс. человек. В 2024 году общая сумма расходов на персонал — 865,9 млрд рублей, что на 28% больше, чем в 2023 году.

Общий рост затрат госкорпорации на поддержку работников с семейными обязательствами составил 59,4% за 3 года.

Затраты на реализацию программ, направленных на сохранения здоровья и поддержку ЗОЖ, составили 60% от социальных затрат в целом. Затраты на поддержку работников семейными обязательствами составили более 60%.

Производительность труда в «Росатоме» продолжает расти за счет внедрения новых технологий и инструментов производственной системы.

Текучесть кадров — показатель, отражающий частоту, с которой сотрудники уходят из организации и является одним из показателей эффективности корпоративной культуры. Важно, чтобы текучесть кадров была оптимальной (таблица 4).

Таблица 4- Текучесть кадров предприятий за 2023-2024гг.

Наименование показателя	«Росатом»		«Норникель»		«Северсталь»	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Коэффициент текучести кадров, %	11,1	13,9	11,4	11,2	11,4	11,1

По данным таблицы 4 можно увидеть, что показатель текучести кадров в 2024 году увеличился лишь в госкорпорации «Росатом», однако все значения входят в нормативы естественной текучести кадров для производственных предприятий, которые составляют от 10 до 15%.

Рассмотрим ключевые цифры ПАО «Северсталь» за 2024г. Коэффициент текучести кадров за 2023-2024гг. снизился и составил 11,1%. Средняя численность сотрудников увеличилась на 10% и составила 50553 человека. Фонд оплаты труда за отчетный год вырос на 35% (87,5 млрд рублей). Средняя заработная плата по «Северстали» составила 144 тыс. рублей, индексация в отчетном году - 12%. Количество новых сотрудников, принятых в 2024 году, возросло на 30% и стало 8890 человек.

Проведем анализ показателей «Норникель» за 2024 год. Средняя заработная плата - 207 тыс. рублей, что превышает среднемесячную по регионам на 35%. Индексация выплаты составила 10 %. Средняя численность работников увеличилась на 2, 3% и составила 80,5 тыс. человек.

ПАО «Норникель» улучшило социально-бытовые условия для 11,8 тысяч сотрудников, завершив капитальные ремонты на 187 социально-бытовых объектах.

В силу различий в видах производственных работ, выполняемых мужчинами и женщинами, гендерный разрыв в оплате труда среди рабочих составляет 60,7%. Соотношение заработной платы мужчин и женщин среди руководителей, специалистов и служащих — 52,5%. Предприятие сохраняет лидирующие позиции в ключевых российских и международных рейтингах привлекательности работодателей, на высоком уровне финансирует расходы на социальные программы и благотворительность. Уровень социальных гарантий и оплаты труда остается одним из самых высоких в отрасли.

Затраты предприятий промышленности на социальное обеспечение сотрудников является способом мотивации персонала, показателем корпоративной культуры организации, фактором ее конкурентоспособности и элементом имиджа.

Таблица 5 - Расходы предприятий на социальное обеспечение за 2023-2024гг.

Наименование показателя	«Росатом»		«Норникель»		«Северсталь»	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Сумма расходов на социальное обеспечение, млрд. руб.	18,2	21,7	16,5	16,5	1,83	4,1

Данные, представленные в таблице 5 демонстрируют рост расходов на социальное обеспечение во всех объектах исследования. Так, за 2024 год «Северсталь» увеличила этот показатель в 2,5 раза. «Норникель» сохранил показатель на том же уровне. Госкорпорация «Росатом» показала рост суммы на 19%.

Показатели корпоративной культуры объектов исследования демонстрируют положительную динамику (таблица 6). Это свидетельствует о развитии и укреплении позитивной рабочей среды на предприятиях, которое проявляется в повышении производительности труда, снижении текучести кадров и создании позитивной атмосферы в коллективе.

Таблица 6 - Показатели корпоративной культуры промышленных предприятий

Наименование показателя	«Росатом»		«Норникель»		«Северсталь»	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Средняя численность работников, тыс. чел.	343,2	420	78,7	80,5	46,1	50,5
Фонд оплаты труда, млрд.руб.	807,1	865,9	234,8	248	64,9	87,5

Средняя заработная плата, тыс.руб.	123,2	137	184,1	207	117	144
Текучесть кадров, %	11,1	13,9	11,4	11,2	11,4	11,1
Сумма расходов на социальное обеспечение, млрд. руб.	18,2	<b>21,7</b>	16,5	16,5	1,83	4,1

Составлено автором по материалам [2],[3],[4].

Анализ производительности труда различных организаций позволяет сделать вывод о том, что предприятия, имеющие сформулированные цели и понятные ценности показывают рост производительности труда более, чем на 10 % по сравнению с работниками компаний, где корпоративные ценности не обозначаются.

Таким образом, корпоративная культура оказывает влияние на коммуникационные процессы предприятия, как внешние, так и внутренние, на социально-психологический климат, конкурентоспособность предприятия, взаимоотношения с партнерами и сотрудниками, а также на экономическую эффективность.

Внедрение сильной корпоративной культуры на промышленном предприятии - методичная и системная работа, которая требует последовательных усилий и внимания со стороны руководства для достижения желаемых бизнес-показателей.

#### Список литературы

1 Масалева М.В., Минкин А.Н., Кровяков И.В. Оценка влияния корпоративной культуры на уровень безопасности и экономическую эффективность предприятий // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 4А. С. 617-627. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-economy-2024-4/d2-masaleva.pdf>

2 Официальный сайт ПАО «Норникель» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nornickel.ru/> - 25.01.2026

3 Официальный сайт ПАО «Северсталь» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://severstal.com/rus/?ysclid=mkwi1uy38z352787364> – 25.01.2026

4 Официальный сайт Госкорпорации «Росатом» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.rosatom.ru/index.html> -20.01.2026

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДЕБНЫХ РЕШЕНИЙ ПО КОНСТИТУЦИОННО-ПРАВОВЫМ СПОРАМ

**Баймухамбетова А.А., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

**Аннотация:** в настоящей статье рассматриваются актуальные вопросы применения статистических методов для оценки эффективности судебных решений, выносимых по конституционно-правовым спорам. На примере данных Конституционного Суда РФ за 2023-2024 гг. показаны конкретные количественные параметры работы (число обращений, принятых постановлений и определений). В статье критикуется сведение качества к проценту отменённых решений, а эффективности – к объёму «выработки», что порождает «гонку за показателями». Делается вывод о необходимости разработки критериев оценки решений Конституционного Суда, которые отражали бы реальные цели конституционного правосудия (справедливость, верховенство права, сбалансированность ценностей). Результаты исследования подтверждают потенциал статистических инструментов для выявления закономерностей конституционного правосудия. Применение статистических методов позволяет комплексно исследовать влияние правовых позиций Конституционного Суда РФ на законодательство и правоприменительную практику.

**Ключевые слова:** статистические методы, эффективность судебных решений, конституционное правосудие, количественный анализ, правовая статистика, конституционно-правовые споры.

Судебная статистика формирует единую систему количественных показателей, призванных оценить деятельность судов и судей по трем направлениям: качеству правосудия, объёму работы и соблюдению процессуальных сроков. Информационно-аналитические отчеты об исполнении решений Конституционного Суда, принятых в ходе осуществления конституционного судопроизводства, Секретариат КС РФ представляет ежегодно. Как следует из свежего отчета, общее число обращений, поступивших в Конституционный Суд в 2024 году, превысило показатели 2023 года (13258 и 12540 соответственно). Основные вопросы, с которыми заявители обращались в КС РФ, были связаны с реализацией права на судебную защиту, пересмотром судебных решений, организацией судебной власти, реализацией жилищных, трудовых, избирательных прав, обеспечением прав в сфере уголовно-правовых и уголовно-процессуальных отношений. Всего в 2024 году Конституционным Судом РФ принято 59 итоговых решений (постановлений) и 3670 определений (в 2023 году их было 60 и 3719

соответственно) [3]. В период за 1995-2024 гг. в заседаниях Конституционного Суда РФ было вынесено всего 53052 определений [4].

Для оценки деятельности судей применяются следующие контрольные показатели судебной статистики: 1) «количество рассмотренных дел» – количество дел, рассмотренных за отчетный период; 2) «остаток нерассмотренных дел» – количество дел, находящихся в производстве судьи на отчетную дату; 3) «нагрузка» – сумма количества дел, находившихся в производстве судьи на начало отчетного периода, и количества дел, поступивших в течение отчетного периода; 4) «качество» или «апелляционная практика» – процент судебных актов, оставленных в отчетном периоде без изменения по отношению к общему числу судебных актов, рассмотренных судом второй инстанции в том же периоде; 5) «общая стабильность» – процент судебных актов, не подвергшихся изменению в отчетном периоде по отношению к общему числу дел, рассмотренных судьей в том же периоде; 6) «соблюдение процессуальных сроков» («сроки») – процент дел, рассмотренных за прошедший отчетный период с нарушением установленных законом сроков [2, с. 38].

Основу статистики составляют сведения за отчетный период (месяц, квартал и т.д.) о количестве отмененных, измененных и оставленных без изменения судебных актов. Поскольку отмена или изменение акта вышестоящей инстанцией трактуется как ошибка в работе судьи, на их соотношении строятся показатели качества. Апелляционная практика измеряет долю оставленных в силе решений от общего числа обжалованных. Идеалом здесь считается стопроцентный результат, означающий полное отсутствие ошибок. Второй блок показателей касается нагрузки и производительности. Он включает данные о количестве дел на «остатке» (не рассмотренных на начало и конец периода), поступивших и завершенных производством. Этот «остаток» на начало периода и вновь поступивших дел образует нагрузку судьи, а количество фактически рассмотренных дел упрощенно обозначается как показатель количества. Чем выше этот показатель, тем, как правило, ниже уровень невыполненных «остатков», что считается благоприятным для суда или судьи.

Третий важный элемент – статистика соблюдения процессуальных сроков, обозначаемая как «сроки». Она рассчитывается как отношение числа дел, рассмотренных с нарушением установленных законом сроков, к общему числу завершенных дел. Хотя идеалом является стопроцентное соблюдение сроков (нулевое нарушение), на практике акцент делается на проценте нарушений (например, 5% или 10%), что отражает внимание системы к отступлениям от процедуры. На практике эти статистические данные трактуются как прямые и исключительно зависящие от судьи результаты его труда, что позволяет проводить точное цифровое сравнение (вплоть до десятых долей процента) и ранжировать судей и суды с первого до последнего места. Поскольку достигнутые показатели и занятое место напрямую определяют распределение материальных, карьерных и моральных вознаграждений, у

участников системы возникает стимул к достижению наилучших результатов: стремление к 100% по качеству, к 0% по нарушению сроков и к максимуму по количеству. Как отмечает Д.С. Васильев, это порождает постоянную «гонку за показателями», где каждый судья и суд соревнуются за более высокие позиции относительно коллег в своем суде, регионе или стране [1, с. 86].

Применение статистических методов для анализа эффективности судебных решений по конституционно-правовым спорам приобретает смысл при условии разработки и использования корректных критериев оценки. Эти критерии измеряют именно те результаты (например, реальное обеспечение и сбалансированность конституционных ценностей, правовую определенность, влияние на правоприменительную практику), которые являются целевыми, а не иные, косвенные величины. Важно, что показатели должны быть реально достижимыми в рамках функционирования судебной системы. Система статистических показателей обязана отражать цели и ценности правосудия, такие как справедливость, независимость суда, верховенство права. Необходимо, чтобы выбранные метрики соответствовали самой природе измеряемого явления – конституционного правосудия, которое не сводится к простым количественным индикаторам, а должно рассматриваться в комплексе. Также система оценки обязана быть экономичной и функциональной, то есть не требовать несоразмерных затрат. Механический перенос в данную сферу статистических показателей «качество», «количество» и «сроки», выраженных в точных цифрах, не соответствует ни одному из перечисленных условий. Подобный подход не в полной мере учитывает специфику конституционно-правовых споров, которые носят особый характер, в связи со статусом Конституционного Суда РФ.

На наш взгляд, требуется учёт содержательных критериев оценки решений Конституционного Суда, которые отражали бы реальные цели конституционного правосудия (справедливость, верховенство права, сбалансированность ценностей). Конституционная справедливость должна пониматься как конкретный результат сочетания норм права и судебного усмотрения. Решение должно подчёркивать, что применённые правовые нормы наполнены нравственным содержанием, защищают нарушенные права, обеспечивают соразмерность ограничения прав преследуемым конституционным целям. Применительно к использованию критерия укрепления верховенства права важно оценивать не просто соответствие решения Конституции РФ, а то, как решение формирует правовую среду в долгосрочной перспективе. Решение Конституционного Суда должно давать и правовую определенность, давая ориентиры законодателю и правоприменителю, обеспечивать единство правового пространства и практики, устраняя противоречия. Ещё одним критерием должна стать сбалансированность конституционных ценностей и принципов. Это поспособствует повышению качества конституционно-судебной деятельности и укреплению доверия к институту конституционного правосудия как гаранту основ правопорядка.

Таким образом, в условиях активного развития правовой системы, статистический анализ судебных решений по конституционно-правовым спорам становится эффективным инструментом для оценки их воздействия на законность и правопорядок, а также другие социальные процессы. Применение статистических методов позволяет комплексно исследовать влияние правовых позиций Конституционного Суда РФ на законодательство и правоприменительную практику. Требуется учёт содержательных критериев оценки решений Конституционного Суда, которые отражали бы реальные цели конституционного правосудия (справедливость, верховенство права, сбалансированность ценностей). Система оценки обязана быть экономичной и функциональной, то есть не требовать несоразмерных затрат. Механический перенос в данную сферу статистических показателей «качество», «количество» и «сроки», выраженных в точных цифрах, не соответствует ни одному из перечисленных условий. Подобный подход не в полной мере учитывает специфику конституционно-правовых споров, которые носят особый характер, в связи со статусом Конституционного Суда РФ.

#### Список литературы

1. Васильев Д.С. Показатели судебной статистики как критерии оценки судебной деятельности // Право и политика. 2021. № 3. С. 79-102.
2. Васильев Д.С. Судебная статистика и корпоративная культура российских судов // Право и политика. 2020. № 12. С. 34-49.
3. В Конституционный Суд РФ в 2024 году поступило более 13 тыс. обращений. URL: <https://www.garant.ru/news/1814470/> (Режим доступа: 15.01.2026).
4. Определения Конституционного Суда РФ в период за 1995-2024 гг. URL: [https://www.ksrf.ru/Decision/statistic\\_definition.php](https://www.ksrf.ru/Decision/statistic_definition.php) (Режим доступа: 15.01.2026).

# **ПРИМЕНЕНИЕ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКЛАМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Васянина В.И., канд. экон. наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»**

В современном динамичном мире, где конкуренция в сфере услуг, особенно в рекламе, непрерывно растёт, эффективное управление деятельностью предприятия становится ключевым фактором успеха. Для того, чтобы рекламным агентствам оставаться конкурентоспособными и оперативно реагировать на изменения рынка, необходимо постоянно оптимизировать внутренние процессы, повышать качество предоставляемых услуг и сокращать издержки.

Эффективное управление рекламными проектами, ориентированными на достижение целей, определенных в системе сбалансированных показателей, невозможно без оценки эффективности взаимодействия производителя и потребителя. Традиционно такая оценка осуществляется посредством натуральных наблюдений, что позволяет анализировать результативность завершившихся рекламных кампаний. Однако внесение корректировок в этом случае требует повторного запуска кампании с новыми стратегиями. Стратегия управления рекламными проектами включает в себя прогнозирование поведения целевой аудитории и разработку стратегического плана действий, учитывающего как внешние факторы и действия конкурентов, так и целенаправленную программу действий. Тщательное планирование, учитывающее рыночную ситуацию и характеристики товара, позволяет определить оптимальный набор рекламных каналов и объемы размещения, что напрямую влияет на общий бюджет кампании.

Одной из моделей, которая является основой информационного обеспечения тактической и стратегической оценочной системы управления рекламными проектами является модель последовательности эффектов рекламных коммуникаций: «Пять А» (5A's). Она представляет собой последовательную модель, описывающую путь потребителя от первого знакомства с продуктом или брендом до формирования лояльности, или же отрицания продукта.

В условиях постоянно меняющейся рыночной среды, где операции в сфере рекламы носят случайный характер, модель 5A's, отражающая вероятностную сущность поведения потребителей, может быть успешно применена с использованием такого инструмента как Марковские случайные процессы. Марковские процессы обладают ключевым свойством: для каждого момента времени  $t_0$  вероятность любого состояния системы в будущем (при  $t > t_0$ ) зависит исключительно от ее текущего состояния (при  $t = t_0$ ) и не зависит от истории достижения этого состояния. Это делает Марковские процессы

идеальным инструментом для моделирования переходов между состояниями модели 5A's (осведомленность, отношение, действие, повторное действие, прерывание) и прогнозирования результатов рекламных кампаний. Анализ матрицы переходов между этими состояниями позволяет выявить наиболее критичные точки взаимодействия с потребителем, оптимизировать рекламный бюджет и повысить эффективность маркетинговых коммуникаций.

Осуществим моделирование процесса создания рекламного продукта с помощью Марковских процессов на примере деятельности рекламного агентства «Оренбургская Медиа Компания». Используем модель 5A's, которая содержит в себе такие состояния как:

$S_1$  — осведомленность (Awareness);

$S_2$  — состояние положительного отношения к продукту (Attitude);

$S_3$  — заинтересованность, осуществление покупки товара/услуги (Action);

$S_4$  — удовлетворенность потребительскими свойствами, осуществление повторной покупки товара/услуги (Action again);

$S_5$  — отрицательное отношение к продукту (Abort).

Введем дополнительное состояние,  $S_0$  — когда потребитель ничего не знает о продукте.

Опишем однородную марковскую цепь с дискретным временем с помощью метода вероятностей состояний. В качестве шага будем понимать некоторый комплекс реализованных рекламных мероприятий. Пусть в любой момент времени (после любого,  $k$ -го шага) система  $S$  может быть в одном из состояний:  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ , т.е. осуществится одно из полной группы несовместных событий:  $S_1(k), S_2(k), \dots, S_n(k)$ .

Обозначим вероятности этих событий:

$p_1(1) = P(S_1(1)); p_2(1) = P(S_2(1)); \dots; p_n(1) = P(S_n(1))$  — вероятности после первого шага;

$p_1(2) = P(S_1(2)); p_2(2) = P(S_2(2)); \dots; p_n(2) = P(S_n(2))$  — вероятности после второго шага;

$p_1(k) = P(S_1(k)); p_2(k) = P(S_2(k)); \dots; p_n(k) = P(S_n(k))$  — после  $k$ -го шага.

Для каждого номера шага  $k$ :

$$p_1(k) + p_2(k) + \dots + p_n(k) = 1,$$

так как это — вероятности несовместных событий, образующих полную группу. Вероятности  $p_1(k), p_2(k) \dots p_n(k)$  являются вероятностями состояний однородной Марковской цепи, в которой переходные вероятности не зависят от номера шага [1]. Приведенные выше зависимости позволяют выполнить моделирование эффективности рекламных процессов.

Анализ марковских процессов обычно производится с помощью графа состояний и переходов, который графически изображает не только возможные состояния системы и возможные переходы из состояния в состояние, но также и значение вероятности такого перехода [2]. Граф состояний системы представлен на рисунке 1.

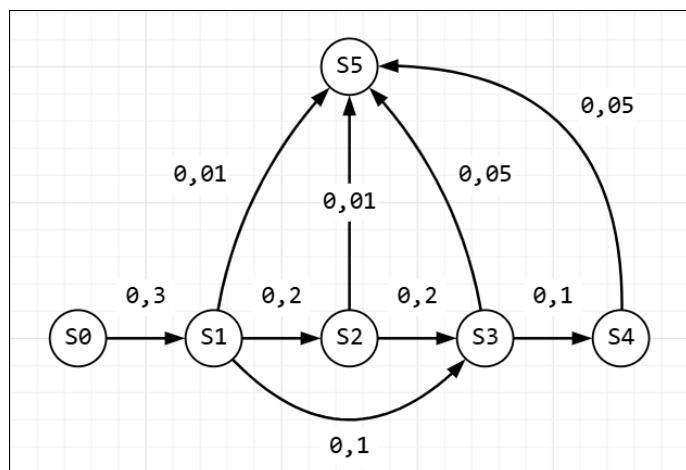


Рисунок 1 - Граф состояний системы

Графу системы, содержащему  $n$  вершин, можно поставить в соответствие матрицу размером  $n \times n$ , элементами которой являются вероятности переходов  $p_{ij}$  между вершинами графа, так называемую матрицу вероятностей переходов/

Введем матрицу переходных вероятностей из состояния  $S_5$  в состояние  $S_2$  при вероятности  $P_{52} = 0$ :

$$P_0 = \begin{pmatrix} 0,7 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,69 & 0,2 & 0,1 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0,78 & 0,2 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0 & 0,85 & 0,1 & 0,05 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,95 & 0,05 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Решим задачу с помощью языка программирования Python.

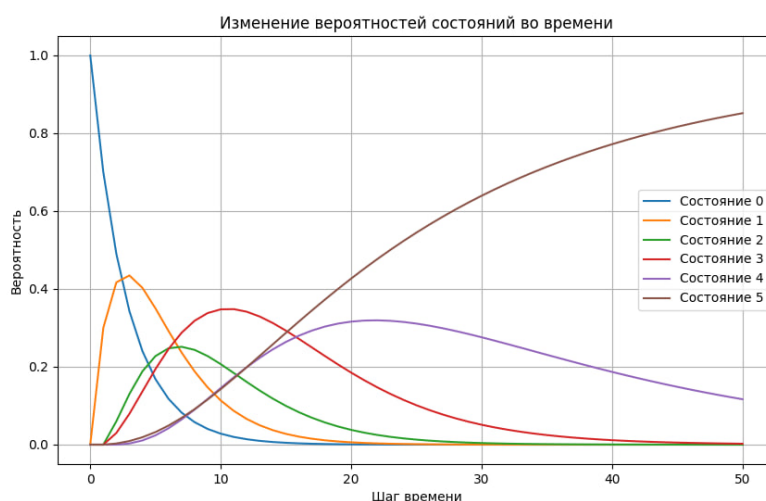


Рисунок 2 - Изменение вероятностей состояний системы в ходе рекламной компании при  $P_{52} = 0$

При увеличении вероятности до  $P_{52} = 0,05$  новая матрица переходных вероятностей имеет вид (2):

$$P_1 = \begin{pmatrix} 0,7 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,69 & 0,2 & 0,1 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0,78 & 0,2 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0 & 0,85 & 0,1 & 0,05 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,95 & 0,05 \\ 0 & 0,05 & 0 & 0 & 0 & 0,95 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Графики изменения вероятностей состояний системы в ходе рекламной компании при  $P_{52} = 0,05$  представлены на рисунке 3.

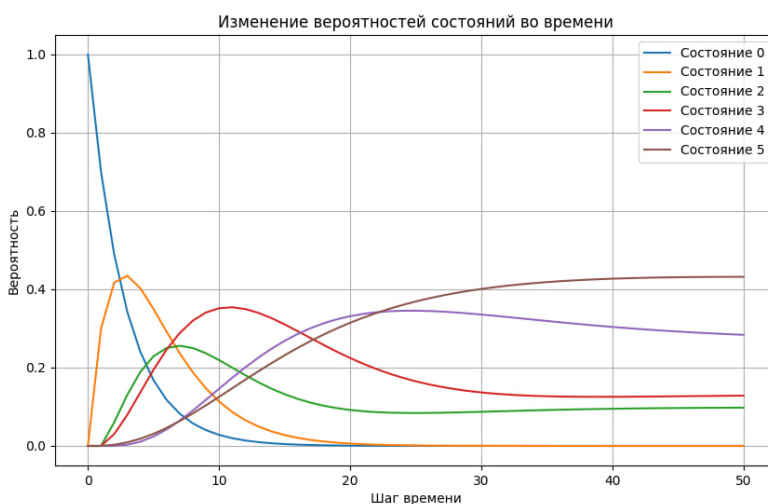


Рисунок 3 - Изменение вероятностей состояний системы в ходе рекламной компании при  $P_{52} = 0,05$

Рассмотрим изменения вероятностей состояний системы при увеличении вероятности  $P_{52}$  до 0,1. Новая матрица переходных вероятностей имеет вид (3):

$$P_2 = \begin{pmatrix} 0,7 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,69 & 0,2 & 0,1 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0,78 & 0,2 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0 & 0,85 & 0,1 & 0,05 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,95 & 0,05 \\ 0 & 0,1 & 0 & 0 & 0 & 0,9 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Графики изменения вероятностей состояний системы в ходе рекламной компании при  $P_{52} = 0,1$  представлены на рисунке 4.

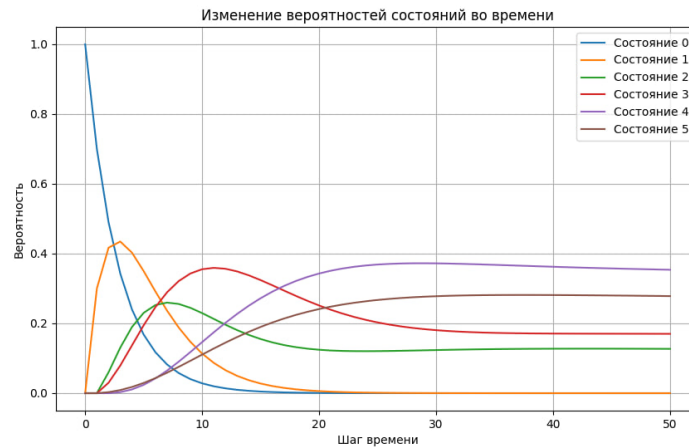


Рисунок 4 - Изменение вероятностей состояний системы в ходе рекламной компании при  $P_{52} = 0,1$

Рассмотрим изменения вероятностей состояний системы при увеличении вероятности до  $P_{52} = 0,15$ . Введем новую матрицу переходных вероятностей (4):

$$P_3 = \begin{pmatrix} 0,7 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,69 & 0,2 & 0,1 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0,78 & 0,2 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0 & 0,85 & 0,1 & 0,05 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,95 & 0,05 \\ 0 & 0,15 & 0 & 0 & 0 & 0,85 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Графики изменения вероятностей представлен на рисунке 5.

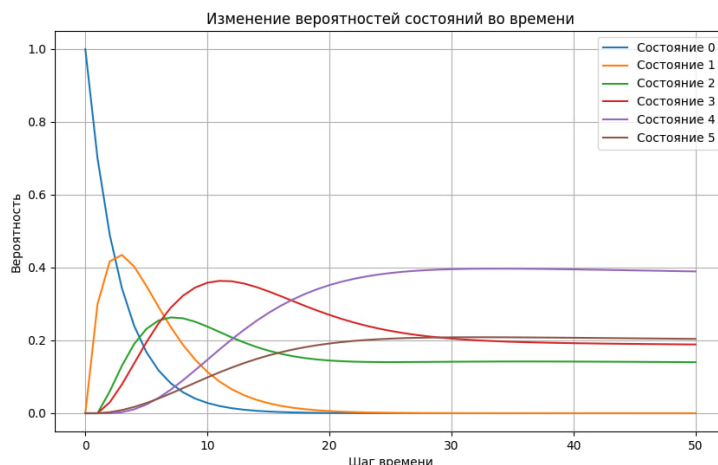


Рисунок 5 - Изменение вероятностей состояний системы в ходе рекламной компании при  $P_{52} = 0,15$

При увеличении вероятности до  $P_{52} = 0,2$  новая матрица переходных вероятностей имеет следующий вид (5):

$$P_4 = \begin{pmatrix} 0,7 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,69 & 0,2 & 0,1 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0,78 & 0,2 & 0 & 0,01 \\ 0 & 0 & 0 & 0,85 & 0,1 & 0,05 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,95 & 0,05 \\ 0 & 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0,8 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Графики изменения вероятностей состояний системы в ходе рекламной компании при  $P_{52} = 0,2$  представлены на рисунке 6.

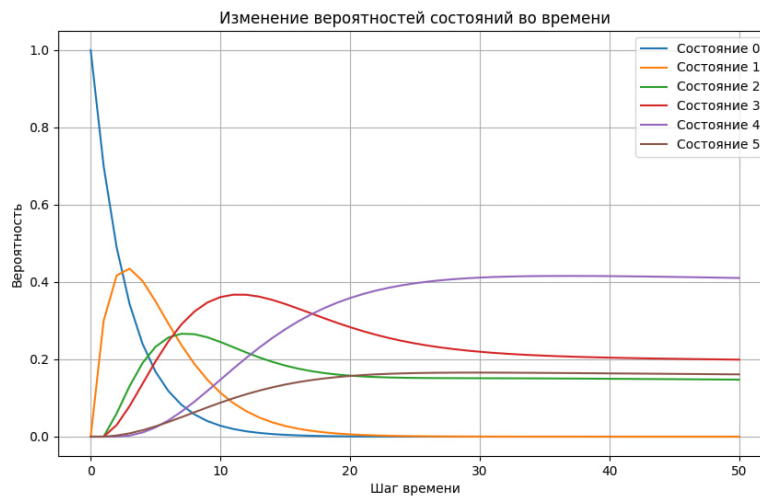


Рисунок 6 - Изменение вероятностей состояний системы в ходе рекламной компании при  $P_{52} = 0,2$

Результаты моделирования показывают, что число потребителей продукта, которые остаются в состоянии осведомленности о товаре (кривая 1), сначала довольно быстро растет, но после непродолжительного промежутка времени достаточно быстро уменьшается, достигая некоторого постоянного значения. Вероятность состояния, при котором потребители относятся положительно к продукту (кривая 2), но не приобретают его, вначале возрастает до максимума, а затем уменьшается за счет перехода в категорию потребителей, совершивших покупку (кривая 3). Вероятности осуществления второй покупки (кривая 4) – повторяет с некоторым запаздыванием характер изменения кривой 3, отличаясь от нее большим значением вероятности и более плавным изменением значений. Обе кривые достигают максимума, а затем отображают тенденцию уменьшения, как числа первых покупок, так и повторных приобретений товара, когда рекламные коммуникации не обращены к группе потребителей, негативно настроенных к продукту, т.е. когда  $P_{52} = 0$  – это замкнутое состояние системы, которое не имеет выхода. На рисунке 2 видно, что при распределении вероятности рост будет иметь только группа потребителей, негативно настроенных по отношению к товару, когда все

остальные группы покупателей будут с закономерностью уменьшаться и стремиться к нулю. Это означает, что после продолжительного промежутка времени, если наша рекламная компания не будет направлена на работу с негативно настроенными по отношению к нашему товару потребителей, предприятие рискует и вовсе оставить бренд без клиентов, что в свою очередь приведет к разорению компании.

Отметим, что на последующих рисунках (3 – 6), даже минимальное увеличение значения  $P_{52}$  способствует стабилизации системы. Это означает, что если направлять рекламную стратегию не только на то, чтобы товар был узнаваем, но и на то, чтобы менять представления о бренде для потребителей с негативным отношением к продукции компании, то можно избежать банкротства.

Таким образом, в данном случае, рекламная стратегия должна быть направлена не только на продвижение товара, но и на работу с возражениями клиентов, с целью избегания банкротства компании.

#### Список литературы

1. Галажинская О.Н., Моисеева С.П. Теория случайных процессов. Ч. 2. Марковские процессы : учебное пособие. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 126 с.

2. Ивахненко Н.Н. Особенности оценки надежности технических систем // Электронный научный журнал «Наука и перспективы». 2020. №1. [Электронный ресурс]. URL: <https://s.esrae.ru/nip/pdf/2020/1/239.pdf> (дата обращения 22.01.2026).

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КЛЕТОК В РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЕ

Готов Е.М., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

*Аннотация:* В статье анализируются возможности использования методов статистического анализа при создании систем автоматизированного проектирования клеток регулирующей арматуры. Обосновывается целесообразность применения статистических моделей, формируемых на основе массивов проектных и эксплуатационных данных, для повышения обоснованности инженерных решений. Рассматриваются подходы к применению методов проверки гипотез, регрессионного анализа, анализа временных рядов и планирования эксперимента в структуре САПР. Показано, что интеграция статистической методологии способствует развитию адаптивных и предиктивных инструментов проектирования.

*Ключевые слова:* регулирующая арматура, клетки клапанов, САПР, статистические методы, анализ данных, инженерное проектирование.

Проектирование регулирующей арматуры относится к числу сложных инженерных задач, требующих учета большого количества параметров и условий эксплуатации. Конструкция клеток клапанов напрямую влияет на пропускную способность, устойчивость к кавитации, уровень шума и долговечность изделия. Традиционные расчетные методы, основанные на фиксированных зависимостях, не всегда позволяют учесть вариативность реальных режимов работы. В связи с этим возрастает значение статистического анализа как инструмента обработки и интерпретации накопленных данных [1].

Использование статистических методов в составе САПР позволяет систематизировать результаты ранее выполненных проектов и эксплуатационных наблюдений. На основе этих данных возможно выявление устойчивых закономерностей, которые трудно обнаружить при индивидуальном анализе отдельных конструкций. Такой подход обеспечивает снижение доли субъективных решений и формирует основу для более обоснованного выбора параметров клеток при проектировании новых изделий.

Ключевым элементом статистической методологии является организация статистического наблюдения. Для САПР клеток регулирующей арматуры это предполагает формирование структурированной базы данных, включающей сведения о геометрии клеток, применяемых материалах, расчетных и фактических гидравлических характеристиках, а также условиях эксплуатации.

Наличие репрезентативной совокупности наблюдений позволяет рассматривать накопленные данные как основу для последующего анализа и

моделирования. В результате САПР выполняет не только расчетную функцию, но и роль инструмента накопления инженерного опыта, который может быть использован при разработке новых конструктивных решений.

При принятии проектных решений возникает необходимость оценки влияния отдельных факторов на характеристики клеток. Для этих целей применяются методы проверки статистических гипотез [2]. Формализация гипотез позволяет определить, являются ли различия между вариантами конструкций следствием случайных колебаний или обусловлены реальными конструктивными изменениями. Такой подход обеспечивает объективность при сравнении альтернативных проектных решений.

Включение процедур статистической проверки в алгоритмы САПР дает возможность оценивать эффективность новых расчетных моделей и конструктивных модификаций до их внедрения в серийное производство. Это снижает вероятность принятия неэффективных решений и повышает общее качество проектируемых изделий.

Для количественного описания взаимосвязей между параметрами клеток и их эксплуатационными характеристиками широко применяется регрессионный анализ. С его помощью можно установить зависимость коэффициента пропускной способности или потерь давления от геометрических размеров, формы проходных каналов и числа ступеней дросселирования [3]. Использование множественных регрессионных моделей особенно актуально при анализе сложных конструкций с большим числом переменных.

Анализ временных рядов дополняет регрессионный подход, позволяя учитывать изменения характеристик во времени. Он может применяться для оценки динамики требований к арматуре, изменения режимов эксплуатации или статистики отказов. Результаты такого анализа используются для формирования прогнозов и корректировки проектных решений на ранних этапах разработки.

Надежность регулирующей арматуры во многом определяется устойчивостью клеток к износу и воздействию неблагоприятных факторов. Статистический анализ эксплуатационных данных позволяет выявлять наиболее вероятные причины отказов и оценивать ресурс отдельных элементов конструкции. Применение вероятностных моделей обеспечивает более точную оценку надежности по сравнению с детерминированными подходами [4].

Интеграция методов прогнозирования в САПР дает возможность учитывать вероятностные сценарии работы изделия еще на стадии проектирования. Это способствует созданию конструкций с заданными показателями надежности и снижает эксплуатационные риски.

Для оптимизации алгоритмов автоматизированного проектирования эффективным инструментом является планирование эксперимента. Проведение многофакторных экспериментов позволяет определить рациональные сочетания конструктивных параметров клеток, обеспечивающие минимальные

потери давления или снижение кавитационных эффектов. Полученные результаты используются для адаптивной настройки расчетных модулей САПР.

Дополнительные возможности открывает анализ действий пользователей системы. Применение непараметрических методов статистики позволяет выявлять типичные затруднения и ошибки проектировщиков, что служит основой для совершенствования интерфейса и логики работы САПР. В результате система приобретает свойства самообучения и адаптации к условиям конкретного предприятия. Методологической основой такого подхода является современная статистическая парадигма научных исследований, ориентированная на системный анализ данных и формализацию эмпирических знаний, что подробно рассматривается в работах, посвящённых статистической методологии в инженерных и прикладных исследованиях [3].

Таким образом, использование методов статистического анализа при разработке систем автоматизированного проектирования клеток регулирующей арматуры позволяет повысить обоснованность инженерных решений и эффективность проектных процессов. Последовательное применение статистической методологии — от сбора данных до построения моделей и оптимизации алгоритмов — формирует основу для создания интеллектуальных САПР, ориентированных на повышение качества, надежности и конкурентоспособности продукции.

#### Список литературы

1. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Диалектика, 2020. – 912 с.
2. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика для инженеров и научных работников: учебное пособие / А.И. Кобзарь. – М.: Физматлит, 2019. – 816 с.
3. Афанасьев, В.Н. Статистическая методология в научных исследованиях: учебное пособие / В.Н. Афанасьев, Н.С. Еремеева, Т.В. Лебедева. – Оренбург, 2024. – 381 с.
4. Барлоу, Р. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность / Р. Барлоу, Ф. Прошан. – М.: Мир, 2018. – 488 с.

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ FDM-ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ БПЛА

**Горбатенко Е.А.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

В работе выполнен подробный статистический анализ геометрических размеров детали, изготовленной методом FDM-печати деталей для БПЛА. Проведена обработка экспериментальных данных, рассчитаны основные статистические показатели, выполнен корреляционный анализ и оценка соответствия размеров установленным допускам. Работа направлена на оценку стабильности технологического процесса и выявление характера отклонений размеров.

Аддитивные технологии, в частности FDM-печать, широко применяются для изготовления прототипов и функциональных деталей. Однако особенностью FDM-печати является наличие систематических и случайных погрешностей, связанных с усадкой материала, неточностью позиционирования и особенностями послойного формирования. Поэтому для оценки качества изделий требуется применение методов математической статистики.

Технология FDM (Fused Deposition Modeling) основана на экструзии расплавленного термопластика через сопло с последующим послойным формированием детали. Параметры печати, такие как температура, скорость подачи и охлаждение, оказывают непосредственное влияние на точность геометрических размеров. Статистический анализ позволяет количественно оценить это влияние.

Экспериментальные данные получены в результате измерения 20 идентичных деталей части фюзеляжа БПЛА самолетного типа. Для каждой детали измерялись три характерных размера, отражающих как внешнюю, так и внутреннюю геометрию изделия. На рисунках графически показана проверяемая деталь фюзеляжа БПЛА.

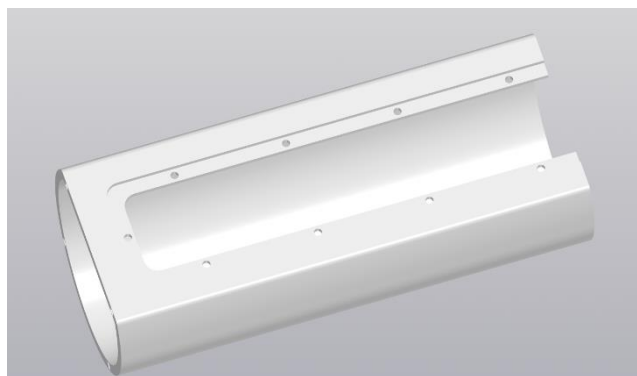


Рисунок 1 – Деталь БПЛА



Рисунок 2 – Деталь БПЛА

Обозначения параметров:

D1 – внешний диаметр, мм;

D2 – внутренний диаметр, мм;

A – размер паза, мм.

Полученные значения сведены в таблицу 1 и используются в качестве исходных данных для всех последующих статистических расчётов.

Полученные значения сведены в таблицу 1 и используются в качестве исходных данных для всех последующих статистических расчётов.

Таблица 1 — Результаты измерений размеров деталей

№	D1 (мм)	D2 (мм)	A (мм)
1	119.82	107.91	4.18
2	119.95	107.88	4.22
3	120.12	108.05	4.27
4	119.88	107.95	4.21
5	120.07	108.12	4.29
6	119.91	108.02	4.24
7	120.15	108.2	4.3
8	119.97	107.99	4.23
9	120.05	108.1	4.28
10	119.92	108.01	4.25
11	120.18	108.22	4.31
12	119.84	107.93	4.19

Продолжение таблицы 1

13	119.9	108.0	4.26
14	120.02	108.11	4.27
15	120.1	108.17	4.29
16	119.86	107.94	4.2
17	119.99	108.05	4.24
18	120.14	108.21	4.32
19	119.93	107.98	4.23
20	120.08	108.14	4.28

Анализ таблицы показывает, что значения размеров изменяются в относительно узком диапазоне, что уже на данном этапе указывает на приемлемую повторяемость процесса печати.

Для количественной оценки разброса измеренных значений применяются дисперсия и среднеквадратичное отклонение. Эти показатели характеризуют степень отклонения отдельных измерений от среднего значения. [1]

Формула выборочной дисперсии:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Дисперсия имеет размерность квадрата измеряемой величины и используется как промежуточный показатель. Для более наглядной интерпретации обычно применяют среднеквадратичное отклонение. [1]

Формула среднеквадратичного отклонения:

$$\sigma = \sqrt{S^2}$$

В результате расчётов получены следующие значения среднеквадратичных отклонений:

- 1)  $\sigma(D1) = 0,112$  мм;
- 2)  $\sigma(D2) = 0,105$  мм;
- 3)  $\sigma(A) = 0,041$  мм.

Малые значения  $\sigma$  свидетельствуют о высокой стабильности процесса печати. Наименьший разброс наблюдается для размера паза А, что говорит о хорошей воспроизводимости мелких элементов. [2]

Корреляционный анализ используется для оценки степени взаимосвязи между различными геометрическими параметрами. Для этого применяется коэффициент линейной корреляции Пирсона. [3]

Формула коэффициента корреляции Пирсона:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})(y_i - \tilde{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^2 (y_i - \tilde{y})^2}}$$

Значение коэффициента  $r$  изменяется в диапазоне от  $-1$  до  $+1$ . Значения, близкие к  $+1$ , указывают на сильную положительную линейную зависимость.

По результатам расчётов получены следующие значения коэффициентов корреляции:

- 1) (D1, D2) = 0,90;
- 2) (D1, A) = 0,92;
- 3) (D2, A) = 0,94.

Высокие значения коэффициентов корреляции свидетельствуют о том, что все размеры изменяются согласованно. Это указывает на наличие систематической масштабной погрешности, характерной для процесса FDM-печати.

Для наглядного подтверждения результатов корреляционного анализа построены графики рассеяния. Каждая точка на графике соответствует одной детали.

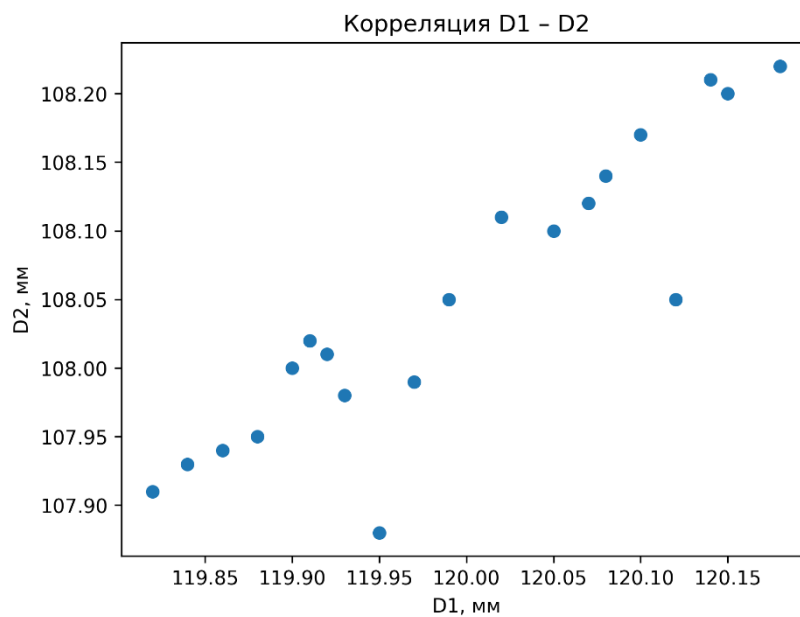


Рисунок 3 — Корреляция между внешним и внутренним диаметрами (D1–D2)

Расположение точек вдоль восходящей линии подтверждает наличие сильной положительной корреляции между анализируемыми параметрами.

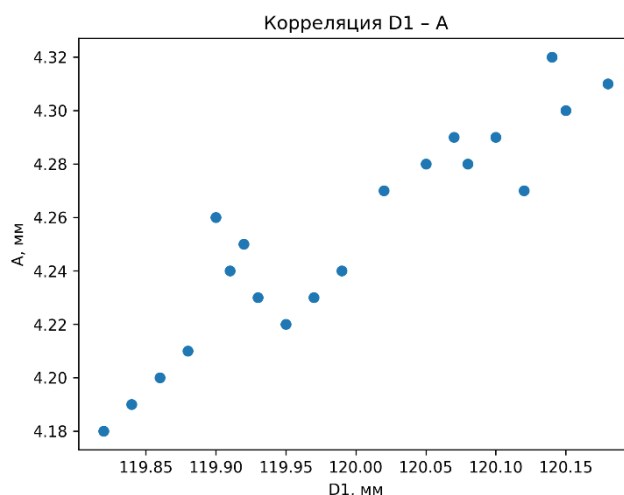


Рисунок 4 — Корреляция между внешним диаметром и размером паза (D1–A)

Расположение точек вдоль восходящей линии подтверждает наличие сильной положительной корреляции между анализируемыми параметрами.

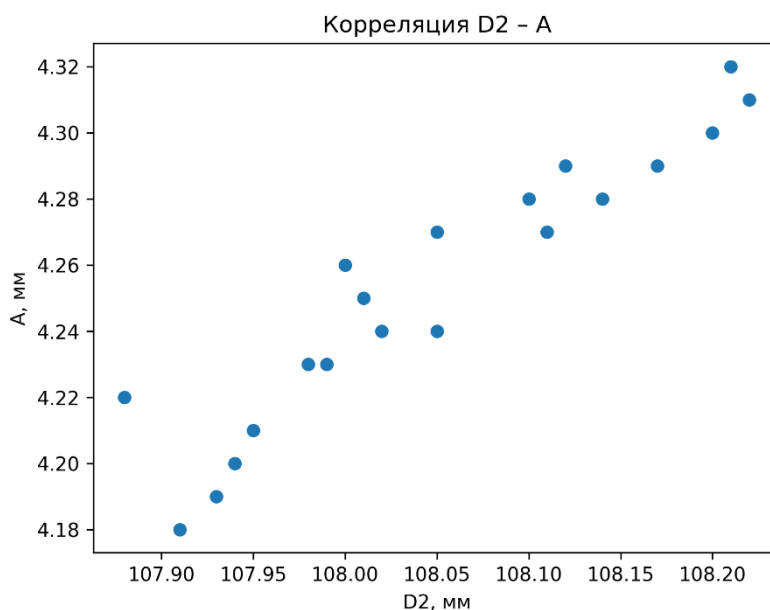


Рисунок 5 — Корреляция между внутренним диаметром и размером паза (D2–A)

Расположение точек вдоль восходящей линии подтверждает наличие сильной положительной корреляции между анализируемыми параметрами. [4]

Оценка соответствия размеров выполнена для допуска  $\pm 0,2$  мм относительно номинальных значений. Такой анализ позволяет определить процент годных деталей и выявить наиболее проблемные размеры. Результаты анализа показаны в таблице 2 ниже

Таблица 2 — Соответствие размеров установленному допуску

№	D1	D2	A	Вывод
1	+	+	+	Годна
2	+	+	+	Годна
3	+	+	+	Годна
4	+	+	+	Годна
5	+	+	+	Годна
6	+	+	+	Годна
7	+	-	+	Брак
8	+	+	+	Годна
9	+	+	+	Годна
10	+	+	+	Годна
11	+	-	+	Брак
12	+	+	+	Годна
13	+	+	+	Годна
14	+	+	+	Годна
15	+	+	+	Годна
16	+	+	+	Годна
17	+	+	+	Годна
18	+	-	+	Брак
19	+	+	+	Годна
20	+	+	+	Годна

Как видно из таблицы, большинство деталей соответствует установленным допускам. Случаи брака связаны преимущественно с превышением допуска по внутреннему диаметру D2.

В результате выполненного статистического анализа установлено, что процесс FDM-печати характеризуется достаточной стабильностью и высокой воспроизводимостью размеров. Выявленные отклонения носят систематический характер, что позволяет компенсировать их путём корректировки CAD-модели и параметров печати. Полученные результаты могут быть использованы для повышения точности и качества изделий.

### Список литературы

1. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2014. – 479 с.
2. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2012. – 816 с.
3. Айвазян, С.А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 2010. – 607 с.
4. Лакин, Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2011. – 352 с.

# ТЕОРИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИХ СИСТЕМ В ОЦЕНКЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ЖИЛОЙ ПЛОЩАДЬЮ

Горелова С.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Исследование теории статистических показателей проводилось не одним поколением ученых, о чем свидетельствуют труды [1-7]: Эдельгауза Г.Е. (1971, 1977 гг.), Сулова И.П. (1975 г.), Юзбашева М.М. и Михайловой Т.М. (2007 г.), Афанасьева В.Н. (2017, 2018 гг.). Под статистическим показателем с 20-х годов XX века понимается «сводная характеристика, тенденция социально-экономического развития» [5]. Следует помнить, что «ясное, осмысленное представление о характере статистических закономерностей природы и общества позволяет грамотнее управлять различными процессами» [6]. По этой причине, статистический показатель должен обладать следующими свойствами [7]:

- 1) обобщенная характеристика совокупности явлений;
- 2) обязательность сочетания количественных выражений и качественных определенностей в исследуемых процессах и явлениях, в том числе в «цифровой региональной экономике»;
- 3) структурированное представление статистического показателя:
  - а) объект исследования;
  - б) время проведения измерения;
  - в) место его определения;
  - г) единица определения (измерения);
  - д) методика расчета (особо важно в международных сопоставлениях);
  - е) числовое значение.
- 4) содержательное представление статистической характеристики (состояние, динамика или вариация, соотношение, взаимосвязь, структура статистической совокупности или отдельного явления).

Методология моделирования статистического анализа данных о жилищных условиях на современном этапе опирается на нормативно-правовую базу. Так, статья 7 Федерального закона «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» от 29.11.2007 №282-ФЗ представляет официальную статистическую методологию, состоящую из методов: «сбора, контроля, редактирования, сводки и группировки первичных статистических данных и административных данных, составления национальных счетов, оценки точности официальной статистической информации и ее систематизации» [8].

На основе теории статистики, изложенной в трудах [1-7] выше представленных авторов, проиллюстрируем признаки общей классификации статистических показателей на рисунке 1.



Рисунок 1 – Признаки общей классификации статистических показателей [5]

Смысл показателя системного эффекта в научном аспекте изложен в работе Юзбашева М.М. и Михайловой Т.М. [4]: «по своему содержанию он относится к группе показателей взаимосвязи признаков, измеряет не силу и тесноту связи, а степень согласованности влияния факторов на результат».

Согласно статье 5 Федерального закона №282-ФЗ от 29.11.2007 [8]: «официальный статистический учет осуществляется в соответствии с федеральным планом статистических работ». При этом следует обратить внимание на показатели жилищных условий в контексте достижения национальных целей Российской Федерации, а именно, национальная цель «Комфортная и безопасная среда для жизни» направлена на обеспечение граждан жильем общей площадью не менее 33 кв.м на человека к 2030 году и не менее 38 кв. к 2036 году [9].

На основании данных статистического сборника «Регионы России. Социально-экономические показатели 2025» [10], характеризующих жилищные условия проиллюстрируем на рисунках 2 и 3 пространственную вариацию обеспеченности населения России жильем в разрезе субъектов Российской Федерации и по федеральным округам.

В таблице 1 обобщим информацию, представленную на картограммах, выполнив сравнительный анализ уровня обеспеченности населения жилой площадью при норме 33 кв.м/чел. по федеральным округам РФ, выделив в их составе отстающие субъекты, а также регионы, занимающие лидирующие позиции, относительно среднего значения жилой площади по стране в целом.

Таблица 1 – Сравнительный анализ уровня обеспеченности населения жилой площадью при норме 33 кв.м/чел. по федеральным округам РФ

Федеральный округ	Уровень обеспеченности населения жилой площадью, (субъект РФ, в котором зафиксировано значение)					
	минимальный		максимальный		Среднее значение жилой площади в федеральном округе, кв.м/чел.	Отношение к среднему значению жилой площади по России (29,4 кв.м/чел.)
	Площадь, кв.м/чел.	Коэф.	Площадь, кв.м/чел.	Коэф.		
Северо-Западный	28	0,85	38,8	1,18	31,6	1,07
	Ненецкий автономный округ		Псковская область			
Приволжский	27,5	0,83	35,8	1,08	31,1	1,06
	Удмуртская Республика		Пензенская область			
Центральный	22,2	0,67	37,5	1,14	30,4	1,03
	г. Москва		Тверская область			
Уральский	21,8	0,66	32,4	0,98	28,8	0,98
	Ханты-Мансийский автономный округ – Югра		Тюменская область без автономных округов			
Южный	21,9	0,66	31,9	0,97	28,7	0,98
	Республика Крым		Краснодарский край			
Сибирский	16,4	0,5	29,6	0,9	28,1	0,96
	Республика Тыва		Новосибирская область			
Дальневосточный	23,4	0,71	33,2	1,01	26,3	0,89
	Республика Бурятия		Сахалинская область			
Северо-Кавказский	15,9	0,48	31,5	0,95	24	0,82
	Республика Ингушетия		Республика Северная Осетия – Алания			

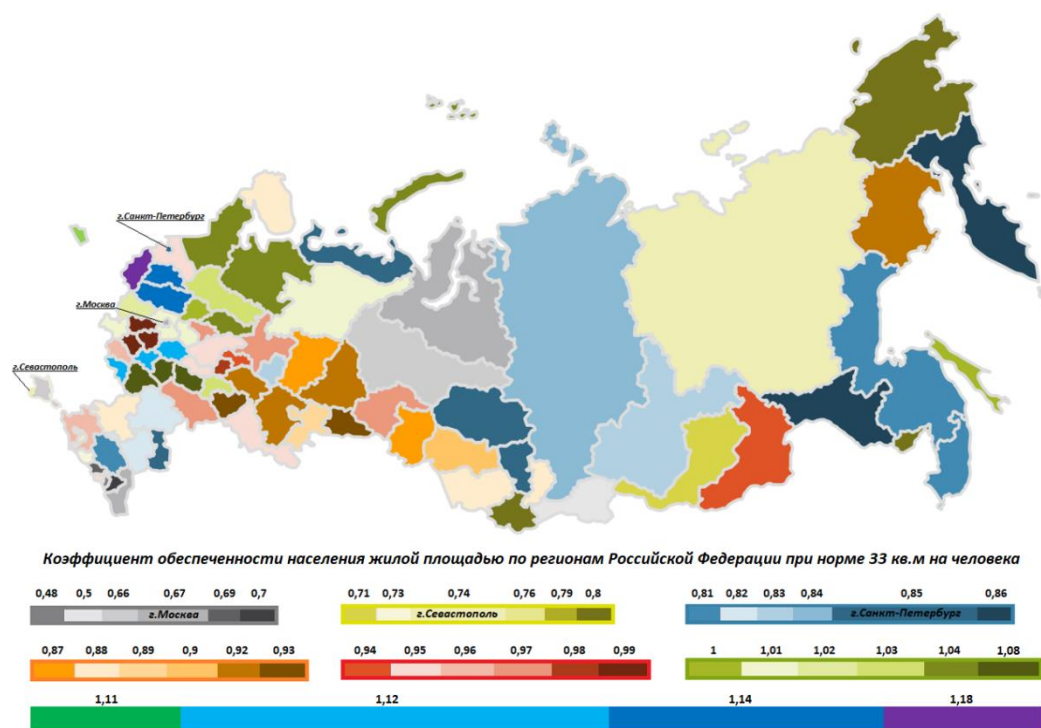


Рисунок 2 – Картограмма обеспеченности населения жилой площадью по регионам Российской Федерации (составлено автором по данным на 2025 год [10])

Картограмма на рисунке 2 показывает неоднозначный результат, в частности, на региональном уровне коэффициент обеспеченности варьируется от 0,48 до 1,18, в свою очередь, средние значения по федеральным округам находятся в диапазоне от 0,73 до 0,96. При этом, 39 субъектов РФ (Ингушетия, Тыва, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Крым, Дагестан, г.Москва, Ямало-Ненецкий автономный округ, Кабардино-Балкарская Республика, Чеченская Республика, Бурятия, Карачаево-Черкесская Республика, Забайкальский край, г. Севастополь, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ, Республика Алтай, Еврейская автономная область, Приморский край, Хабаровский край, Ставропольский край, Калмыкия, Волгоградская область, Удмуртская Республика, Иркутская область, Красноярский край, Кемеровская область, Ненецкий автономный округ, Астраханская область, г.Санкт-Петербург, Томская область, Амурская область, Камчатский край, Омская область, Пермский край, Алтайский край, Республика Хакасия, Мурманская область, Республика Адыгея, Ростовская область) отстают от среднего показателя по России, 1 регион (Челябинская область) соответствует этому значению и 48 (Новосибирская область, Татарстан, Магаданская область, Башкортостан, Свердловская, Самарская и Курганская области, Республика Марий Эл, Мордовия, Нижегородская, Ленинградская и Оренбургская области, Республика Северная Осетия – Алания, Краснодарский край, Курская, Кировская, Ивановская и Саратовская области, Чувашская Республика, Калужская, Тульская, Орловская, Ярославская, Сахалинская и

Владимирская области, Республика Коми, Брянская, Смоленская, Московская, Вологодская, Ульяновская, Костромская области, Республика Карелия, Архангельская область без автономного округа, Тамбовская, Воронежская, Пензенская, Калининградская, Белгородская, Липецкая, Рязанская, Тверская, Новгородская и Псковская области) опережают.



Рисунок 3 – Картограмма обеспеченности населения жилой площадью по федеральным округам РФ (составлено автором по данным на 2025 год [10])

Картограмма, представленная на рисунке 2, отражает средние показатели жилой площади, приходящейся на одного проживающего в разрезе федеральных округов Российской Федерации, которые находятся в пределах от 24 до 31,6 кв.м/чел., что соответствует Северо-Кавказскому и Северо-Западному федеральным округам.

Таким образом, ввиду большой пространственной вариации обеспеченности населения России жилой площадью, следует считать, что наше исследование актуально и требует дополнительных научных изысканий.

#### Список литературы

1 Эдельгауз Г.Е. Точность, надежность и устойчивость экономических показателей. – Л: Изд-во Ленинградского университета, 1971. – 126 с.

2 Эдельгауз Г.Е. Достоверность статистических показателей. – М.: Статистика, 1977. – 278 с.

3 Суслов И.П. Теория статистических показателей. – М.: Статистика, 1975. – 264 с.

4 Юзбашев, М. М. Системный эффект в экономике и в жизни / М. М. Юзбашев, Т. М. Михайлова // Вопросы статистики. – 2007. – № 11. – С. 71-73.

5 Михайлова, Т. М. Новое в теории статистических показателей и их систем / Т. М. Михайлова ; Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов, 2007. – 163 с. – ISBN 978-5-7310-2194-4.

6 Афанасьев, В. Н. К вопросу истории статистической методологии познания / В. Н. Афанасьев // Вестник НГУЭУ. – 2017. – № 2. – С. 63-81.

7 Афанасьев, В. Н. Статистический показатель - базовый элемент в "цифровой экономике" / В. Н. Афанасьев // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всероссийской научно-методической конференции, Оренбург, 31 января – 02 2018 года / Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "Оренбургский государственный университет". – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2018. – С. 3130-3132.

8 Федеральный закон «Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации» от 29.11.2007 №282-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_72844/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_72844/) (дата обращения: 10.01.2026).

9 Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2036 года (утв. Правительством РФ) [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_495719/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495719/) (дата обращения: 12.01.2026).

10 Регионы России. Социально-экономические показатели. 2025: Стат. сб. / Росстат. – М., 2025. – 1035.

## ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЦЕССА ВИБРОСМЕШИВАНИЯ

Гуныко Н.М., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Известно, что на современном этапе хозяйствования, в России наблюдается активизация строительного сектора. Для обеспечения современных технологий строительства жилых, производственных, административно-хозяйственных и др. зданий, необходима материальная база, включающая связующие компоненты, например, такие как цементно-бетонные смеси. От однородности таких смесей зависит устойчивость, надежность, безопасность, долговечность строительной конструкции [1]. Соответственно, процесс смесеобразования, целесообразно проводить в оптимальном режиме, например, в вибросмесителе [2]. Теорией и практикой занимались вибросмешивания занимались: В.В. Гортинский, И.Ф. Гончаревич, В.Ф. Ковтун, Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник, А.П. Иванова, Л.В. Межуева. Для этого, при статистическом исследовании, следует выделить наиболее значимые параметры, влияющие на результаты этого процесса. Выходные параметры (параметры эффекта) зависят от целого комплекса показателей, описывающих технологический процесс вибросмешивания, структура, которого приведена на рисунке 1.

Параметры процесса в целом могут быть сгруппированы в три блока: конструктивно-геометрический, физико-технологический и режимный. Блоки в свою очередь включают общий, эмпирически определяемый, параметрический комплекс.

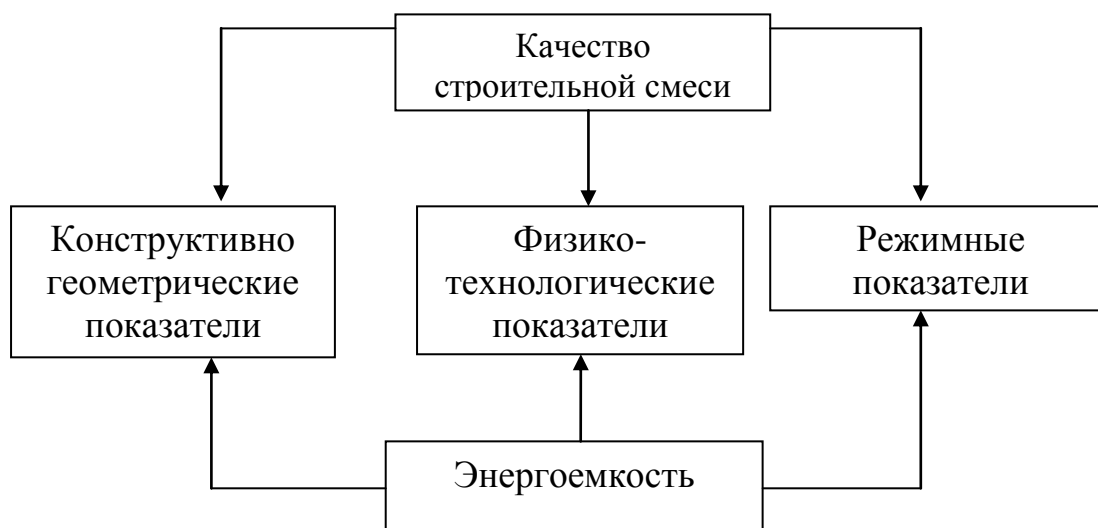


Рисунок 1 - Структура параметрического комплекса процесса вибросмешивания для создания строительной смеси

Оптимизация, прогнозирование результатов процесса смесеприготовления может основываться на различных принципах, в основе которых лежат математико-статистические обоснованные методы. Часто для нахождения оптимального решения определенной задачи, используют целевую функцию.

Метод векторной оптимизации с линейной целевой функцией и линейными ограничениями, разрешает использовать линейные функции, отождествляемые с параметрами эффекта и позволяющими вводить некоторые ограничения, создающие плоскую фигуру в виде многоугольника. Для его построения необходимо определять ключевые точки, находящиеся на границе многоугольной области оптимальных решений, но не находящиеся за пределами самих линейных функций.

На основе разработанной математической модели процесса вибросмешивания компонентов, формируются параметры эффекта (выходные параметры системы), (таблица 1), на базе которых с вводом ограничений, определяется область оптимальных решений.

Параметры эффекта описываются системой уравнений, в основе которых лежат, определяемые эмпирически или назначаемые параметры процесса.

В отдельных случаях не представляется возможным описать классическими методами свойства изучаемого объекта, тогда применяется вычислительный эксперимент с использованием графических и численных методов. Адекватность выполненных вычислений, может быть проверена тестированием математической модели с помощью разработанных компьютерных программ (например, свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2025618406) [3, 4].

При этом компьютерные программы могут охватывать отдельные блоки математической модели или объединять все составляющие ее элементы.

Естественно, ни одна математическая модель не опишет технологический процесс со 100% вероятностью, но наиболее точная, в пределах допустимых отклонений, может позволить рассчитывать виртуальные процессы. Это даст возможность произвести быстрые расчеты и спрогнозировать определенные результаты на установленном этапе исследований или при поиске итоговых значений.

Целесообразней всего использовать такие программы, которые позволяют определять выходные параметры эффекта с помощью задаваемых параметров процесса. Исследуемая область диагностики должна фокусироваться и ограничиваться реальными пределами, иметь сходимость результатов и требуемую их точность.

Численными методами, для процесса вибросмешивания сыпучих систем, можно определять свертываемые совокупности, включающие, как измеряемые, так и расчетные данные.

Для обработки эмпирических параметров процесса вибросмешивания можно использовать классические программы или их сшивки, такие как: MS Excel, CurveExpert, MS Pbruch, а также модульные программы: модуль МНК;

mod. ULL; mod.granica; mod. sravnen; mod. Harrington, которые могут войти в управляющую программу.

При этом обработку экспериментальных данных, нахождения коэффициентов уравнения регрессии, можно проводить в модуле МНК (метод наименьших квадратов) с использованием матрицы эксперимента. Формализованные показатели модели процесса приведены в таблице 1

Таблица 1- Формализованные показатели модели процесса

Параметры процесса	Обозначение	Формализов.	Ед. измерения
Время цикла смешивания	t	x1	сек.
Частота колебаний	$\omega$	x2	$c^{-1}$ (Гц)
Амплитуда	A	x3	М
Сдвиговые характеристики	$\tau$	X4	Н
Объем на единицу площади	$V_s$	X5	М
Симплекс	$\Gamma$	X6	-
Масса загрузки	m	X7	Кг
Коэффициент подвижности	Кп	X8	-
Коэффициент жесткости	Кж	X9	-
Энергоемкость	W	Y1	
Однородность	M	Y2	%

Модуль (mod. ULL), может применяться для проверки гипотезы принадлежности к одной и той же генеральной совокупности, двух выборок, по критерию Уилкоксона (или Манна- Уитни).

При помощи модуля “granica”, можно получить граничные зависимости каждого параметра эффекта от параметров процесса. Возможно также использование модуля (mod. sravnen) для сопоставления теоретических и определяемых параметров. Модуль “Harrington” позволяет ввести ограничения по качественным составляющим процесса. Алгоритм реализации результатов исследований приведен на рисунке 2.

После проведения серии экспериментов, появится возможность определить зону рабочих параметров, позволяющих создать качественную, однородную строительную смесь при низких энергозатратах.

По результатам экспериментальных исследований, можно применить метод многофакторного регрессионного анализа [5], основанного на аппроксимации экспериментальных данных алгебраическими полиномами. При этом экспериментальные результаты, могут быть сведены в матрицу для использования программы МНК (метод наименьших квадратов).

Из представленной таблицы можно получить следующие уравнения:

$$Y1 = i f (x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9)$$

$$Y2 = i f (x1, x2, x3, x4, x5, x6, x7, x8, x9)$$

Для решения подобных задач, традиционно используются полиномы n-ой степени. Ограничимся полиномом 3 - ей степени, коэффициенты которого, определяются решением матричного уравнения:

$$B = (XX^T)^{-1}(YX^T)$$

где  $B$  - вектор коэффициентов уравнения,  
 $X$  - матрица “ плана эксперимента”,  
 $Y$  - вектор значения параметра.

Адекватность полученных зависимостей проверяется по непараметрическому критерию Манна - Уитни. Когда невозможно применение классических методов статистического анализа, то есть используемые совокупности не подчиняются закону нормального распределения, можно воспользоваться непараметрическими критериями. Существуют различные критерии, такие как  $X$ - критерий Ван - дер Вардена, но удобнее воспользоваться  $U$  - критерием (критерий Уилкоксона или Манна - Уитни).  $U$  - критерий предназначен для проверки гипотезы  $H_0$  том, что функции распределения  $F$  и  $G$  (в предположении их непрерывности) двух генеральных совокупностей одинаковы  $H : F \neq G$ .



Рисунок 2 - Алгоритм реализации результатов исследований

Для этого берутся две независимые выборки  $(X_1, \dots, X_{n_1})$  и  $(Y_1, \dots, Y_{n_2})$ , с объектами  $n_1$  и  $n_2$  из заданных совокупностей. Статистика  $U$  (или  $U \sim$ ), лежащая в основе этого критерия, является числом инверсий, отражающим  $(Y_1, \dots, Y_{n_2})$ , при расположении элементов в каждой из них в порядке возрастания.

Следует иметь в виду, что рассматривая пары  $(X_i, Y_i)$ , при  $i = 1 \dots n_1, j = 1 \dots n_2$  в упорядоченных выборках, возникают два варианта:  $X_i \geq Y_i$  - образует инверсию;  $X_i \leq Y_i$  - элементы пар имеют естественный порядок. В случаях больших  $n_1, n_2$ , с целью упрощения составляют общий вариационный ряд по объединенной выборке  $(n_1 + n_2)$ , после чего устанавливают ранги от 1 до  $(n_1 + n_2)$ . Ранги выборочных значения  $(X_i)$  обозначают  $r(X_i)$ , для  $(Y_i)$  обозначают  $r(Y_i)$ . При этом сумма рангов для первой и второй выборки определяется:

$$R_1 = \sum_{i=1}^{n_1} r(X_i);$$

$$R_2 = \sum_{j=1}^{n_2} r(Y_j).$$

Между  $(U)$  и  $(U \sim)$  и суммами рангов существует связь:

$$U = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2};$$

$$U \sim = R_2 - \frac{(n_2 - 1)}{2}, \quad n_1, n_2, \alpha$$

Гипотеза отвергается, если  $\min(U, U \sim) \leq U_{n_1, n_2, \alpha}$ . При этом имеет место

$U \sim_{n_1, n_2, \alpha} = U_{n_1, n_2, \alpha}$ . Критические значения этих критериев находят по соответствующим таблицам, в зависимости от  $\alpha, n_1, n_2$ , при условии  $n_1 \geq n_2$ , в случае  $n_1 \neq n_2$ . Через  $n_1$  - обозначают объем большей выборки. Для учета совпадений измерений можно ввести коррекцию  $Z$  и сравнивать ее с табличными значениями:

$$Z = \frac{\frac{U - n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}$$

Для определения отклонения среднего значения квадрата величины от ее среднего значения, используется дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum (\gamma_i - \gamma_s)^2}{n - 1}$$

где,  $n-1$  - число степеней свободы (равное количеству опытов - 1).

Среднеквадратичное отклонение (стандарт):

$$S = \sqrt{S^2}$$

Чем больше дисперсия и стандарт, тем сильнее рассеяны значения параллельных опытов около среднего значения:

$$S(y) = \sqrt{\frac{\sum (\gamma_j - \gamma_s)^2}{n - 1}}$$

где среднеарифметическое результатов опытов:

$$\gamma_s = \frac{\sum y_j}{n}$$

отсюда: 
$$r_i = \frac{(\gamma_i - \gamma_s)}{s(y) \sqrt{\frac{(n-1)}{n}}}$$

Если  $(r_i)$  для какого-то  $i$  - го измерения не превосходит по абсолютной величине табличного значения  $(r)$  для выбранного уровня значимости, при  $f=n-2$  - числе степеней свободы, то гипотеза однородности результатов наблюдений может быть принята.

$$M=10,71276t-14,22092w+486,9171A-123,1949\tau -2464,842V_s \\ +39,88219A/d+19,77682m-3919,039K_n -230,019K_{жс} -0,1654552t^2 \\ +0,1286362w^2 -57,07244A^2+39,9474\tau^2 -1,337893tA-1354,801$$

При принятом уровне значимости  $\alpha=0.01$ , критерий Фишера  $F=1.94$ , уравнение значимо. Критерий Манны-Уитни  $0,5689139$ , дисперсия  $Disp$   $332,7179$ ,  $S=18,24055$ .

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что модель адекватно описывает процесс вибросмешивания.

#### Список литературы

1. Иванова А.П. Проектирование на основе обработки информации нестандартных, безопасных сейсмоустойчивых купольных сооружений. А.П. Иванова, Л.В. Межуева, М.А. Васильева, В.В. Делигирова, Т.И. Пискарёва, Н.М. Гунько. Вестник евразийской науки. 2025. Т. 17. № 2.
2. Гунько Н.М. Лабораторный вибрационный смеситель на солнечных батареях [Электронный ресурс] : патент 2850939 Российская Федерация / Н. М. Гунько, А. П. Иванова, Л. В. Межуева, С. А. Дергунов, Т. И. Пискарёва, М. А. Васильева, В. В. Делегирова, А. С. Боровский, С. В. Сериков; патентообладатель Оренбург. гос. ун-т.- № 2025111632заявл. 05.05.2025опубл. 17.11.2025, Бюл. № 32, 2025
3. Пискарёва Т.И. Определение на основе системного анализа теоретических параметров физического процесса диффузии сыпучих систем. Пискарёва Т.И., Иванова А.П., Межуева Л.В., Васильева М.А., Делигирова В.В., Гунько Н.М., Боровский А.С. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2025618406, 03.04.2025. Заявка от 25.03.2025.
4. Пискарёва Т. И. Диагностика режимов вибрационной кавитации [Электронный ресурс] : свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ 2025689115 / Т. И. Пискарёва, А. П. Иванова, Л. В. Межуева, М. А. Васильева, В. В. Делигирова, Н. М. Гунько, А. С. Боровский; правообладатель Оренбург. гос. ун-т.- № 2025687141заявл. 10.10.2025опубл. 24.10.2025, 2025.
5. Афанасьев В.Н. Статистическая методология в научных исследованиях. В.Н. Афанасьев, Н.С. Еремеева, Т.В. Лебедева учебное пособие для аспирантов / Оренбург, 2017245с.

# **ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ МНОГОМОДАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ**

**Данильчук М.В., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

В современных условиях развития промышленности и цифровых технологий проектирование изделий характеризуется существенным ростом объёмов и разнообразия обрабатываемых данных. В рамках одного проектного процесса одновременно используются геометрические и параметрические описания, результаты вычислительных экспериментов, данные натурных испытаний, технологические ограничения и требования, представленные в различных формах. Такая совокупность разнородной информации формирует многомодальную среду проектирования, в которой традиционные эвристические и локальные методы анализа оказываются недостаточными для получения обоснованных и воспроизводимых инженерных решений.

Статистическая методология представляет собой универсальный инструмент формализации и анализа сложных систем, позволяющий выявлять закономерности в многомерных данных, оценивать влияние факторов, учитывать неопределённость и строить интерпретируемые модели зависимости между параметрами изделия и его эксплуатационными характеристиками. В условиях многомодальности статистические методы обеспечивают возможность интеграции разнородных источников информации в едином аналитическом пространстве, что особенно важно при решении задач оптимизации, прогнозирования и выбора проектных альтернатив.

Актуальность применения статистической методологии в задачах проектирования изделий определяется необходимостью перехода от интуитивных и фрагментарных подходов к формализованным, воспроизводимым и проверяемым процедурам принятия инженерных решений. Использование методов многомерного анализа, планирования эксперимента, регрессионного моделирования и оценки неопределённости позволяет повысить обоснованность проектных решений, сократить количество итераций разработки и обеспечить устойчивость результатов в условиях вариативности исходных данных. В этой связи исследование возможностей статистической методологии для решения многомодальных задач проектирования изделий представляет собой важное и своевременное направление, отвечающее современным требованиям цифрового инженерного проектирования.

Теоретической основой применения статистической методологии в задачах многомодального проектирования изделий являются методы многомерного статистического анализа, теория планирования эксперимента, регрессионное моделирование и подходы к оценке неопределённости. Указанные направления формируют формализованный аппарат, позволяющий

описывать сложные инженерные системы как совокупность взаимосвязанных факторов и откликов, представленных в различных модальностях.

Многомерный статистический анализ ориентирован на выявление закономерностей в пространствах высокой размерности и используется для обработки совокупностей параметров, характеризующих геометрию изделия, свойства материалов, режимы функционирования и эксплуатационные показатели. Применение методов главных компонент, факторного анализа и латентных переменных позволяет снижать размерность исходных данных, устранять избыточность и формировать компактные представления проектного пространства. В контексте многомодальных задач такие методы обеспечивают интеграцию разнородных признаков в единую аналитическую модель, в которой различные типы данных приводятся к сопоставимому виду и могут рассматриваться в рамках общих зависимостей.

Существенную роль в инженерном проектировании играет теория планирования эксперимента, направленная на рациональное формирование наборов наблюдений и вычислительных экспериментов. Методы факторных планов и ортогональных схем позволяют минимизировать количество необходимых испытаний при сохранении информативности получаемых данных. В условиях многомодальности планирование эксперимента обеспечивает согласованное формирование массивов данных, включающих как числовые параметры, так и результаты моделирования, измерений и оценок, полученных в различных формах. Это создаёт основу для построения статистически обоснованных моделей поведения проектируемого изделия.

Центральным элементом статистической методологии является регрессионное моделирование, в том числе методы аппроксимации поверхностей отклика. Они позволяют установить функциональные зависимости между набором проектных факторов и выходными характеристиками изделия, описывая влияние параметров на эксплуатационные свойства. Построение поверхностей отклика обеспечивает переход от дискретных экспериментальных данных к непрерывному представлению проектного пространства, что делает возможным поиск оптимальных решений и анализ чувствительности. В многомодальных задачах такие модели выступают связующим звеном между различными источниками информации, обеспечивая их объединение в едином математическом представлении.

Важным аспектом статистического подхода является учёт неопределённости, присущей как исходным данным, так и результатам моделирования. Оценка дисперсий, доверительных интервалов и вероятностных характеристик позволяет формировать устойчивые проектные решения, учитывающие вариативность параметров и погрешности измерений. В инженерном контексте это имеет принципиальное значение, поскольку позволяет перейти от детерминированных схем проектирования к вероятностным моделям, отражающим реальное поведение изделия в условиях эксплуатации.

Таким образом, статистическая методология формирует теоретическую базу для решения многомодальных задач проектирования, обеспечивая формализацию разнородных данных, построение интерпретируемых моделей и обоснование проектных решений на основе объективных закономерностей. Она выступает связующим звеном между эмпирическими данными и инженерным знанием, создавая предпосылки для интеграции классических методов анализа с современными интеллектуальными технологиями.

Современное развитие методов искусственного интеллекта в инженерном проектировании не отменяет, а, напротив, усиливает значение классической статистической методологии. Анализ актуальных исследований, в частности систематического обзора Afifi и соавторов, показывает, что большинство практических решений в области data-driven-проектирования основано на гибридных подходах, объединяющих статистические методы и алгоритмы машинного обучения. Такое сочетание обусловлено необходимостью одновременно обеспечивать высокую точность моделирования сложных зависимостей и интерпретируемость получаемых результатов, критически важную для инженерных приложений.

Статистические методы выступают фундаментом построения моделей, определяя структуру данных, способы их нормализации, критерии значимости факторов и процедуры валидации. На этапах предварительного анализа используются методы корреляционного анализа, регрессии, дисперсионного анализа и снижения размерности, позволяющие выявить информативные признаки, устранить избыточность и сформировать компактные представления проектного пространства. Эти операции подготавливают данные для последующего применения методов машинного обучения и существенно повышают устойчивость и обобщающую способность моделей.

Машинное обучение, в свою очередь, расширяет возможности статистических подходов за счёт способности аппроксимировать нелинейные зависимости высокой сложности и работать с большими массивами данных. В инженерных задачах такие модели применяются для построения суррогатных моделей физических процессов, прогнозирования эксплуатационных характеристик изделий и оптимизации проектных параметров. Однако, на практике данные модели редко используются изолированно: они дополняются статистическими процедурами оценки погрешностей, доверительных интервалов и устойчивости решений, что позволяет интегрировать их в формализованные инженерные процессы.

Характерной особенностью современных подходов является формирование многоуровневых архитектур, в которых статистические методы обеспечивают интерпретируемый каркас модели, а алгоритмы машинного обучения – её адаптивность и выразительную мощь. Например, регрессионные модели и поверхности отклика применяются для описания глобальной структуры проектного пространства, тогда как нейросетевые компоненты уточняют локальные зависимости и учитывают сложные взаимодействия факторов. В рамках многомодальных задач такие гибридные

схемы позволяют объединять числовые параметры, результаты симуляций и эмпирические данные в едином аналитическом контуре.

Таким образом, связь статистики и искусственного интеллекта в проектировании изделий носит не подчинённый, а синергетический характер. Статистическая методология обеспечивает формализацию, проверяемость и интерпретируемость моделей, тогда как методы ИИ расширяют границы применимости за счёт способности работать с высокоразмерными и нелинейными зависимостями. Их интеграция формирует основу современных интеллектуальных проектных систем, в которых принятие инженерных решений опирается одновременно на строгие математические принципы и адаптивные алгоритмы обработки данных.

Одной из ключевых проблем современного этапа развития интеллектуальных методов проектирования изделий является разрыв между классической статистической методологией и методами машинного обучения. Статистические подходы традиционно ориентированы на формализуемые модели с явно заданной структурой, проверяемыми допущениями и интерпретируемыми параметрами, что соответствует требованиям инженерной практики к воспроизводимости и обоснованности решений. В то же время методы машинного обучения, особенно нейросетевые архитектуры, демонстрируют высокую аппроксимационную способность и эффективность при работе с высокоразмерными и нелинейными зависимостями, характерными для многомодальных данных, однако зачастую функционируют как «чёрные ящики», затрудняя анализ причинно-следственных связей.

В условиях проектирования изделий данное противоречие приобретает принципиальный характер. Инженерные решения должны быть не только точными, но и объяснимыми, поскольку они связаны с требованиями надёжности, безопасности и нормативного контроля. Использование изолированных ML-моделей без статистического обоснования приводит к снижению доверия к результатам и ограничивает их внедрение в реальных производственных процессах. С другой стороны, применение исключительно классических статистических методов не позволяет эффективно обрабатывать сложные нелинейные зависимости и гетерогенные данные, формируемые в многомодальной проектной среде.

Актуальной научной задачей становится формирование гибридных методологий, в которых статистические и ML-подходы образуют единый аналитический контур. В таких схемах статистические методы обеспечивают предварительный анализ, структурирование данных, отбор признаков, оценку значимости факторов и валидацию моделей, тогда как машинное обучение используется для аппроксимации сложных зависимостей, построения суррогатных моделей и адаптивного обновления проектных решений. Подобная интеграция позволяет сохранить интерпретируемость и формальную строгость статистического аппарата, одновременно расширяя его выразительные возможности за счёт современных алгоритмов обучения.

Направление исследований в данной области связано с разработкой архитектур и методик, в которых статистические модели и ML-алгоритмы функционируют не как альтернативы, а как взаимодополняющие компоненты. Это включает построение многоуровневых моделей, объединяющих регрессионные представления, вероятностные оценки и нейросетевые аппроксиматоры, а также разработку процедур согласования результатов, оценки неопределённости и проверки устойчивости решений. Реализация таких подходов создаёт предпосылки для формирования интеллектуальных проектных систем, способных обрабатывать многомодальные данные, обеспечивая при этом инженерную обоснованность и контролируемость принимаемых решений.

Проведённый анализ показывает, что статистическая методология сохраняет фундаментальное значение в задачах проектирования изделий в условиях формирования многомодальной цифровой среды. Именно статистические методы обеспечивают формализацию проектных процессов, выявление закономерностей в многомерных данных, построение интерпретируемых моделей и учёт неопределённости, неизбежно присутствующей в инженерных задачах. В отличие от эвристических и сугубо эмпирических подходов, статистический аппарат позволяет выстраивать воспроизводимые и проверяемые процедуры принятия проектных решений, что соответствует требованиям надёжности и обоснованности, предъявляемым к современной инженерной практике.

Развитие методов машинного обучения и искусственного интеллекта не снижает значимости статистики, а, напротив, актуализирует необходимость её интеграции с интеллектуальными алгоритмами. Многомодальные задачи проектирования характеризуются высокой размерностью, гетерогенностью данных и сложной нелинейной структурой зависимостей, что требует сочетания строгих статистических моделей с адаптивными ML-подходами. В таких гибридных системах статистическая методология формирует теоретический и методический каркас, обеспечивая интерпретируемость, устойчивость и верифицируемость результатов, тогда как методы машинного обучения расширяют возможности анализа и аппроксимации сложных процессов.

Таким образом, перспективное развитие интеллектуальных систем проектирования изделий связано с формированием интегрированных подходов, в которых статистические методы и алгоритмы искусственного интеллекта образуют единый аналитический контур. Реализация таких подходов создаёт предпосылки для перехода к новому уровню инженерного проектирования, основанному на обработке многомодальных данных, формализованном анализе неопределённости и научно обоснованном поиске оптимальных проектных решений.

### Список литературы

1. Jaeckle C. M., MacGregor J. F. Multivariate statistical analysis and product design // *AIChE Journal*. – 1998. – Vol. 44, No. 9. – P. 2025–2036.
2. Myers R. H., Montgomery D. C., Anderson-Cook C. M. *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. – 4th ed. – Hoboken: Wiley, 2016. – 856 p.
3. Afifi M., Elghany M., Goh Y. M. Data-driven methods and artificial intelligence in engineering design: a systematic literature review // *arXiv preprint*. – 2025. – URL: <https://arxiv.org/abs/2511.20730> (дата обращения: 21.01.2026).
4. Zhang Y., Li X., Wang H. Multimodal data sensing and feature learning for machining quality prediction // *Advanced Engineering Informatics*. – 2024. – Vol. 59. – Article 102221. – DOI: 10.1016/j.aei.2023.102221.
5. Bagnall A., Lines J., Hills J. Statistical modelling of univariate multimodal data // *Neurocomputing*. – 2025. – Vol. 550. – P. 1–14. – DOI: 10.1016/j.neucom.2025.01.XXX.

# УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ МЕТАДААННЫХ И ПЕРЕНОСИМОСТЬ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЦИТОТОКСИЧНОСТИ НАНОМАТЕРИАЛОВ ПРИ МЕЖИСТОЧНИКОВОЙ ВАЛИДАЦИИ

Егоров В.Ю.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

*Аннотация.* Цель работы — повысить переносимость моделей машинного обучения при прогнозировании цитотоксичности наноматериалов за счёт управления качеством метаданных при интеграции разнородных открытых источников. Предложен воспроизводимый *quality-aware* протокол: мастер-формат представления наблюдений «Material–Exposure–Bio–Provenance», гармонизация единиц и терминов, а также показатель качества записи  $Q \in [0;1]$ , агрегирующий полноту, согласованность и трассируемость происхождения данных. Рассмотрены режимы использования  $Q$ : (i) фильтрация записей по порогу  $T$  (*quality-filtered*) и (ii) взвешивание наблюдений при обучении по  $Q$  (*quality-weighted*). Эксперимент проведён на трёх независимых наборах данных по цитотоксичности (*endpoint viability*, %) из DOI-источников. Переносимость оценивалась в строгом межисточниковом протоколе *leave-one-dataset-out* и сопоставлялась с контрольной схемой *repeated random split*; метрики включали *RMSE*, *MAE* и  $R^2$ . Установлена статистически значимая обратная связь между качеством записи и ошибкой прогноза на независимых тестовых наблюдениях (*Spearman*  $\rho(|e|, Q) = -0.75$ ); 95% *bootstrap CI* ( $[-0.78; -0.71]$ ); ( $p=3.0 \cdot 10^{102}$ )), что позволяет интерпретировать  $Q$  как индикатор риска ошибки. Показано, что учёт качества метаданных повышает переносимость моделей в межисточниковой валидации по сравнению с одной гармонизацией, а *сенситивити-анализ порога  $T$*  формализует компромисс «покрытие–точность» и задаёт режим отказа от предсказания для низкокачественных записей. Отрицательный контроль с перестановкой  $Q$  подтверждает, что эффект обусловлен информативностью показателя качества, а не артефактами процедуры взвешивания. Результаты демонстрируют системно-аналитический подход к управлению качеством входной информации и повышению устойчивости прогнозирования при доменном сдвиге и неполноте метаданных.

**Ключевые слова:** цитотоксичность; наноматериалы; машинное обучение; качество метаданных; гармонизация данных; переносимость моделей; межисточниковая валидация; *leave-one-dataset-out*; доменный сдвиг; показатель качества записи  $Q$ .

## 1. Введение

Цитотоксичность наноматериалов — ключевой фактор безопасности, ограничивающий их применение и требующий прогнозирования на ранних

этапах разработки. Рост объёма открытых *in vitro* данных стимулирует применение nano-(Q)SAR и машинного обучения. Однако практическая полезность моделей определяется не столько метриками на «случайных» разбиениях, сколько переносимостью на независимые источники (другие лаборатории/протоколы), где проявляются доменные сдвиги, неоднородность условий и измерительные артефакты (в том числе интерференции наночастиц с тест-системами) [7–9].

С позиции системного анализа ограничением становится качество входной информации на уровне отдельных записей: даже «FAIR-совместимые» источники могут содержать критические пропуски дозы/времени/assay, несогласованные единицы и слабую трассируемость происхождения. Следовательно, требуется воспроизводимый протокол, который (а) стандартизует представление и гармонизацию, (б) формализует качество записи как измеримую величину, и (в) демонстрирует, что учёт качества повышает переносимость при межисточниковой проверке, согласуемой с принципами валидации предсказательных моделей (OECD) [6,9].

**Цель исследования** — разработать и экспериментально подтвердить методику качество-ориентированной интеграции открытых данных по цитотоксичности наноматериалов, повышающую устойчивость и переносимость ML-моделей в межисточниковых сценариях.

## 2. Данные и методы

### 2.1. Источники данных

Использованы три независимых открытых набора данных по цитотоксичности наноматериалов из репозитория Zenodo (далее домены D1–D3) [5–7]. Для основной постановки задачи выбран общий для всех доменов endpoint **viability (%)**. Итоговый массив после приведения к единому формату составил (n=1000) записей: D1 — 320, D2 — 186, D3 — 494.

### 2.2. Мастер-формат (master-format)

Каждая строка мастер-таблицы соответствует одному наблюдению (одному измерению цитотоксичности при заданных условиях). Структура представления задаётся четырьмя блоками: **Material:** идентификатор/состав, покрытие, размер (при наличии), ζ-потенциал (при наличии) и др.; **Exposure:** доза (значение+единицы+тип дозирования), время экспозиции, среда, сыворотка/белок (при наличии); **Bio/Assay:** клеточная линия, assay, тип и значение endpoint; **Provenance:** dataset\_id, DOI, имя файла/листа/локатор строки, исходные обозначения endpoint и единиц.

Хранение «сырого» (raw) и канонизированного представления вместе с локаторами обеспечивает аудит преобразований и воспроизводимость.

### 2.3. Гармонизация

Гармонизация выполнялась детерминированно с журналированием: приведение шкалы viability к 0–100 (если исходно 0–1 — умножение на 100); нормализация единиц дозы и времени в пределах типа дозирования (массовая концентрация отдельно от молярной; без пересчёта mass↔molar при отсутствии молекулярной массы/состава); нормализация категориальных полей (cell line,

assay, endpoint) через словари соответствий; обработка дублей (агрегация медианой; фиксация разброса как диагностического сигнала); конфликты не «исправлялись» эвристически, а отражались штрафами в компоненте согласованности (см. 2.4).

#### 2.4. Показатель качества записи Q

Для каждой записи вводится  $Q \in [0;1]$ , агрегирующий три компоненты: полноту критических метаданных  $Q\_complete$ , согласованность и физическую правдоподобность  $Q\_consistent$ , а также трассируемость происхождения  $Q\_prov$ .

$$Q = \alpha \cdot Q\_complete + \beta \cdot Q\_consistent + \gamma \cdot Q\_prov, \quad \alpha + \beta + \gamma = 1, \quad (1)$$

По умолчанию  $\alpha=0.5$ ,  $\beta=0.3$ ,  $\gamma=0.2$ .  $Q\_complete$ : доля заполненных критических полей (доза, время, cell line, assay, материал, размер и др.).  $Q\_consistent$ : среднее по проверкам конверсии единиц, допустимости диапазонов (viability 0–100), корректности времени/дозы ( $>0$ ), согласованности дублей.  $Q\_prov$ : наличие DOI и локаторов происхождения (файл/лист/строка/сырой label).

Важно: Q не оценивает «биологическую истинность» эффекта, а измеряет информационную пригодность записи для межисточникового моделирования.

#### 2.5. Режимы качества (A–D)

Сравнивались режимы: **A (Raw-merge)**: объединение без полной нормализации (контроль «как есть»); **B (Harmonized)**: гармонизация без использования Q; **C (Quality-filtered)**: гармонизация + обучение на записях ( $Q \geq T$ ) (анализ ( $T=0.6/0.7/0.8$ )); **D (Quality-weighted)**: гармонизация + обучение на всех записях с весами ( $w_i = Q_i$ ).

#### 2.6. Модели и признаки

Задача: регрессия viability (%) по признакам материала и контекста экспозиции. Используются базовая линейная модель (Ridge) и ансамбли деревьев (Random Forest, CatBoost). Категориальные признаки кодировались (one-hot/внутриконтурное кодирование), числовые — стандартизировались для линейной модели. Пропуски: числовые — медианой по train, категориальные — значением “unknown”.

#### 2.7. Валидация, метрики и проверки доказательности

Основной протокол переносимости — **leave-one-dataset-out**: один домен тестовый, два — обучающие (межисточниковая проверка). Контроль — **repeated random split** (30 повторов) для демонстрации потенциального завышения качества без доменного переноса [7]. Метрики: MAE, RMSE, ( $R^2$ ) (в процентных пунктах для MAE/RMSE). Устойчивость оценивалась по  $mean \pm sd$  при повторных прогонах.

Связь качества и ошибки оценивалась на независимом тесте: для тестовых наблюдений вычислялся ( $|e|$ ) и оценивалась ранговая корреляция Spearman  $\rho(|e|, Q)$  с 95% доверительным интервалом бутстрэпом.

Для усиления доказательности использованы:

- **сенситивити-анализ порога T** (trade-off «покрытие–точность»);

- **режим refuse-to-predict:** выдача предсказания только при ( $Q \geq T$ ) (селективное прогнозирование) [7–9];
- **отрицательный контроль:** перестановка  $Q$  между записями (permuted- $Q$ ).

### 3. Результаты

#### 3.1. Паспорт доменов и вариативность качества

После гармонизации объёмы доменов: D1 — 320, D2 — 186, D3 — 494. Медианы качества: **med(Q)=0.66/0.72/0.86** для D1/D2/D3 соответственно; вариативность внутри доменов ненулевая ( $IQR(Q)=0.14/0.11/0.08$ ). Наибольшие доли пропусков по размеру наблюдались в D1 ( $m\_size \approx 0.25$ ) и D2 ( $m\_size \approx 0.18$ ), тогда как D3 имеет наиболее полное покрытие ( $m\_size \approx 0.05$ ), что согласуется с более высоким  $med(Q)$ .

#### 3.2. Валидность $Q$ : связь качества записи и ошибки прогноза

В строгом межисточниковом тестировании выявлена выраженная обратная зависимость между качеством записи и ошибкой: **Spearman  $\rho(|e|, Q) = 95\%$  bootstrap CI** ( $[-0.78; -0.71]$ ), ( $p = 3.0 \cdot 10^{-102}$ ); по доменам: D1:  $-0.68$  ( $[-0.75; -0.59]$ ), D2:  $-0.72$  ( $[-0.78; -0.64]$ ), D3:  $-0.65$  ( $[-0.73; -0.56]$ ) (все  $p \ll 0.001$ ).

Это поддерживает интерпретацию  $Q$  как **индикатора риска ошибки** при переносе на независимый источник.

#### 3.3. Контрольный сценарий: repeated random split

В random split ансамблевые модели демонстрируют высокие метрики (примерно  **$R^2 \approx 0.81-0.84$** , **RMSE  $\approx 10$** ), а различия между режимами В/С/D малы (порядка 0.01 по  $R^2$  и  $\leq 0.2$  по RMSE). Это означает, что «случайное» смешивание частично скрывает доменный сдвиг и завышает ожидаемую переносимость.

#### 3.4. Основной сценарий: leave-one-dataset-out и эффект quality-aware режимов

В межисточниковом тестировании эффект качества становится существенным. Для CatBoost наблюдается устойчивое улучшение при учёте качества (по сравнению с одной гармонизацией В):

- тест D1: RMSE **18.1** → **16.8**, ( $R^2$ ) **0.26** → **0.33**;
- тест D2: RMSE **16.6** → **15.6**, ( $R^2$ ) **0.32** → **0.40**;
- тест D3: RMSE **16.0** → **14.9**, ( $R^2$ ) **0.34** → **0.45**.

Для Random Forest эффекты сопоставимы по направлению (особенно на D2 и D3). В среднем **взвешивание по  $Q$**  (режим D) оказалось более стабильным, чем жёсткая фильтрация (режим C), поскольку сохраняет обучающую выборку, ослабляя вклад низкокачественных записей.

#### 3.5. Сенситивити по порогу $T$ : компромисс «покрытие–точность» и refuse-to-predict

Повышение порога качества в режиме фильтрации приводит к ожидаемому trade-off, в котором: при  $T=0.6$ : покрытие  $cov_{all}=0.89$ , RMSE=15.6,  $R^2=0.40$ ; при  $T=0.7$ :  $cov_{all}=0.78$ , RMSE=14.7,  $R^2=0.46$ ; при  $T=0.8$ :  $cov_{all}=0.64$ , RMSE=13.8,  $R^2=0.52$ .

Таким образом,  $T$  можно трактовать как **управляющий параметр** режима эксплуатации: чем выше требование к надёжности, тем сильнее допускается отказ от предсказания для низкокачественных записей (селективное прогнозирование) [8–9].

### 3.6. Отрицательный контроль: permuted-Q

При перестановке  $Q$  между записями (с сохранением распределения) улучшения исчезают/ослабевают: например, для CatBoost RMSE ухудшается **14.9** → **15.1**,  $R^2$  снижается **0.45** → **0.43**. Это поддерживает вывод, что эффект обусловлен **информативностью показателя качества**, а не «техническими» особенностями взвешивания.

## 4. Обсуждение

Полученные результаты показывают, что управление качеством метаданных на уровне отдельных записей является значимым фактором переносимости ML-моделей для цитотоксичности наноматериалов. В контрольном random split вклад качества почти не проявляется, что согласуется с известной проблемой завышения оценок при отсутствии междоменного переноса [7]. В межисточниковом leave-one-dataset-out различия становятся устойчивыми и практически значимыми: даже после гармонизации доменные эффекты и неполнота контекста приводят к деградации метрик, а quality-aware режимы смягчают этот эффект.

Системно-аналитическая интерпретация состоит в том, что  $Q$  выступает измеримой характеристикой надёжности входной информации. Встраивание  $Q$  в контур обучения (веса/фильтрация) и в контур эксплуатации (refuse-to-predict) обеспечивает управляемый баланс «покрытие–риск ошибки», что практически важно для скрининговых in silico сценариев.

**Ограничения:**  $Q$  не устраняет биологические артефакты (например, интерференции assay) и не заменяет экспериментальную стандартизацию; число доменов (3) ограничивает полноту картины межлабораторной вариативности. Однако методика повышает воспроизводимость и прозрачность интеграции и оценки переносимости, что соответствует требованиям к валидности предсказательных моделей [3,5].

## 5. Заключение

Разработан и проверен воспроизводимый quality-aware протокол интеграции открытых данных по цитотоксичности наноматериалов, включающий мастер-формат «Material–Exposure–Bio–Provenance», детерминированную гармонизацию и показатель качества записи  $Q$ . Показано, что  $Q$  статистически связан с ошибкой прогноза на независимом тесте (Spearman  $\rho = -0.75$ ), а учёт  $Q$  повышает переносимость моделей в межисточниковой валидации по сравнению с одной гармонизацией. Сенситивити-анализ порога  $T$  формализует компромисс «покрытие–точность» и задаёт режим отказа от предсказания, позволяющий управлять риском в практическом применении.

### Список литературы

- 1) Wilkinson M.D., Dumontier M., Aalbersberg I.J.J. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship // *Scientific Data*. 2016. Vol. 3. Art. 160018. DOI: 10.1038/sdata.2016.18.
- 2) Jeliaskova N., Chomenidis C., Doganis P. et al. The eNanoMapper database for nanomaterial safety information // *Beilstein J. Nanotechnol.* 2015. Vol. 6. P. 1609–1634. DOI: 10.3762/bjnano.6.165.
- 3) Kochev N., Jeliaskova N., Paskaleva V. et al. Your Spreadsheets Can Be FAIR: A Tool and FAIRification Workflow for the eNanoMapper Database // *Nanomaterials*. 2020. Vol. 10(10). Art. 1908. DOI: 10.3390/nano10101908.
- 4) Faria M., Björnmalm M., Thurecht K.J. et al. MIRIBEL: Minimum information reporting in bio–nano experimental literature // *Nat. Nanotechnol.* 2018. Vol. 13(9). P. 777–785. DOI: 10.1038/s41565-018-0246-4.
- 5) Papadiamantis A.G., Klaessig F.C., Exner T.E. et al. Metadata stewardship in nanosafety research... // *Nanomaterials*. 2020. Vol. 10. Art. 2033. DOI: 10.3390/nano10102033.
- 6) OECD. OECD Principles for the Validation, for Regulatory Purposes, of (Q)SAR Models. Paris: OECD, 2004.
- 7) Quiñonero-Candela J., Sugiyama M., Schwaighofer A., Lawrence N.D. (eds.). *Dataset Shift in Machine Learning*. MIT Press, 2009. DOI: 10.7551/mitpress/9780262170055.001.0001.
- 8) Holder A.L., Goth-Goldstein R., Lucas D., Koshland C.P. Particle-Induced Artifacts in the MTT and LDH Viability Assays // *Chem. Res. Toxicol.* 2012. DOI: 10.1021/tx3001708.
- 9) Kroll A., Pillukat M.H., Hahn D., Schnekenburger J. Interference of engineered nanoparticles with in vitro toxicity assays // *Arch. Toxicol.* 2012. Vol. 86(7). P. 1123–1136. DOI: 10.1007/s00204-012-0837-z.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИКИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХ СПОСОБНОСТИ, А ТАК ЖЕ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Жилин Д.В., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Современные методы машинного обучения (МО) активно применяются в задачах анализа данных, прогнозирования, классификации и принятия решений. Качество работы моделей машинного обучения во многом определяется свойствами исходных данных. Одним из ключевых аспектов, влияющих на процесс обучения и обобщающую способность модели, является распределение данных. Игнорирование статистических характеристик данных может приводить к смещённым оценкам параметров, переобучению или ухудшению качества предсказаний.

Целью данной статьи является анализ роли распределений данных в задачах машинного обучения и демонстрация того, как знание и учет статистических характеристик выборки позволяют повысить качество обучения моделей. В работе рассматриваются основные виды распределений, методы их оценки, а также приводится пример практического применения статистического анализа данных при обучении модели.

## Статистические характеристики и распределения данных

Под распределением данных понимается закон, описывающий вероятность появления различных значений случайной величины. В прикладных задачах машинного обучения данные часто рассматриваются как реализации случайных величин, подчиняющихся некоторому неизвестному распределению [1].

К основным статистическим характеристикам данных относятся математическое ожидание, дисперсия, среднеквадратическое отклонение, асимметрия и эксцесс. Эти характеристики позволяют получить первичное представление о форме и свойствах распределения.

Математическое ожидание определяется выражением

$$E[X] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

где  $x_i$  — наблюдаемые значения,  $n$  — объем выборки.

Дисперсия вычисляется по формуле

$$D[X] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

На практике часто встречаются нормальное, экспоненциальное, логнормальное, биномиальное и пуассоновское распределения. Выбор адекватной модели распределения позволяет корректно интерпретировать данные и выбрать подходящие алгоритмы машинного обучения.

### Влияние распределения данных на обучение моделей

Большинство алгоритмов машинного обучения делают неявные предположения о распределении данных. Например, линейная регрессия и метод наименьших квадратов предполагают приближение выборки к нормальному распределению, а наивный байесовский классификатор часто использует нормальное распределение признаков внутри классов.

Если фактическое распределение данных существенно отличается от предполагаемого, качество модели может значительно снизиться [2]. Ненормальность распределений может приводить к появлению выбросов, которые искажают процесс обучения. Кроме того, несбалансированные распределения классов в задачах классификации вызывают смещение модели в сторону более представленного класса.

Знание распределения данных позволяет:

- применять корректные методы нормализации и стандартизации;
- выбирать устойчивые к выбросам алгоритмы;
- использовать взвешивание наблюдений;
- формировать репрезентативные обучающие и тестовые выборки.

### Оценка распределения данных

На практике истинное распределение данных неизвестно и оценивается по выборке. Существует два основных подхода: параметрический и непараметрический.

Параметрический подход предполагает выбор семейства распределений и оценку его параметров. Например, для нормального распределения оцениваются параметры  $\mu$  и  $\sigma$ .

Непараметрические методы не требуют предположений о виде распределения. К ним относятся гистограммный метод и ядерная оценка плотности. Ядерная оценка плотности определяется формулой

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K \left( \frac{x - x_i}{h} \right)$$

где  $K$  — ядерная функция,  $h$  — параметр сглаживания.

Оценка распределения позволяет выявить асимметрию, мультимодальность и наличие выбросов [3], что является важным этапом предварительного анализа данных.

### Пример применения статистического анализа в задаче машинного обучения

Рассмотрим задачу прогнозирования стоимости недвижимости на основе признаков: площади, количества комнат и возраста здания. Исходный анализ данных показывает, что распределение площади имеет правостороннюю асимметрию и близко к логнормальному распределению.

Без учета данного факта линейная регрессия демонстрирует высокую ошибку на тестовой выборке [4]. Применение логарифмического преобразования признака площади приводит распределение к более симметричному виду и улучшает соответствие предположениям модели.

После преобразования признаков и стандартизации данных среднеквадратичная ошибка модели снижается, а устойчивость к выбросам возрастает. Данный пример демонстрирует, что учет распределения данных напрямую влияет на качество обучения модели.

### Связь распределений данных и обобщающей способности модели

Обобщающая способность модели определяется ее способностью корректно работать на новых данных [5]. Если обучающая выборка не отражает истинное распределение данных, модель может переобучаться и демонстрировать низкое качество на реальных данных.

Использование методов стратифицированной выборки, бутстрэппинга и кросс-валидации позволяет приблизить распределения обучающих и тестовых данных. Дополнительно анализ распределений помогает выявлять сдвиг распределений (distribution shift), который часто возникает при эксплуатации моделей в реальных условиях.

### Заключение

В работе показано, что знание и учет распределения данных являются важным фактором повышения качества моделей машинного обучения.

Статистический анализ позволяет корректно подготавливать данные, выбирать адекватные алгоритмы и интерпретировать результаты обучения. Применение методов оценки распределений и статистических характеристик должно рассматриваться как обязательный этап построения моделей машинного обучения.

#### Список литературы

1 Лаун, Д., Кэмерон, Э. Прикладная статистика и вероятностные модели в инженерии и науках о данных: учебное пособие / Д. Лаун, Э. Кэмерон; пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2021. – 798 с.

2 Бурков, А. Искусственный интеллект и машинное обучение. Простым языком: учебное пособие / А. Бурков. – М.: БХВ-Петербург, 2020. – 256 с.

3 Райт, Д. Б., Лондон, К. Современная статистика для современных наук: учебное пособие / Д. Б. Райт, К. Лондон; пер. с англ. – СПб.: Питер, 2023. – 432 с.

4 Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python: учебное пособие / Ф. Шолле; пер. с англ. – 2-е междунар. изд. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 544 с.

5 Гудфеллоу, И., Бенджио, Й., Курвилль, А. Глубинное обучение : учебное пособие / И. Гудфеллоу, Й. Бенджио, А. Курвилль ; пер. с англ. – М. : ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

## **ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО АДАПТАЦИИ**

**Задорожная А.С., Лапаева М.Г., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Государственно-частное партнерство (ГЧП) — это долгосрочная форма взаимодействия государства и бизнеса для реализации общественно значимых проектов в различных сферах, таких как, инфраструктура, здравоохранение, образование, основанная на объединении ресурсов, распределении рисков и компетенций.

Как демонстрирует международная практика, государственно-частное партнерство служит эффективным инструментом решения задач в сфере инфраструктуры. Оно способствует привлечению частного капитала, обеспечению высоких стандартов обслуживания населения и обладает высоким потенциалом в качестве модели развития объектов инфраструктуры.

Анализ зарубежного опыта применения ГЧП в странах с развитой экономикой выявил как универсальные закономерности, так и национальные особенности. Выявление общих тенденций позволяет оптимизировать российскую практику ГЧП, а учет принципиальных различий необходимо учитывать при разработке национальных стратегий.

Именно поэтому тему научной статьи можно считать достаточно актуальной в современное время, так как исследование позволит выявить не только выявить универсальные принципы успешного ГЧП, но и определить ключевые национальные особенности, обусловленные правовыми, экономическими и институциональными факторами.

В зарубежных странах многие научные авторы дают достаточно схожие определения понятию «государственно-частное партнерство», но несмотря на это имеются достаточно частые расхождения в некоторых аспектах данного термина у научных авторов из разных стран.

Например, в Соединенных Штатах, государственно-частное партнерство понимается как «договорное соглашение между правительством и частной компанией, которое позволяет последней участвовать в той или иной мере в государственной собственности в большем объеме, чем существующая практика». Ключевым условием является сохранение права собственности на объект за государством [6].

В Соединенном Королевстве инструментом для создания государственно-частного партнерства стала Частная Финансовая Инициатива (ЧФИ). В основе этой модели лежит долгосрочный контракт, по которому частная компания проектирует, строит, финансирует и управляет государственным объектом, принимая на себя соответствующие риски. Ключевой особенностью данного

института является привязка вознаграждения частного партнера к фактическим результатам его деятельности и качеству услуг [2, с. 134].

Говоря о государственно-частном партнерстве в Китае, стоит процитировать Ян Чжэнь. В своей научной статье он писал, что «Государственно-частное партнерство в Китае – это находящаяся в процессе постоянной эволюции модель долгосрочного сотрудничества между правительством и социальным (частным) капиталом, направленная на управление объектами общественной инфраструктуры». [4, с. 117].

Далее рассмотрим характерные черты и особенности проектов ГЧП в анализируемых странах.

Говоря о Соединенном Королевстве, стоит отметить следующие особенности реализации проектов ГЧП.

1) Применение модели Частной Финансовой Инициативы. «Великобритания традиционно занимает лидирующие позиции... поскольку инвестиции в данную сферу составляют не менее 7 % от ВВП страны» [3, с. 100];

2) Ориентация на взаимодействие с крупными компаниями. «В Великобритании модель ГЧП ориентирована больше на взаимодействие государства с крупными компаниями, которые могут себе позволить вкладываться в затратные проекты» [3, с. 99];

Теперь рассмотрим ключевые особенности реализации проектов ГЧП в Соединенных Штатах.

1) В США проекты ГЧП практически всегда реализуется только американскими подрядчиками в отличии от стран Евросоюза и Великобритании, где также привлекаются подрядчики из других стран. Данный принцип часто именуется «buy American» [6];

2) При реализации проектов ГЧП в США происходит интеграция с венчурным бизнесом и ориентация на инновации. «Как экономический феномен ГЧП рассматривается в качестве эффективного механизма интеграции инвесторов, бизнеса (прежде всего, венчурного) и государства, направленного на осуществление инновационного процесса» [1, с. 380];

Теперь рассмотрим особенности проектов ГЧП в Китае.

1) Жёсткая вертикаль государственного управления и контроля. «Реализация проектов ГЧП находится под жёстким контролем со стороны государства, которое определяет приоритетные направления и устанавливает правила игры» [5, с. 252];

2) Использование специфического договорного инструмента — франчайзинга. «Основной правовой формой взаимодействия выступает соглашение о франчайзинге, которое определяет права и обязанности сторон на весь жизненный цикл проекта» [5, с. 253];

В таблице 1 предлагается рассмотреть наиболее успешные проекты ГЧП в Китае, США и Великобритании.

Таблица 1 – Наиболее успешные проекты ГЧП в зарубежных странах

Страна	Проект	Краткое описание и ключевой результат
Великобритания	High Speed 1	Строительство первой в Великобритании высокоскоростной железнодорожной магистрали, соединившей Лондон с тоннелем под Ла-Маншем. Частным партнером в данном проекте выступал консорциум London & Continental Railways, который в свою очередь был создан из компаний: Bechtel, Halcrow, Systra и National Express Group.
США	Платная полоса I-495 Capital Beltway	Проект по добавлению платных полос с динамическим ценообразованием на одной из самых загруженных трасс в США. Частным партнером в настоящем проекте был консорциум Capital Beltway Express, LLC, который в свою очередь состоял из двух крупных частных предприятий: Transurban и Fluor Corporation.
Китай	Пекинская линия метро №4	Данный проект один из первых и самых знаковых проектов ГЧП в Китае. Линия была построена к Олимпийским играм 2008 года и стала эталоном эффективности и чистоты благодаря управленческому опыту частного предприятия – MTR Corporation.

На основе представленных особенностей реализации проектов ГЧП в зарубежных странах, а также на примерах успешных проектов ГЧП следует синтезировать рекомендации, которые могли бы способствовать совершенствованию российской системы в сфере ГЧП. Представим их ниже.

1. Внедрение оплаты по результату проведенной работы. Необходимо перенять британский подход, при котором вознаграждение частного партнера привязано к качеству оказанных услуг, а не к факту строительства с целью создания стимула для долгосрочной эффективной эксплуатации объектов.

2. Создание прозрачной цифрового реестра. Исходя из опыта Англии и Китая следует разработать единый реестр проектов ГЧП и стандартные типовые контракты, так как это позволит снизить издержки и риски для инвесторов.

3. Разработка дифференцированной региональной стратегии. Учитывая опыт США, следует попробовать применить разные модели ГЧП для развитых и для отстающих регионов, для выравнивания территориального развития и эффективного использования потенциала каждого.

#### Список литературы

1. Минат В. Н. Государственно-частное партнерство в инновационной деятельности США // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 380–391. <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2021-21-4-380-391>

2. Лосева, А. В. Анализ деятельности государственно-частных партнерств за рубежом / А. В. Лосева // Экономические науки. – 2024. – № 236. – С. 133-144. – DOI 10.14451/1.236.133. – EDN DSZIUA.

3. Ножникова А.Б. Британский опыт государственно-частного партнерства в условиях цифровизации общественной инфраструктуры // Право и управление. XXI век. - 2025. - №21 (3). - С. 98-107.

4. Ян Чжэнь Эволюция и перспективы развития модели государственно-частного партнерства в Китае // Теория и практика общественного развития. - 2025. - №7. - С. 117-123.

5. Стариков А.К. ГОСУДАРСТВЕННО-ПРАВОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНСТИТУТА ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЁРСТВА В КИТАЕ // Право и государство: теория и практика. - 2023. - №11. - С. 251-254.

6. ГЧП в Америке // Стандарты и качество URL: [https://ria-stk.ru/news/keythemes.php?ELEMENT\\_ID=74510](https://ria-stk.ru/news/keythemes.php?ELEMENT_ID=74510) (дата обращения: 16.12.2025).

# СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИСШЕСТВИЙ С ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ И ПОСТРАДАВШИМИ В НИХ ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ РФ

Лебедева Т.В., канд. экон. наук, доцент,  
Еремеева Н.С., канд. экон. наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Высокая смертность и травматизм от ДТП – глобальная проблема, актуальная для многих стран. Её решение требует комплексного статистического анализа.

Снижение числа жертв ДТП достигается за счёт:

- улучшения социально-экономической ситуации в регионах;
- оптимизации работы ГИБДД и медучреждений;
- повышения качества первой помощи при авариях;
- профилактики нарушений ПДД.

Несмотря на достижение целевых показателей проекта «Безопасность дорожного движения» смертность от внешних факторов (включая ДТП) остаётся высокой. ДТП всё чаще становятся причиной травм и смертей по сравнению с иными внешними факторами, особенно в мегаполисах и крупных населённых пунктах. У многих погибших в авариях в крови выявлен алкоголь [1].

Для оценки происшествий с подвижным составом и пострадавшими в них, по федеральным округам РФ в динамике, нами использована официальная информация, представленная на сайте Росстат по следующим показателям [2]:

$Y_1$  – Количество дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими (на 100 000 человек населения, единиц);

$Y_2$  – Число лиц, погибших в дорожно-транспортных происшествиях (на 100 000 человек населения, человек);

$Y_3$  – Число лиц, раненых в дорожно-транспортных происшествиях (на 100 000 человек населения, человек).

Как видно на рисунке 1, в 2000 – 2024 гг. наибольшее число происшествий с подвижным составом наблюдалось в Дальневосточном и Северо-Западном федеральных округах, наименьшее – в Южном и Северо-Кавказском округах.

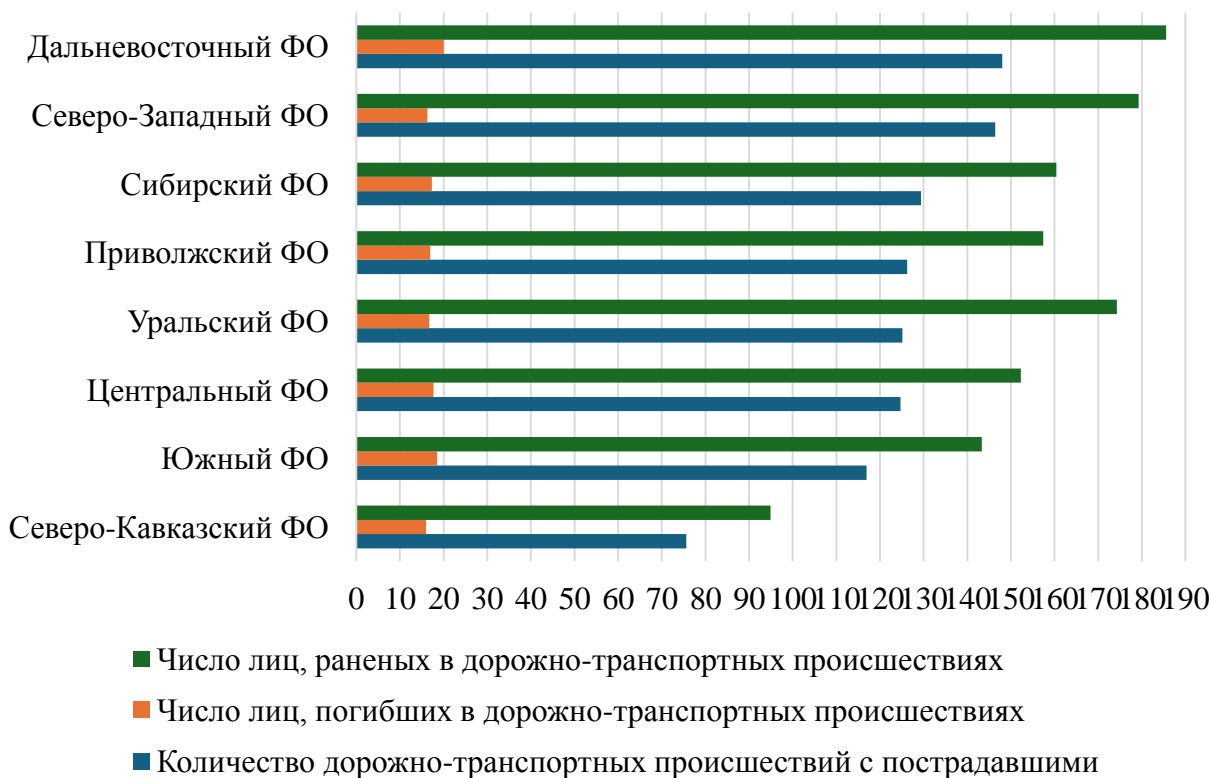


Рисунок 1 – Средние показатели происшествий с подвижным составом и пострадавшими в них по федеральным округам РФ за 2000 – 2024 гг.

Таблица 1 – Средние показатели динамики происшествий с подвижным составом и пострадавшими в них по федеральным округам РФ за 2000 – 2024 гг.

Показатель	Средний абсолютный прирост, ‰/0000			Средний темп роста, %		
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
Российская Федерация	-0,7	-0,4	-0,4	99,3	97,1	99,7
Центральный ФО	-0,9	-0,6	-0,6	99,0	95,9	99,5
Северо-Западный ФО	-1,2	-0,5	-1,0	98,8	96,2	99,2
Южный ФО	-1,0	-0,4	-1,0	99,0	97,7	99,2
Северо-Кавказский ФО	0,1	-0,2	0,5	100,2	98,2	100,7
Приволжский ФО	-0,2	-0,4	0,2	99,8	97,5	100,2
Уральский ФО	-0,8	-0,5	-1,0	99,3	96,8	99,2
Сибирский ФО	-0,3	-0,3	0,1	99,7	97,8	100,1
Дальневосточный ФО	-0,4	-0,3	0,0	99,6	98,2	100,0

Таблица 2 - Результаты аналитического выравнивания показателей происшествий с подвижным составом и пострадавшими в них по федеральным округам РФ за 2000 – 2024 гг.

ФО	Количество дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими (на 100 000 человек населения, единиц)	Число лиц, погибших в дорожно-транспортных происшествиях (на 100 000 человек населения, человек)	Число лиц, раненых в дорожно-транспортных происшествиях (на 100 000 человек населения, человек)
Центральный	$\check{Y}_1 = -0,37t^2 + 6,64t + 119,42$	$\check{Y}_2 = -0,02t^2 - 0,43t + 26,96$	$\check{Y}_3 = -0,53 t^2 + 10,51 t + 131,93$
Северо-Западный	$\check{Y}_1 = -0,49t^2 + 10,27t + 122,94$	$\check{Y}_2 = -0,02t^2 - 0,11t + 22,93$	$\check{Y}_3 = -0,70 t^2 + 15,41t + 133,67$
Южный	$\check{Y}_1 = -0,21t^2 + 3,74t + 113,61$	$\check{Y}_2 = -0,02t^2 + 0,08t + 22,64$	$\check{Y}_3 = -0,28 t^2 + 5,74t + 130,33$
Северо-Кавказский	$\check{Y}_1 = -0,06t^2 + 0,54t + 82,05$	$\check{Y}_2 = -0,05t^2 + 0,84t + 15,18$	$\check{Y}_3 = -0,19 t^2 + 4,89t + 73,02$
Приволжский	$\check{Y}_1 = -0,34t^2 + 7,37t + 101,02$	$\check{Y}_2 = -0,02t^2 + 0,07t + 21,42$	$\check{Y}_3 = -0,46 t^2 + 11,34 t + 111,29$
Уральский	$\check{Y}_1 = -0,27t^2 + 4,93t + 120,95$	$\check{Y}_2 = -0,02t^2 - 0,15t + 23,25$	$\check{Y}_3 = -0,41 t^2 + 6,29 t + 182,25$
Сибирский	$\check{Y}_1 = -0,28t^2 + 5,66t + 117,72$	$\check{Y}_2 = -0,03t^2 + 0,14t + 21,39$	$\check{Y}_3 = -0,40 t^2 + 8,91 t + 132,76$
Дальневосточный	$\check{Y}_1 = -0,36t^2 + 7,39t + 130,16$	$\check{Y}_2 = -0,02t^2 - 0,03t + 25,24$	$\check{Y}_3 = -0,50 t^2 + 11,22 t + 151,01$

Таблица 3 - Результаты экстраполяции тенденции динамики на 2025 год показателей происшествий с подвижным составом и пострадавшими в них по федеральным округам РФ (на 100 000 человек населения, единиц)

ФО	Количество дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими			Число лиц, погибших в дорожно-транспортных происшествиях			Число лиц, раненых в дорожно-транспортных происшествиях		
	Точечный прогноз	Нижняя граница	Верхняя граница	Точечный прогноз	Нижняя граница	Верхняя граница	Точечный прогноз	Нижняя граница	Верхняя граница
Центральный	44,2	12,8	75,5	4,3	0,5	4,3	49,6	28,3	70,8
Северо-Западный	53,3	28,3	78,3	4,2	0,5	7,8	61,1	45,8	76,5
Южный	72,2	59,5	84,9	8,9	6,4	11,4	91,0	82,2	99,8
Северо-Кавказский	54,8	20,6	88,9	6,1	3,7	8,4	72,5	61,8	83,1
Приволжский	76,7	61,9	91,5	6,7	3,8	9,6	96,2	86,1	106,4
Уральский	65,9	42,3	89,4	5,3	2,4	8,2	71,4	46,0	96,8
Сибирский	75,5	55,1	96,0	6,9	3,2	10,6	94,7	80,7	108,6
Дальневосточный	83,0	57,1	108,9	9,5	4,8	14,2	102,4	86,6	118,3

В целом по Российской Федерации наблюдается снижение всех анализируемых показателей в 2000 – 2024 гг. Только в одном федеральном округе наблюдался рост количества дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими на 0,1 ‰ или на 0,2 % в среднем за год, а также рост числа лиц, раненых в дорожно-транспортных происшествиях на 0,5 ‰ или на 0,7 % (таблица 1)

Тенденция динамики количества дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими в федеральных округах РФ аппроксимируются полиномом второй степени. Ошибка аппроксимации не превышает 10 %, что свидетельствует о высокой точности моделей (таблица 2). В остатках отсутствует автокорреляция. Полученные характеристики качества моделей позволяют использовать их для прогнозирования.

При сохранении тенденции наблюдавшейся в 2000 – 2024 гг. в динамике количества дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими, в 2025 году значение показателя в федеральных округах снизится на 14 – 46 % относительно уровня 2024 года; число лиц, погибших в дорожно-транспортных происшествиях в 2025 году – снизится на 27 – 48 % относительно уровня 2024 года; число лиц, раненых в дорожно-транспортных происшествиях – снизится на 15 – 50 % относительно уровня 2024 года (таблица 3).

Наибольшие значения показателей прогнозируются в Дальневосточном и Приволжском ФО.

Результаты статистического анализа и прогнозирования могут использоваться органами регионального и федерального уровня для принятия управленческих решений по организации безопасности дорожного движения в федеральных округах Российской Федерации.

#### Список литературы

1 Паршин, Д. В. Получения и обработки статистических данных по пострадавшим и погибшим в результате дорожно-транспортных происшествий / Д. В. Паршин // Право и государство: теория и практика. – 2022. – № 10(214). – С. 173-175. – DOI 10.47643/1815-1337\_2022\_10\_173. – EDN DHHRZJ.

2 Данные по показателям ЦУР. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/sdg/data>. – 15.12.2025 г.

3 Базанов, С. В. Динамика основных показателей дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими в Ивановской области / С. В. Базанов, Л. В. Потапенко // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 12-5. – С. 643-644. – EDN VKGEYJ.

# АНАЛИЗ ДИНАМИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ТУБЕРКУЛЕЗОМ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Михеева А.Д.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Актуальность исследования определяется тем, что туберкулез продолжает оставаться одной из наиболее значимых инфекционных патологий, оказывающих существенное влияние на состояние общественного здоровья. Несмотря на снижение уровня заболеваемости в Российской Федерации, проблема туберкулеза сохраняет высокую социальную значимость, особенно на региональном уровне.

Особую актуальность представляет статистический анализ динамики заболеваемости туберкулезом, позволяющий выявить устойчивые тенденции, оценить эффективность профилактических мероприятий и сформировать научно обоснованные прогнозы. Оренбургская область является регионом с неоднородной эпидемиологической ситуацией, что обуславливает необходимость детального анализа.

В ходе исследования использованы официальные данные Федеральной службы государственной статистики и органов здравоохранения Оренбургской области за период 2005–2024 гг. Методологической основой послужили методы анализа временных рядов: расчет абсолютных и относительных показателей динамики, критерий серий для проверки наличия тенденции, аналитическое выравнивание (линейный и параболический тренды), адаптивные методы прогнозирования (экспоненциальное сглаживание, модель Холта), а также корреляционно-регрессионный анализ с включением фактора времени.

Ключевые количественные результаты анализа динамики за 2005–2024 гг. представлены в таблице 1. Устойчивая нисходящая тенденция подтверждается средним годовым снижением заболеваемости на 3,4 случая на 100 тыс. населения.

Таблица 1 – Основные показатели динамики заболеваемости туберкулезом в Оренбургской области (2005–2024 гг.)

Показатель	Значение
Средний уровень ряда, случаев на 100 тыс. населения	78,0
Средний абсолютный прирост, случаев на 100 тыс. населения	-3,4
Средний темп прироста, %	-4,3

На рисунке 1 наглядно представлена динамика заболеваемости туберкулезом в Оренбургской области за исследуемый период и аппроксимирующий линейный тренд.

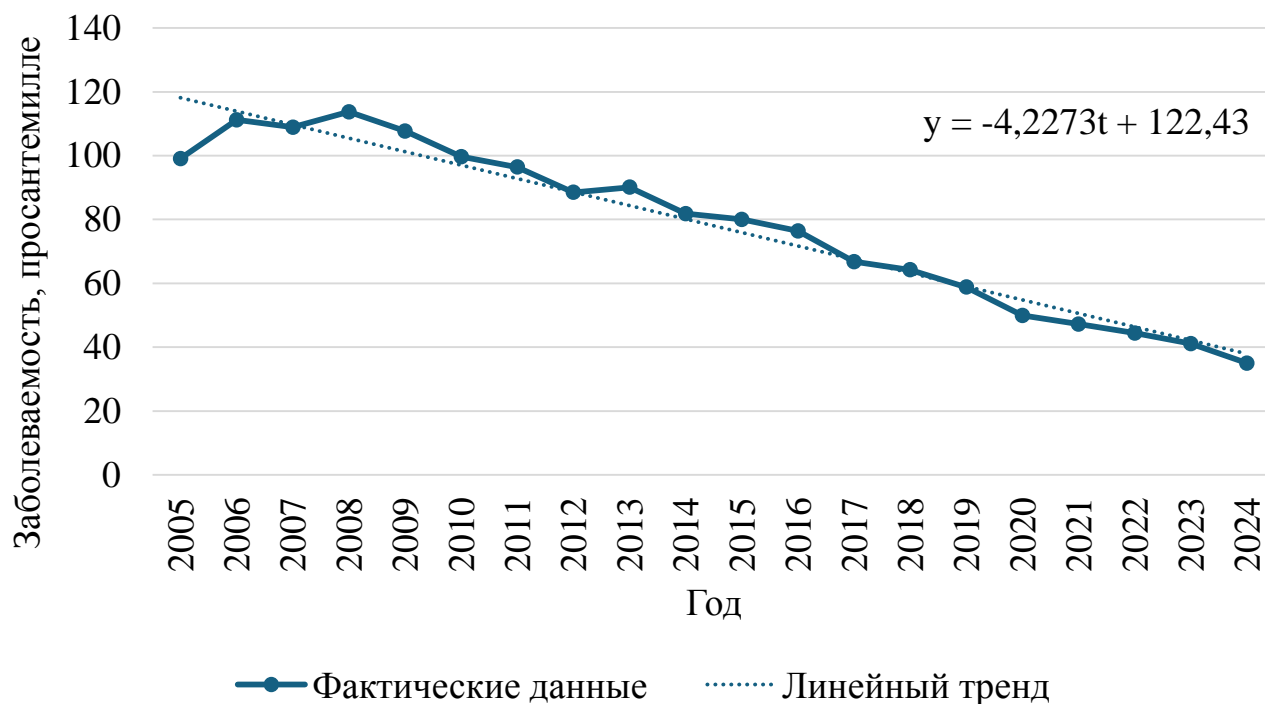


Рисунок 1 – Динамика заболеваемости туберкулезом в Оренбургской области

Для прогнозирования были применены адаптивные методы. Оптимальная модель Холта с параметрами  $\alpha=0,9$  и  $\gamma=0,1$ , учитывающая уровень ряда и тренд, показала высокую адекватность. Результаты прогнозирования уровня заболеваемости на 2025 год разными методами приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Прогноз заболеваемости туберкулезом в Оренбургской области на 2025 год

Метод прогнозирования	Прогнозное значение, случаев на 100 тыс. населения
Экспоненциальное сглаживание ( $\alpha=0,9$ )	37,4
Модель Холта ( $\alpha=0,9, \gamma=0,1$ )	37,9
Регрессия с фактором времени и показателем бедности	40,3

На рисунке 2 представлен график экспоненциального сглаживания ряда и прогноз на 2025 год, построенный по модели Холта.

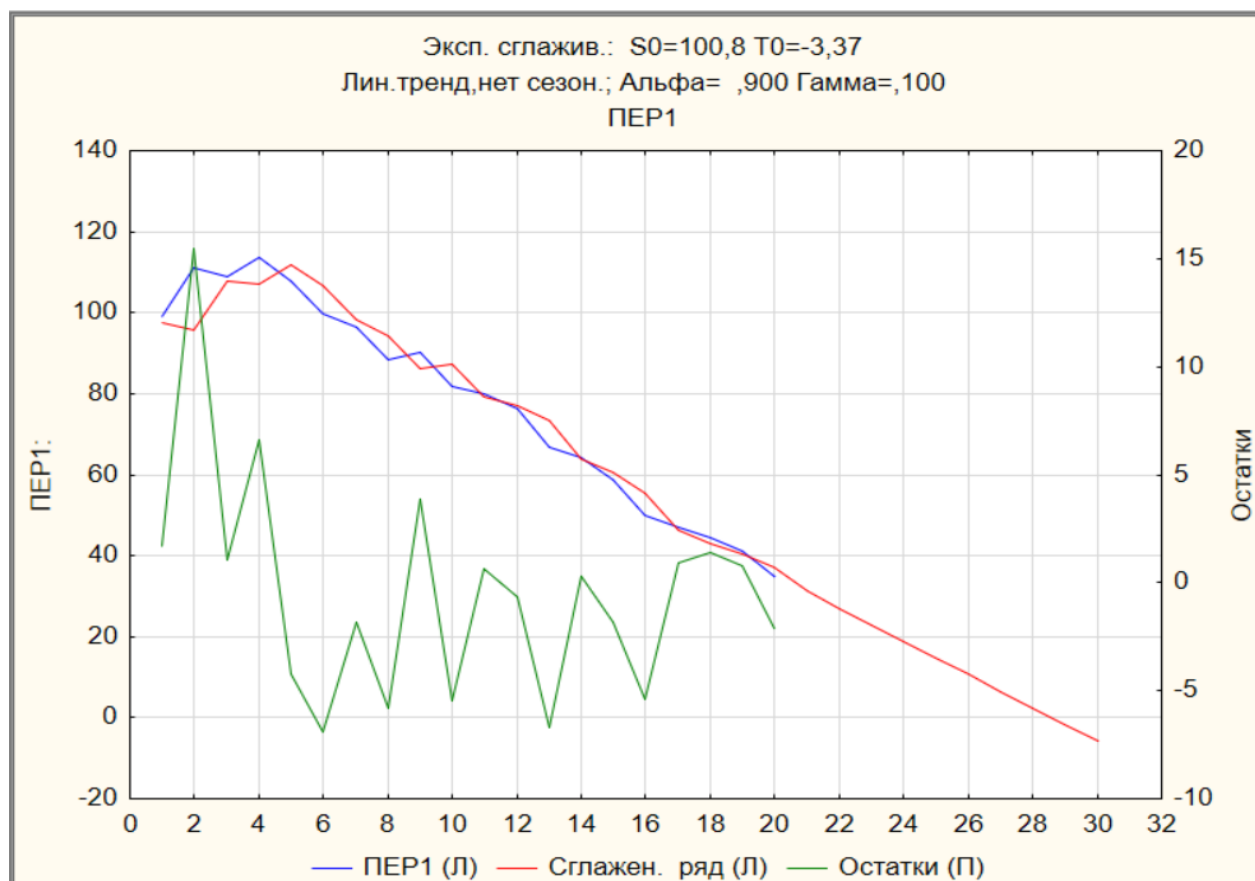


Рисунок 2 – Результаты прогнозирования заболеваемости методом экспоненциального сглаживания (модель Холта)

В исследовании также проанализировано влияние социально-экономического фактора. Была выявлена слабая обратная связь между изменением уровня бедности и заболеваемости (коэффициент корреляции первых разностей  $r = -0,35$ ). Этот, на первый взгляд, парадоксальный результат может объясняться феноменом скрытой заболеваемости, когда низкая обращаемость за медицинской помощью среди социально уязвимых групп приводит к недоучету реального числа случаев в официальной статистике.

Таким образом, проведенный анализ подтверждает устойчивую тенденцию к снижению заболеваемости туберкулезом в Оренбургской области. Полученные прогнозные оценки, находящиеся в диапазоне 37,4–40,3 случаев на 100 тыс. населения, указывают на возможность сохранения положительной динамики. Однако выявленная специфическая связь с социальным фактором свидетельствует о необходимости усиления работы по раннему выявлению туберкулеза среди уязвимых групп населения и повышению доступности медицинской помощи. Результаты исследования могут служить основой для корректировки региональных программ по контролю над туберкулезом и оптимизации распределения ресурсов здравоохранения.

### Список литературы

- 1 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики (Росстат). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>. – 15.11.2025.
- 2 Афанасьев, В.Н. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. – М.: Финансы и статистика, 2010. – 320 с.
- 3 Глотов, М.Б. Эпидемиологический надзор и управление в системе противотуберкулёзной помощи: современные подходы и региональные аспекты / М.Б. Глотов // Проблемы управления здравоохранением. – 2020. – № 5. – С. 45–52.
- 4 Коваленко, В.А. Социально-экономические детерминанты распространения туберкулёза в регионах России / В.А. Коваленко, О.В. Смирнова // Социологические исследования. – 2021. – № 8. – С. 78–86.

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

**Морозова С.Н., канд. экон. наук,  
Фаизова Л.Р., канд. экон. наук, доцент**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Анализ возрастного состава населения представляет собой важный инструмент демографического исследования, позволяющий изучить структуру и динамику изменения численности жителей разных возрастных групп. Такой анализ необходим для планирования социально-экономической политики государства, разработки мер поддержки отдельных слоев населения и прогнозирования будущих изменений в обществе.

Возрастное распределение – распределение населения по возрастным группам, которое позволяет оценить долю различных возрастных категорий в общей численности населения. Это позволяет выявить динамику изменения возрастной структуры населения, а также выявить факторы, влияющие на эту структуру. В таблице 1 представлена возрастная структура населения Оренбургской области на начало 2024 года.

Таблица 1 – Возрастная структура населения Оренбургской области на 01.01.2024 г

	2024	в % к итогу
Все население	1828656	100,0
в том числе в возрасте, лет		
0-4	85858	4,7
5-9	115288	6,3
10-14	126287	6,9
15-19	102506	5,6
20-24	92981	5,1
25-29	92311	5,0
30-34	110918	6,1
35-39	151246	8,3
40-44	141424	7,7
45-49	127490	7,0
50-54	114084	6,2
55-59	113700	6,2
60-64	139310	7,6
65-69	124093	6,8
70 и более	191160	10,5
Из общей численности населения в возрасте:		
моложе трудоспособного	350223	19,2
трудоспособном	1033504	56,5
старше трудоспособного	444929	24,3

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что в структуре населения наибольший удельный вес составляет население в возрасте от 70 лет и старше.

Согласно международным критериям, население считается старым, если доля людей в возрасте 65 лет и более во всем населении превышает 7 %.

Процесс демографического старения населения в гораздо большей степени характерен для женщин. В структуре населения вышеуказанного возраста женщины составляют около двух третей (68,6 %).

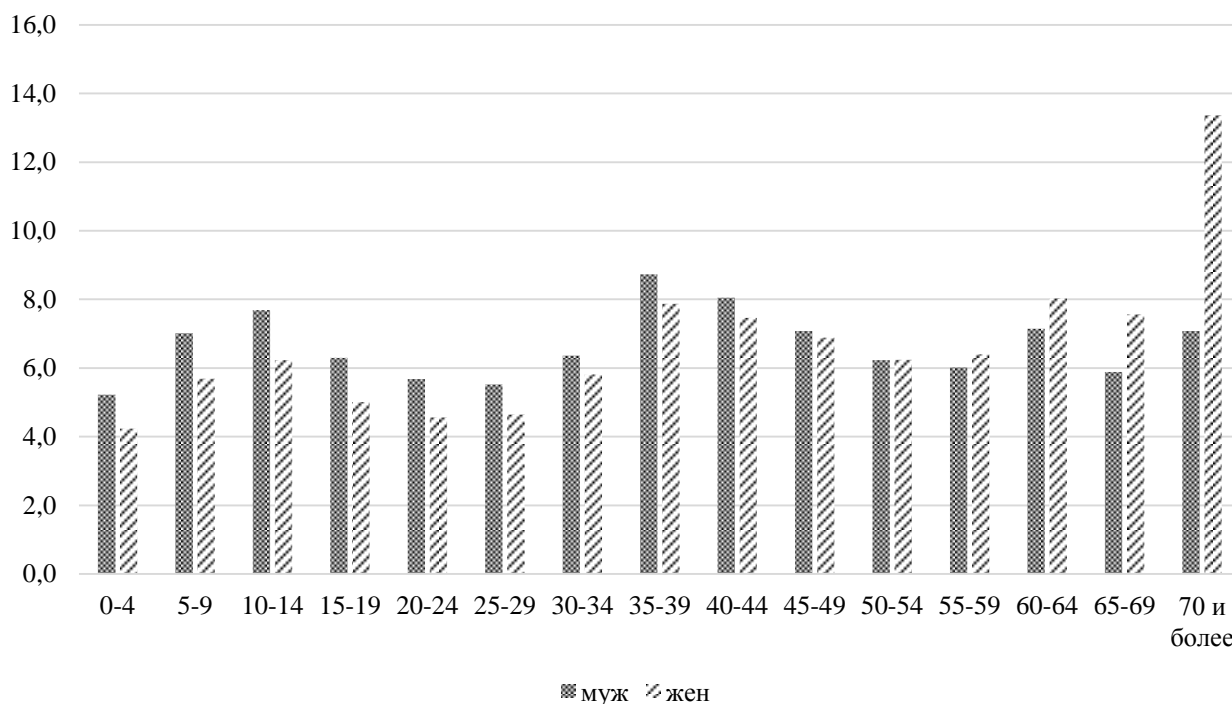


Рисунок 1 – Распределение мужского и женского населения по возрастным группам в Оренбургской области на 01.01.2024 г., в процентах

На основе рисунка 1 можно сделать вывод о том, что доля мужского населения превышает долю женского населения до возрастной группы 55-59 лет. Для Оренбургской области, как и для России в целом, характерно значительное преобладание женщин в старших возрастных группах, что является следствием более высокой мужской смертности в трудоспособном возрасте и большей продолжительностью жизни у женщин.

Одним из показателей, позволяющих оценить динамику изменения возрастной структуры населения и выявить тенденции старения или омоложения населения является средний возраст населения. Высокие значения показателя могут указывать на низкую рождаемость и высокую продолжительность жизни, а низкие - на высокую рождаемость и относительно молодое население.

Анализ динамики среднего возраста населения Оренбургской области за 2017-2024 годы представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели динамики среднего возраста населения Оренбургской области за 2017-2024 годы

	Средний возраст, лет	Абсолютный прирост (цепной), лет	Темп роста, %	Тем прироста, %	Абсолютное значение 1% прироста, лет
2017	39,1	-	-	-	-
2018	39,2	0,1	100,3	0,3	0,391
2019	39,5	0,3	100,8	0,8	0,392
2020	39,7	0,2	100,5	0,5	0,395
2021	39,86	0,16	100,4	0,4	0,397
2022	39,9	0,04	100,1	0,1	0,3986
2023	40,64	0,74	101,9	1,9	0,399
2024	40,9	0,26	100,6	0,6	0,4064
среднее	39,85	0,26	100,65	0,65	

Таким образом, можно сделать вывод о том, что за период с 2017 по 2024 годы средний возраст населения Оренбургской области составлял 39,85 лет, при этом увеличивался ежегодно в среднем на 0,26 лет или на 0,65%.

Динамика среднего возраста населения Оренбургской области за 2017-2024 годы представлена на рисунке 2.

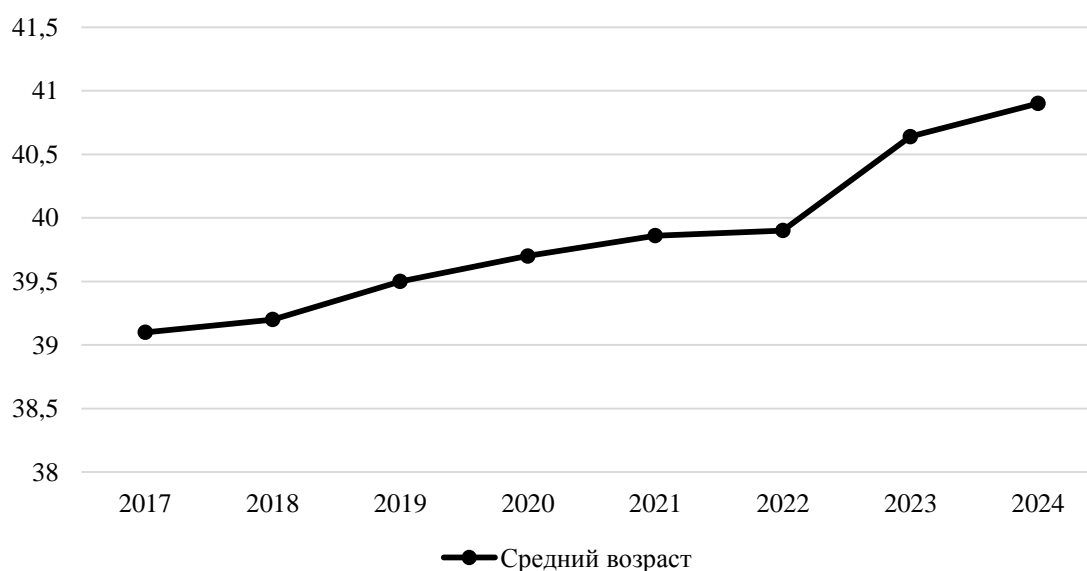


Рисунок 2 – Диаграмма изменения среднего возраста населения Оренбургской области за 2017-2024 годы

За рассматриваемый период средний возраст увеличился на 1,8 лет. Это прямое следствие демографического старения населения, связанное, в первую очередь, с низкой рождаемостью и ростом продолжительности жизни в регионе.

Средний возраст населения в субъектах Приволжского федерального округа на 01.01.2023 г. представлен на рисунке 3.

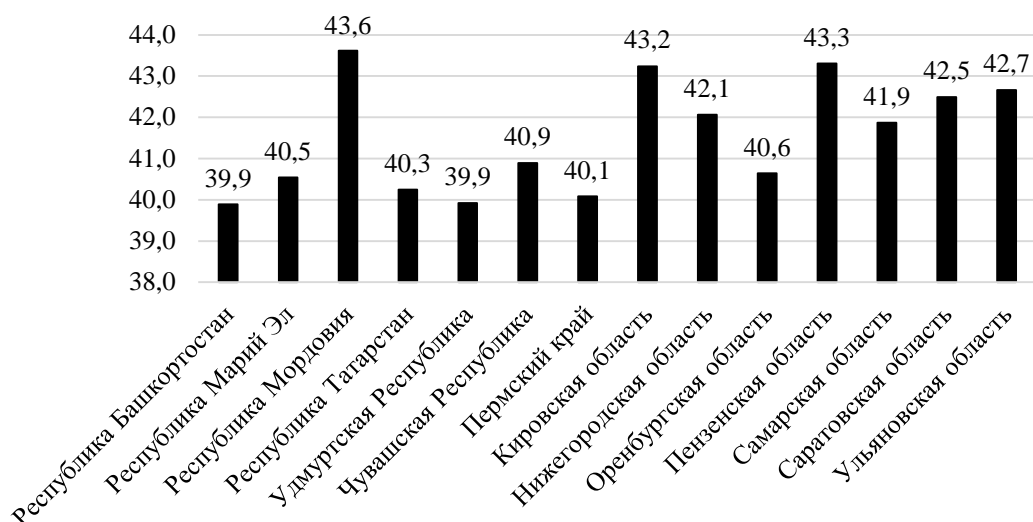


Рисунок 3 – Средний возраст населения в регионах ПФО на 01.01.2023 г.

По данным рисунка 3 можно сделать вывод, что демографически наиболее старыми в ПФО являются Республика Мордовия, Кировская область и Пензенская область. Демографически наиболее молодые - Республика Башкортостан, Удмуртская Республика. Средний возраст населения Оренбургской области на 0,6 лет ниже среднего возраста по ПФО в целом.

Динамика доли населения в общей численности населения по основным возрастным группам - население моложе трудоспособного возраста, население в трудоспособном возрасте и население старше трудоспособного возраста - свидетельствует о регрессивном типе возрастной структуры населения Оренбургской области и высокой нагрузке пожилыми людьми.

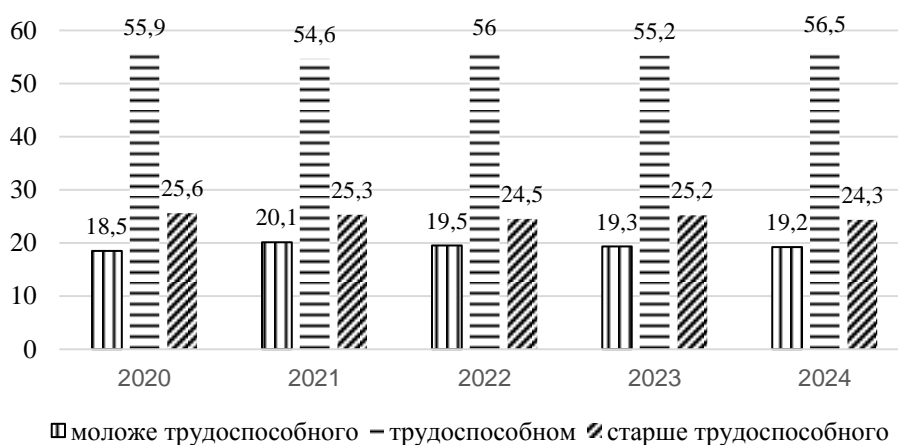


Рисунок 4 – Динамика возрастной структуры населения Оренбургской области по основным возрастным группам за 2020 - 2024 годы

Доля пожилых людей больше 20 % свидетельствует о сокращении населения и растущей нагрузке пожилыми людьми, что может привести к дефициту рабочей силы, росту расходов на социальное обеспечение.

В результате анализа было установлено, что в Оренбургской области преобладает стареющее население. Это связано с низким уровнем рождаемости, увеличением продолжительности жизни и миграционными процессами. Такая демографическая динамика может оказать серьезное влияние на различные сферы общественной жизни, такие как здравоохранение, социальная защита, образование, рынок труда и пенсионная система.

Полученные результаты могут быть использованы для принятия обоснованных решений в области демографической политики, социальной защиты населения, планирования здравоохранения и образования.

#### Список литературы

1. Козлова, О.А. Теоретические основания определения возрастных границ и возрастной структуры населения в контексте демографического старения / О.А. Козлова, О.О. Секички-Павленко // *AlterEconomics*. – 2022. – №3. – С. 442-456.
2. Зинькина, Ю.В. Возрастная структура как фактор будущей динамики численности населения / Ю.В. Зинькина, С.Г. Шульгин // *Народонаселение*. – 2018. – №17. – С. 18-28.
3. Логинова, Н.Н. О демографической ситуации в России: анализ, проблемы и перспективы развития / Н.Н. Логинова, Н.Н. Калмыков, Н.В. Харчикова // *Актуальные проблемы современности: наука и общество*. – 2018. – №3. – С. 3-13.
4. Аверин, А.Н. Демографическая структура Российского населения / А.Н. Аверин, А.В. Понделков, С.А. Стельмах // *Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки*. – 2020. – С. 14-16.
5. Батаев, А.В. Анализ изменения населения Российской Федерации / А.В. Батаев // *Современные аспекты экономики*. – 2019. – №8. – С. 1-5.
6. Русанова, Н.Е. Понятие возраста в демографии и современное старшее поколение / Н.Е. Русанова // *Народонаселение*. – 2013. – №2. – С. 63-70.
7. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>
8. Единая межведомственная информационно - статистическая система [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/emiss>

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШКАФОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**Мостовых Н.С., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

*Аннотация: В статье рассматривается интеграция методов статистического анализа в процессы разработки систем автоматизированного проектирования для шкафов управления и распределения электроснабжения. Доказывается, что использование статистических моделей, основанных на анализе полученных ранее данных проектирования и эксплуатации, позволяет перейти от реактивного к предиктивному и адаптивному проектированию. Особое внимание уделяется применению регрессионного анализа, анализа временных рядов, методов кластеризации и байесовского вывода для оптимизации компоновки, повышения надежности, стандартизации проектных решений и персонализации под требования заказчика. Интеграция данных методов в САПР формирует основу для создания интеллектуальных систем поддержки принятия проектных решений.*

*Ключевые слова: автоматизированное проектирование, САПР, шкафы электроснабжения, статистический анализ, анализ данных, предиктивное проектирование, оптимизация компоновки.*

Современное проектирование сложных технических систем, таких как шкафы электроснабжения, требует перехода от интуитивно-эмпирических решений к решениям, базирующимся на анализе данных. Статистика является не просто «набором цифр и формул», а целостной методологией познания, дающей «логическую последовательность работы с информацией: от сбора и накопления ее первичных единиц до построения и анализа агрегированных показателей, моделей» [1]. Интеграция этой методологии в цикл разработки САПР позволяет формализовать накопленный проектный опыт, выявить объективные закономерности и минимизировать субъективный фактор. Это создает научный фундамент для эволюции САПР в сторону интеллектуальных систем, способных не только фиксировать решения, но и предлагать оптимизированные варианты на основе статистически подтвержденных данных. Следовательно, применение статистической методологии становится ключевым фактором повышения качества, надежности и экономической эффективности проектных решений в электротехнике.

Первый и фундаментальный этап статистической методологии — грамотная организация статистического наблюдения, включающая решение программно-методологических и организационных вопросов. Применительно к

САПР это означает системный сбор и структуризацию исторических данных по завершенным проектам. В наблюдаемую совокупность должны войти не только конечные параметры шкафов (габариты, номенклатура аппаратуры, схемы), но и «метаданные» процесса: время, затраченное на различные этапы проектирования, часто отменяемые или редактируемые решения, запросы к справочным системам, выявленные в ходе монтажа и эксплуатации несоответствия.

Такое комплексное наблюдение, организованное в соответствии с методологическими принципами, позволяет сформировать репрезентативную базу знаний. Таким образом, САПР трансформируется из пассивного исполнителя в активный накопитель эмпирического опыта, создавая основу для последующего статистического анализа массовых проектных решений. Накопленные данные являются исходным материалом для выявления статистических закономерностей, следующий шаг к которым — формализация и проверка выдвигаемых гипотез.

В процессе проектирования постоянно возникают вопросы, требующие количественного обоснования: приводит ли использование определенного типа клеммника к статистически значимому снижению числа монтажных ошибок? Влияет ли выбранный алгоритм автотрассировки на среднюю длину проводников? Для ответа на подобные вопросы необходимо применение аппарата статистической проверки гипотез. Например, можно сформулировать нулевую гипотезу ( $H_0$ ) об отсутствии различий в средней плотности компоновки между проектами, выполненными с использованием традиционного и нового алгоритма САПР.

Используя методы проверки гипотез о генеральных средних или дисперсиях нормально распределенных совокупностей, разработчики и исследователи САПР могут объективно, а не интуитивно, оценить эффективность новых функциональных модулей или изменений в логике программы. Следовательно, внедрение методологии проверки гипотез в жизненный цикл разработки САПР обеспечивает научно обоснованный контроль качества и эффективности нововведений, сводя к минимуму риски внедрения субъективных или ошибочных решений. Полученные статистически подтвержденные знания о взаимосвязях между параметрами проекта служат основой для построения более сложных прогностических моделей.

Ядром интеллектуализации САПР является построение моделей, связывающих входные требования с выходными проектными параметрами. На основе накопленных данных можно построить как парные, так и множественные регрессионные модели. Например, можно количественно оценить силу и вид связи между суммарной установленной мощностью аппаратов, количеством модулей и итоговыми габаритами шкафа (парная или множественная линейная регрессия). Анализ временных рядов позволяет выявить тенденции в изменении требований заказчиков или стоимости компонентов, что критически важно для прогностической аналитики. Таким образом, регрессионные модели, встроенные в САПР, позволяют перейти от ручного

подбора размеров и компонентов к автоматизированному предиктивному проектированию, где система на ранних стадиях с высокой точностью прогнозирует ключевые характеристики объекта, оптимизируя их под заданные критерии. Эти прогностические модели напрямую способствуют повышению надежности конечного продукта.

Надежность шкафа является комплексным параметром, зависящим от надежности компонентов, режимов их работы, условий окружающей среды и качества проектных решений. Статистическая методология предоставляет аппарат для оценки этого параметра. Закон больших чисел обеспечивает устойчивость статистических выводов о вероятности отказов при анализе больших массивов эксплуатационных данных [2].

Используя методы анализа временных рядов и адаптивного прогнозирования, можно моделировать ожидаемые нагрузки на электрооборудование и, соответственно, тепловые режимы. Прогнозирование с помощью ARIMA-процессов может быть применено для анализа динамики отказов определенных типов аппаратов в зависимости от условий. Поэтому интеграция статистических методов прогнозирования в САПР позволяет оценивать и минимизировать риски на этапе проектирования, создавая не просто геометрически корректную, но и статистически обоснованную надежную конфигурацию. Кульминацией применения всей методологии является создание адаптивной системы, способной к самообучению и персонализации.

Для целенаправленного улучшения алгоритмов САПР необходимо применение методологии планирования эксперимента. Например, можно спланировать многофакторный эксперимент для определения оптимального сочетания параметров алгоритма авторазмещения (шаг сетки, приоритеты групп аппаратуры), минимизирующего общую длину проводников [3].

Диалог системы с пользователем также можно оптимизировать, используя непараметрические методы обнаружения взаимосвязей для анализа паттернов поведения проектировщиков и выявления типичных ошибок или предпочтений. В итоге, последовательное применение всего цикла статистической методологии — от наблюдения и проверки гипотез до моделирования и планирования экспериментов — позволяет создать самообучающуюся САПР. Такая система не только автоматизирует рутину, но и адаптируется к специфике отрасли или даже конкретного предприятия, предлагая персонализированные, статистически оптимальные проектные решения, и тем самым замыкает петлю непрерывного улучшения на основе данных.

Таким образом, интеграция единой статистической методологии в процесс разработки и функционирования САПР для шкафов электроснабжения является стратегически необходимым направлением. Этот подход позволяет трансформировать САПР из цифрового чертежного инструмента в интеллектуальную среду, основанную на данных. Реализация полного цикла — от методологически грамотного сбора первичных данных и их анализа с

помощью проверки гипотез, регрессионного и дисперсионного анализа до построения прогностических моделей и планирования экспериментов по совершенствованию системы — формирует прочный научный фундамент для принятия проектных решений. Внедрение этих принципов ведет к созданию адаптивных, самообучающихся систем, которые не только повышают эффективность и качество проектирования, но и способствуют накоплению и формализации ценного инженерного опыта, минимизируя риски и обеспечивая долгосрочную надежность и экономическую эффективность проектируемых систем электроснабжения.

#### Список литературы

1. Карпович, А.В. Машинное обучение и его роль в развитии промышленности / А.В. Карпович // Международный научный журнал «Инновационная наука». - №9-1/2023. – С. 9-12.
2. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и её инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров // Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука". – 1988. – 480 с.
3. Афанасьев, В.Н. Статистическая методология в научных исследованиях: учебное пособие / В.Н. Афанасьев, Н.С. Еремеева, Т.В.Лебедева. – Оренбург, 2024. – 381 с.

# **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПА ДОБРОСОВЕСТНОСТИ В СУДЕБНОЙ ПРАКТИКЕ ПО ДЕЛАМ О ЛИШЕНИИ РОДИТЕЛЬСКИХ ПРАВ**

**Мурадян В. И., Афанасьев В. Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Российская Федерация и её многонациональный народ сегодня находятся перед лицом серьёзных внешнеполитических угроз, имеющих фундаментальное значение для суверенитета, безопасности и будущего страны.

Недружественная позиция со стороны США и блоком НАТО проявляется не только в военно-политической и экономической сферах, но и в целенаправленном информационно-психологическом давлении, направленном на подрыв традиционных ценностей российского общества и продвижение идеологических установок, противоречащих национальным интересам и культурно-историческому укладу Российской Федерации.

Одним из элементов деструктивного внешнего влияния со стороны недружественных государств выступает целенаправленное подрывание института семьи, который традиционно рассматривается как фундаментальная основа общества и носитель ключевых моральных и культурных ценностей. Как справедливо отметил Президент Российской Федерации В. В. Путин, «что утрата традиционных ценностей для России может кончиться потерей идентичности и государственности» [5].

Принцип добросовестности, закреплённый в статье 10 Гражданского кодекса Российской Федерации [2], традиционно ассоциируется с гражданско-правовым оборотом, однако в последние годы он всё активнее проникает в смежные отрасли права, включая семейное.

В контексте укрепления традиционных семейных ценностей, защиты прав и интересов несовершеннолетних данный принцип приобретает особое значение, поскольку напрямую связан с исполнением родительских обязанностей - заботой, воспитанием, обеспечением условий для физического, интеллектуального и нравственного развития ребёнка.

Процедура лишения родительских прав, предусмотрена статьёй 69 Семейного кодекса Российской Федерации [3], и она представляет собой исключительную меру ответственности, применяемую лишь при наличии устойчивого и грубого нарушения родительских обязанностей.

При этом законодатель не указывает прямо на добросовестность как на критерий оценки поведения родителя. Тем не менее анализ судебной практики свидетельствует о том, что суды всё чаще используют данную категорию - явно или имплицитно при принятии решений.

В целях выявления тенденций применения принципа добросовестности был проведён эмпирический анализ 327 решений районных судов общей

юрисдикции, опубликованных в открытых базах данных («КонсультантПлюс», портал ГАС «Правосудие») за период с 2018 по 2024 год [8; 9].

Установлено, что прямые ссылки на «добросовестность» или «недобросовестность» содержатся лишь в 18,3 % рассмотренных дел. В 92 % таких случаев речь шла о недобросовестном поведении ответчика-родителя, в отношении которого рассматривался иск. Наиболее частыми основаниями для такой оценки стали: уклонение от уплаты алиментов без уважительных причин (47%), отсутствие контакта с ребёнком в течение года и более (31%), а также ведение асоциального образа жизни при игнорировании предложений помощи со стороны органов опеки (22%).

Согласно Решению Канавинского районного суда Н.Новгорода от 12.02.2020 истец обратилась в суд с требованием лишить ответчика родительских прав в отношении их несовершеннолетнего сына, рождённого в браке. Брак был расторгнут в 2012 году. С этого времени ребёнок проживает с матерью и находится на её полном иждивении. Ответчик добровольно признал иск и согласился на лишение родительских прав.

Судом установлено, что с 2012 года ответчик фактически не участвует в жизни ребёнка: не интересуется его здоровьем, обучением и развитием, не оказывает материальной помощи, не поддерживает с ним связи. Несмотря на отсутствие препятствий со стороны матери, отец ни разу не проявил инициативы к общению. Единичные встречи в первые годы после развода происходили в состоянии алкогольного опьянения и сопровождались негативным поведением, что вызвало у ребёнка страх и отказ от общения.

Орган опеки и попечительства, а также прокурор поддержали иск, указав, что поведение ответчика свидетельствует о злостном уклонении от выполнения родительских обязанностей, включая уплату алиментов (задолженность на момент рассмотрения дела превышала значительную сумму). Ребёнок, достигший возраста, достаточного для выражения мнения, заявил, что не считает ответчика своим отцом и не желает с ним общаться [4].

Суд пришёл к выводу, что действия ответчика соответствуют основаниям, предусмотренным статьёй 69 Семейного кодекса РФ: он уклоняется от воспитания и содержания ребёнка без уважительных причин. Лишение родительских прав признано необходимым и соответствующим интересам несовершеннолетнего.

Примечательно, что в 81% дел, где суд прямо указал на недобросовестность, было принято решение о лишении родительских прав. Это позволяет сделать вывод о том, что использование данного принципа усиливает обоснованность судебного акта и служит дополнительным аргументом в пользу защиты интересов ребёнка.

В то же время в 81,7% решений термин «добросовестность» не использовался, хотя суды фактически оценивали те же качества: проявление интереса к жизни ребёнка, участие в его воспитании, готовность к конструктивному взаимодействию с другими участниками процесса. Например, формулировки типа «родитель не интересуется обучением и состоянием

здоровья ребёнка» или «не предпринимает шагов для восстановления отношений» по существу отражают критерии добросовестного поведения, однако без прямой юридической квалификации через призму соответствующего принципа. Таким образом, добросовестность уже присутствует в судебной практике как имплицитная категория, но её потенциал используется фрагментарно.

Выявлены и региональные различия в применении принципа. Наиболее активно он используется в Московской (28%), Свердловской (25%) и Новосибирской (22%) областях. В то же время в республиках Северного Кавказа и на Дальнем Востоке прямые ссылки на добросовестность встречаются менее чем в 5% решений, что может быть связано с уровнем методологической поддержки и особенностями правоприменительной культуры.

Особую роль принцип играет в делах, инициированных не другим родителем, а органами опеки или прокуратурой: в таких случаях ссылки на недобросовестность встречаются в 2,3 раза чаще. Представляется вероятным, это объясняется стремлением государственных органов усилить доказательственную базу за счёт морально-правовой оценки поведения родителя.

Учитывая, что статья 38 Конституции Российской Федерации провозглашает семью, материнство, отцовство и детство под особой защитой государства [1], представляется целесообразным рекомендовать судам систематически включать анализ добросовестности в мотивировочную часть решений по делам о лишении родительских прав.

Такой подход позволит повысить качество правоприменения, обеспечить большую предсказуемость судебных решений и сформировать единообразную практику, основанную на современных доктринальных подходах. В перспективе возможно разработать типовые критерии добросовестного родительского поведения - например, регулярное участие в жизни ребёнка, обеспечение доступа к образованию и медицинской помощи, выполнение рекомендаций органов опеки. Это сделает применение принципа более прозрачным и справедливым.

Таким образом, принцип добросовестности, несмотря на отсутствие его прямого упоминания в Семейном кодексе Российской Федерации, органично интегрируется в систему семейного права как инструмент оценки моральной и правовой ответственности родителя. Его систематическое применение способствует реализации конституционного приоритета — наилучшего обеспечения интересов ребёнка и укреплению института семьи как основы российского общества.

#### Список литературы

1. Конституция Российской Федерации: [принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г.: по состоянию на 1 июля 2020 г.] // Российская газета. — 1993. — № 237.

2. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая): Федеральный закон от 30 ноября 1994 г. № 51-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 1994. — № 32. — Ст. 3301.

3. Семейный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29 декабря 1995 г. № 223-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. — 1996. — № 1. — Ст. 14.

4. Решение Канавинского районного суда г. Нижнего Новгорода от 12 февраля 2020 г. по делу № 2-5622/2019 // URL: <https://sudact.ru/regular/doc/7ELVOM7IRvdo/> (дата обращения: 23.01.2026).

5. Путин заявил о важности традиционных ценностей для сохранения государственности // Интерфакс. - 2025. - 15 июня. - URL: <https://www.interfax.ru/russia/1031291> (дата обращения: 15.01.2026).

# **СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ТРУБОПРОКАТНОГО СТАНА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

**Нимыкин И.А., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Трубопрокатное производство относится к числу наиболее наукоёмких и технически сложных направлений металлургической промышленности.

Ужесточение требований к надёжности технологического оборудования, рост стоимости простоев и повышение доли автоматизированных производственных линий обуславливают необходимость пересмотра традиционных подходов к управлению жизненным циклом промышленного оборудования. В этих условиях особую значимость приобретают методы, позволяющие не только фиксировать факты отказов, но и заблаговременно прогнозировать изменение технического состояния оборудования на основе анализа эксплуатационных данных.

Именно поэтому статистическая методология моделирования становится одним из ключевых инструментов повышения эффективности эксплуатации трубопрокатных станов. Эксплуатация трубопрокатных станов осуществляется в условиях высоких механических, тепловых и динамических нагрузок, что обуславливает интенсивные процессы износа основных узлов и агрегатов. Надёжность оборудования в значительной степени определяет как технико-экономические показатели производства, так и стабильность выпуска продукции заданного качества.

В этой связи особую актуальность приобретает разработка методов объективной оценки технического состояния оборудования и прогнозирования его остаточного ресурса.

В настоящее время на большинстве металлургических предприятий планирование технического обслуживания и ремонтов трубопрокатных станов осуществляется на основе нормативных межремонтных интервалов. Данный подход, несмотря на простоту реализации, не учитывает фактические условия эксплуатации оборудования, вариации технологических режимов и индивидуальные особенности деградации отдельных узлов. В результате возрастает доля внеплановых простоев, увеличиваются затраты на ремонт и снижается общая эффективность производственного процесса [1].

Современные тенденции развития промышленного производства ориентированы на внедрение интеллектуальных систем управления техническим состоянием оборудования, основанных на анализе данных эксплуатации и диагностики. В рамках данной концепции особое значение приобретают методы математической статистики и теории вероятностей,

позволяющие формализовать процессы износа и отказов оборудования, а также перейти к состоянию независимому техническому обслуживанию.

Дополнительным фактором, определяющим целесообразность применения статистических методов, является высокая вариативность эксплуатационных условий трубопрокатных станов. Существенные колебания объёмов производства, изменение сортамента продукции и периодические переналадки оборудования приводят к неравномерному распределению нагрузок во времени. В таких условиях использование детерминированных расчётных схем оказывается недостаточным, тогда как вероятностные модели позволяют учитывать неопределённость и случайный характер воздействий, характерных для реального производственного процесса.

Трубопрокатный стан представляет собой сложную иерархическую систему, включающую прокатные клетки, валковые узлы, приводные электромеханические системы, редукторы, подшипниковые опоры, гидравлические и смазочные системы, а также средства автоматического управления. Каждый из перечисленных элементов характеризуется собственными механизмами повреждения, при этом их взаимодействие формирует совокупный процесс деградации оборудования. Отказы отдельных узлов зачастую носят скрытый характер и проявляются лишь на поздних стадиях износа, что существенно усложняет задачи диагностики.

С точки зрения статистического моделирования функционирование трубопрокатного стана может быть описано совокупностью входных, выходных и внутренних параметров. К входным параметрам относятся характеристики заготовки и режимы прокатки, к выходным — показатели качества трубной продукции и производительности. Внутренние параметры отражают техническое состояние оборудования и включают вибрационные сигналы, температурные поля, параметры электроприводов и показатели износа рабочих поверхностей [2].

Накопление больших объёмов разнородных данных, формируемых в процессе эксплуатации стана, требует применения методов предварительной статистической обработки.

На практике существенную проблему представляет неоднородность исходной информации, обусловленная различной частотой регистрации параметров, разной точностью измерительных каналов и периодическими пропусками данных. Для устранения указанных факторов используются методы интерполяции, сглаживания и нормализации временных рядов, что позволяет повысить устойчивость последующих статистических оценок и снизить влияние случайных помех на результаты моделирования. На данном этапе выполняется анализ полноты и достоверности информации, выявление аномальных значений, фильтрация шумовых составляющих и приведение данных к сопоставимому виду. Корректность последующего моделирования в значительной степени определяется качеством данной стадии обработки.

Формирование статистических моделей деградации оборудования предполагает выявление устойчивых закономерностей изменения

диагностических параметров во времени. Для этих целей применяются методы корреляционного анализа, позволяющие определить степень влияния различных эксплуатационных факторов на скорость износа. На основе полученных результатов строятся регрессионные модели, описывающие зависимость диагностических признаков от времени наработки и режимов нагружения.

В условиях нестационарных режимов работы трубопрокатных станов линейные модели зачастую оказываются недостаточно точными. В таких случаях используются нелинейные регрессионные зависимости, позволяющие учитывать условия на заключительных стадиях ресурса. Выбор структуры модели осуществляется с использованием статистических критериев значимости параметров и показателей адекватности аппроксимации [3].

Для перехода от описания процессов износа к количественной оценке надёжности оборудования используются методы теории надёжности.

Особое значение при этом имеет разделение отказов по причинам возникновения, что позволяет выделять деградиционные отказы, обусловленные накоплением повреждений, и случайные отказы, связанные с внешними воздействиями или нарушениями режимов эксплуатации. Такое разделение повышает интерпретируемость статистических моделей и позволяет более обоснованно использовать результаты расчёта остаточного ресурса при планировании технического обслуживания. Анализ статистики отказов и ремонтов позволяет установить законы распределения наработки до отказа для различных узлов трубопрокатного стана. Наиболее универсальным является распределение Вейбулла, параметры которого отражают как интенсивность отказов, так и характер изменения риска отказа во времени [4].

Оценка параметров распределений наработки до отказа осуществляется методами максимального правдоподобия, что обеспечивает получение статистически обоснованных оценок даже при ограниченных выборках данных. На основе полученных моделей рассчитывается остаточный ресурс оборудования, который определяется как условное математическое ожидание времени безотказной работы при заданном уровне диагностических показателей.

Для учёта случайного характера эксплуатационных воздействий и неопределённости технологических режимов применяется стохастическое моделирование. Работа трубопрокатного стана может быть представлена в виде марковского процесса, в котором каждому состоянию соответствует определённый уровень технического состояния оборудования. Вероятности переходов между состояниями определяются на основе статистики эксплуатации и отражают интенсивность процессов деградации.

Имитационное моделирование, реализованное на основе марковских моделей, позволяет исследовать динамику изменения технического состояния оборудования при различных сценариях загрузки стана.

Особый интерес представляет использование имитационных моделей для оценки последствий управленческих решений, связанных с изменением

режимов эксплуатации оборудования. Моделирование сценариев форсированной загрузки или, напротив, снижения производственной активности позволяет заранее оценить влияние таких решений на остаточный ресурс оборудования и риск возникновения отказов.

Таким образом, имитационное моделирование выступает не только инструментом анализа технического состояния, но и средством поддержки принятия решений на уровне производственного управления, обеспечивая взаимосвязь между эксплуатационными показателями и стратегией технического обслуживания. Это даёт возможность оценивать вероятность отказов в заданных временных интервалах, анализировать чувствительность системы к изменению режимов работы и обосновывать оптимальные стратегии технического обслуживания.

Результаты статистического и стохастического моделирования используются при разработке автоматизированных систем планирования технического обслуживания трубопрокатных станов.

В рамках автоматизированного планирования технического обслуживания целесообразно применять многоуровневый подход, при котором стратегические решения принимаются на основе долгосрочных прогнозов остаточного ресурса, а тактические корректировки графиков обслуживания выполняются с учётом текущих диагностических данных. Это обеспечивает адаптивность системы технического обслуживания к изменяющимся условиям эксплуатации и снижает вероятность принятия неэффективных управленческих решений. Алгоритмы таких систем формируют графики обслуживания с учётом текущих оценок остаточного ресурса, критичности оборудования и производственных ограничений. При этом обеспечивается баланс между минимизацией простоев и рациональным использованием ресурса оборудования [5].

Переход к автоматизированному состоянию независимому техническому обслуживанию позволяет существенно повысить надёжность трубопрокатных станов, снизить затраты на ремонт и увеличить срок службы оборудования. Применение статистической методологии моделирования обеспечивает научно обоснованную поддержку принятия решений в области эксплуатации и ремонта металлургического оборудования.

Таким образом, разработка и внедрение статистических моделей работы трубопрокатного стана создают предпосылки для формирования интеллектуальных систем управления техническим состоянием оборудования. Это является важным направлением повышения эффективности и конкурентоспособности современных металлургических предприятий.

#### Список литературы

1. Боровков А.А. Математическая статистика. М.: Наука, 2010.
2. Кузнецов Н.А., Петров В.В. Диагностика и надёжность металлургического оборудования. М.: Металлургия, 2012.
3. Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Высшая школа, 2005.

4. Барлоу Р., Прошан Ф. Теория надежности. М.: Мир, 1984.
5. Montgomery D.C. Introduction to Statistical Quality Control. New York: Wiley, 2019.

# **ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МНОГОАГЕНТНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ В ЗАДАЧАХ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ АНТИТРОМБОТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ**

**Нирян П.Л., Болодурина И.П., д-р техн. наук, профессор,  
Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

На современном этапе развития высокотехнологичной медицины наблюдается качественная трансформация клинической практики, связанная с переходом от жестких алгоритмов к автономным интеллектуальным агентам. Проблема управления системой гемостаза требует внедрения прецизионных инструментов, способных нивелировать риски, связанные с узким терапевтическим окном антикоагулянтов [1]. Для обеспечения безопасности антитромботической поддержки необходима интеллектуальная база, использующая многоагентные системы (MAS), где специализированные подагенты выполняют задачи планирования, поиска и извлечения информации из гетерогенных источников (ЭМК и клинические рекомендации).

В отличие от традиционных СППВР, иерархическая архитектура (Main Agent + 2 Sub-Agents) позволяет изолировать контекст (Context Quarantine), предотвращая смешивание анамнестических данных и нормативных правил, что критически важно для предотвращения галлюцинаций в медицинских задачах [2,3].

В эпоху глобальной цифровизации здравоохранения наблюдается фундаментальный сдвиг в методологии анализа данных: переход от простых количественных подсчетов к глубокому качественному анализу контекста. Традиционные статистические модели часто фокусируются на объеме данных (volume-based), в то время как современные интеллектуальные системы ориентированы на ценность и инсайты (value-based), извлекаемые из неструктурированной информации. Например, благодаря LLM и методам обработки естественного языка (NLP) становится возможной «датафикация» (datafication) заметок врачей, жалоб пациентов и описательных протоколов, что превращает субъективный опыт в структурированные качественные инсайты. Исследования показывают, что ИИ-модели, анализирующие качественные характеристики пациента из ЭМК, переклассифицируют до 50% пациентов с фибрилляцией предсердий по сравнению со стандартными количественными шкалами риска (CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc), выявляя индивидуальные профили, где риск кровотечения перевешивает пользу антикоагуляции [4]. В то время как количественные метрики показывают процент несоблюдения режима терапии, качественный анализ через агентные системы позволяет выявить причины (культурные барьеры, страхи, когнитивные искажения), обеспечивая переход к прецизионному управлению здоровьем.

Процесс функционирования системы описывается как взаимодействие набора агентов  $A = A_H, A_G, A_M$ , где  $A_H$  — агент анамнеза,  $A_G$  — агент рекомендаций, а  $A_M$  — главный агент-синтезатор. Математически работа системы формализуется как композитная функция трансформации.

Пусть  $D_{EHR}$  — неструктурированные данные электронной карты, а  $D_{Ref}$  — база клинических рекомендаций. Тогда работа подагентов описывается как функции извлечения.

1. Агент Анамнеза ( $A_H$ ):  $h = f_H(D_{EHR}, Prompt_H)$ , где  $h$  — структурированный вектор клинических признаков пациента.

2. Агент Рекомендаций ( $A_G$ ):  $g = f_G(D_{Ref}, Prompt_G)$ , где  $g$  — релевантный набор правил и протоколов для конкретной патологии.

Итоговое решение  $R$  формируется Главным Агентом через функцию синтеза:

$$R = f_M(h, g, Prompt_M) \quad (1)$$

Для оценки надежности и согласованности выводов в многоагентных средах применяется коэффициент конкордации Кендалла ( $W$ ) [5], позволяющий математически оценить степень согласия между «мнениями» агентов перед выдачей финальной рекомендации:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (2)$$

где  $S$  — сумма квадратов отклонений оценок,  $m$  — количество агентов (ролей),  $n$  — количество рассматриваемых схем терапии. Значение  $W > 0.7$  свидетельствует о достижении устойчивого консенсуса, что позволяет системе переходить к этапу формирования ответа.

Для оценки силы монотонной связи между оценками агентов и эталонными рекомендациями или между мнениями двух конкретных подагентов, используется Коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $\rho$ ) [6]:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (3)$$

где  $d_i$  — разность рангов для каждого варианта решения.

В силу стохастической и вероятностной природы больших языковых моделей, все вышеуказанные математические вычисления носят пробабилистический и приближительный характер. Они позволяют выявить паттерны «лучше или хуже» и оценить стабильность системы, но не являются абсолютными детерминированными истинами.

Таблица 1 – Формализованные показатели модели многоагентной интеллектуальной системы

Категория	Параметр процесса	Обозначение	Ед. изм.
Входные ( $x_i$ )	Полнота извлечения анамнеза (Recall)	$x_1$	%
	Релевантность рекомендаций (Precision)	$x_2$	score

	Объем контекстного окна	$x_3$	тыс. токенов
	Коэффициент согласованности агентов	$x_4 (W)$	-
Эффекта ( $y_i$ )	Обоснованность решения (Faithfulness)	$y_1$	score
	Время генерации (Latency)	$y_2$	сек
	Частота галлюцинаций	$y_3$	%

Адекватность системы проверяется через минимизацию риска  $y_3$  при сохранении высокого уровня обоснованности  $y_1$ , которая рассчитывается как доля утверждений в финальном ответе, напрямую подтвержденных данными из  $h$  и  $g$ .

Архитектура пайплайна спроектирована по принципу разделения обязанностей (Separation of Concerns), что обеспечивает прозрачность и аудит каждого шага рассуждения [7].

Агент Анамнеза (Clinical History Agent) выполняет роль «цифрового регистратора». Его задача — проанализировать ЭМК и выявить критические переменные риска, например, идентификация падения гемоглобина ( $>2$  г/дл) или снижения скорости клубочковой фильтрации (eGFR), что является предиктором скрытых кровотечений. Также данный агент должен искать данные о полиморфизмах CYP2C9 и VKORC1, определяющих чувствительность к варфарину и проводить расчет базовых рисков по шкалам CHA2DS2-VASc и HAS-BLED на основе найденных диагнозов.

Агент Рекомендаций (Guideline Expert Agent) работает как эксперт по нормативной базе (RAG-модуль), который извлекает из актуальных протоколов (ESC, ACCP, CPIC) специфические правила, например, необходимость снижения дозы ПОАК при весе пациента  $<60$  кг или возрасте  $>80$  лет. Также проверяет совместимости антикоагулянтов с текущей терапией (НПВП, антиагреганты, ингибиторы P-gp). А также данный агент должен предоставлять эталон дозировок варфарина в зависимости от выявленного генотипа.

Главный агент агрегирует данные подагентов. Он использует методы логического вывода (Chain-of-Thought) для сопоставления «пациента» ( $h$ ) и «протокола» ( $g$ ). Финальная рекомендация формируется только при отсутствии логических противоречий между выводами подагентов [8].

Для минимизации сетевых задержек и обеспечения безопасности персональных данных (в соответствии с требованиями МИС и ЕМИАС), многоагентная система развертывается локально (On-premise) или на периферийных узлах (Edge Computing) [9].

Таблица 2 – Требования к аппаратному обеспечению для локального инференса MAS

Компонент	Рекомендуемая спецификация	Обоснование
GPU	2 x NVIDIA RTX 6000 Ada (48GB)	Параллельная работа 3-х LLM-агентов
VRAM	96 ГБ (суммарно)	Хранение весов моделей и KV-кэша для длинного контекста [8]
CPU	AMD Threadripper PRO (32+ ядра)	Обработка PCIe-потоков от нескольких GPU и БД
RAM	256 ГБ ECC DDR5	Работа с большими векторами данных (Vector DB)

Использование платформ типа NVIDIA Clara Holosca [10] позволяет интегрировать ИИ-агентов непосредственно в рабочий процесс, обеспечивая отклик системы в пределах нескольких секунд, что значительно быстрее ручного сбора анамнеза и поиска в руководствах.

Эффективность многоагентного подхода подтверждается через сравнение с традиционными методами и одиночными LLM. Для оценки используется U-критерий Манна-Уитни, позволяющий подтвердить значимость различий в точности и времени работы.

Ключевыми показателями эффективности являются сокращение времени (Time Efficiency) и точность (Diagnostic Accuracy). Например, использование агентной системы снижает время подготовки к визиту с 3:22 до 3:04 минут в среднем, при этом для сложных случаев экономия времени достигает 49 секунд на пациента ( $p < 0.05$ ).

Многоагентные системы демонстрируют точность 90.6–94% на медицинских бенчмарках (MedQA, PubMedQA), в то время как одиночные агенты под нагрузкой теряют точность до 16.6% из-за интерференции контекста.

Таблица 3 – Сравнительная эффективность многоагентной СППВР

Метод	Точность (Acc)	Faithfulness (Обоснованность)	Latency (задержка)
Традиционный CDSS (правила)	74.0%	100% (но ригидно)	< 1 сек
Одиночная LLM (Zero-shot)	56.9%	68.0%	5–10 сек
MAS (Main + 2 Sub-agents)	90.6–94.0%	93.0–97.0%	15–25 сек
Врач + MAS	98.4%	99.0%	-

Система гарантирует полную трассируемость (Traceability): каждая рекомендация главного агента сопровождается ссылками на конкретные фрагменты анамнеза (от Подагента 1) и пункты рекомендаций (от Подагента 2), что подтверждается коэффициентом согласия Каппа Коэна на уровне 0.94.

Переход к многоагентной архитектуре в определении схем антиромботической терапии позволяет математически формализовать процесс врачебного консилиума. Использование специализированных агентов для сбора анамнеза и анализа гайдлайнов решает фундаментальную проблему LLM — потерю точности при работе с большими объемами разнородных данных.

Математическое обоснование через функции извлечения и синтеза, подкрепленное расчетом консенсуса (Kendall's W), обеспечивает высокий уровень доверия к системе. Статистическая валидация подтверждает, что такая синергия подагентов под управлением главного оркестратора не только повышает точность диагностики до 94%+, но и радикально оптимизирует временные ресурсы врача, обеспечивая персонализированный и безопасный подход к каждому пациенту в режиме реального времени.

#### Список литературы

1. Системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР): что это, функции, примеры [Электронный ресурс] // SberMedAI. – URL: <https://sbermed.ai/sistemy-podderzhki-prinyatiya-vrachebnykh-resheniy> (дата обращения: 20.01.2026).
2. Johnson, J. A., Gong, L., Whirl-Carrillo, M., Gage, B. F., Scott, S. A., Stein, C. M., Anderson, J. L., Kimmel, S. E., Lee, M. T., Pirmohamed, M., Wadelius, M., Klein, T. E., Altman, R. B. Clinical Pharmacogenetics Implementation Consortium Guidelines for CYP2C9 and VKORC1 Genotypes and Warfarin Dosing // *Clinical Pharmacology & Therapeutics*. – 2011. – Т. 90. – № 4. – С. 625-629.
3. ЕМИАС: что это, функции и выгода для клиники, гайд по внедрению для бизнеса [Электронный ресурс] // KORUS Consulting. – 2024. – URL: <https://korusconsulting.ru/infocenter/emias-edinaya-meditsinskaya-informatsionno-analiticheskaya-sistema/> (дата обращения: 20.01.2026).
4. AI Model Recommendations: AFib Treatment [Electronic resource] // U.S. Pharmacist. – 2024. – URL: <https://www.uspharmacist.com/article/ai-model-recommendations-afib-treatment> (дата обращения: 20.01.2026).
5. Lechien, J. R., Dejonckere, P. H., Espitalier, F., Vanaudenaerde, S., Hans, S. Validity and reliability of an instrument evaluating the performance of intelligent chatbot: the Artificial Intelligence Performance Instrument (AIPI) // *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*. – 2024. – Т. 281. – № 4. – С. 2063-2079.
6. Технические требования к оборудованию для работы МИС «ИНФОКЛИНИКА» / «ИНФОДЕНТ» [Электронный ресурс] // Smart Delta Systems. – URL: <https://www.medis-plus.ru/downloads/TRS.pdf> (дата обращения: 20.01.2026).
7. Vilas Boas, M., Maciel, N. P., Trevisan, D. F., Iano, Y. Unveiling

Consistency and Reliability in AI Chatbots: A Comprehensive Attribute Consistency Analysis [Electronic resource] // SSRN Electronic Journal. – 2024. – URL: <https://ssrn.com/abstract=4693839> (дата обращения: 20.01.2026).

8. Siniscalchi, C., Auricchio, A., De Lucia, R., Di Serafino, L., Esposito, G. Remote Monitoring Model Based on Artificial Intelligence to Optimize DOAC Therapy: A Working Hypothesis for Safer Anticoagulation // Medicina (Kaunas). – 2025. – Т. 61. – № 11. – Art. 1982.

9. Ranschaert, E. R., Morozov, S., Algra, P. R. Artificial Intelligence in Medical Imaging: Opportunities, Applications and Risks [Electronic resource] // Springer International Publishing. – 2019. – URL: [http://repo.darmajaya.ac.id/4143/1/Artificial%20Intelligence%20in%20Medical%20Imaging\\_%20Opportunities%2C%20Applications%20and%20Risks%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf](http://repo.darmajaya.ac.id/4143/1/Artificial%20Intelligence%20in%20Medical%20Imaging_%20Opportunities%2C%20Applications%20and%20Risks%20%28%20PDFDrive%20%29.pdf) (дата обращения: 20.01.2026).

10. Deploying AI-Accelerated Medical Devices with NVIDIA Clara Holoscan [Electronic resource] // NVIDIA Technical Blog. – 2022. – URL: <https://developer.nvidia.com/blog/deploying-ai-accelerated-medical-devices-with-nvidia-clara-holoscan/> (дата обращения: 20.01.2026).

# **ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**Орлова Е.В., Боровский А.С., д-р техн. наук, профессор,  
Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Доходы высших учебных заведений находятся под влиянием множества факторов, как внутренних, так и внешних. Внешние факторы включают макроэкономическое положение государства, демографию, технологический прогресс и международные условия [1]. Внутренние же факторы связаны с качеством образовательной среды, эффективностью управленческих решений и способностью привлечь и удержать студентов и исследователей [2]. Эти два направления взаимозависимы: изменение условий внешней среды оказывает прямое воздействие на доходы университета, тогда как уровень последних определяет возможности вуза управлять собственными внутренними процессами и адаптироваться к внешним изменениям.

Цель данной работы заключается в изучении механизма влияния внешних и внутренних факторов на доходы университетов, а также в определении путей оптимизации финансовых потоков, позволяющих университетам успешно функционировать даже в условиях нестабильной внешней среды.

Одним из важных факторов является макроэкономические и политические факторы. Государственное финансирование играет ключевую роль в доходах большинства российских университетов. Сокращение бюджетных ассигнований снижает финансовую устойчивость учреждений, вынуждая их искать дополнительные пути монетизации [3].

Законодательные изменения, такие как внедрение новых стандартов качества образования (ФГОС), требуют инвестиций в обновление инфраструктуры и кадровых ресурсов, влияя на финансовые показатели.

Следующим не маловажным фактором является демография и социальные условия жизни. Количественный состав молодежи существенно влияет на численность потенциальных студентов, особенно в регионах с низкой рождаемостью. Вузы вынуждены бороться за ограниченный контингент, что увеличивает затраты на маркетинговую деятельность и приемные мероприятия. Тенденции социального сознания относительно престижа отдельных специальностей и профессионального статуса оказывают влияние на выбор студентами тех или иных программ, соответственно формируя доходы учебного заведения.

В настоящее время идет бурное развитие технологий. Поэтому распространение онлайн-курсов и развитие дистанционного образования создают новые рыночные ниши, открывают доступ к новым источникам

дохода, однако одновременно усиливают конкуренцию среди традиционных вузов и коммерческих образовательных онлайн сервисов. Рынок образовательных услуг характеризуется высокой степенью конкуренции: появление зарубежных университетов, открытых площадок для сертификации значительно усложняет привлечение студентов и корпоративных заказчиков.

Еще одним внешним фактором является ограничения международного сотрудничества вследствие санкций приводят к сокращению числа иностранных студентов, уменьшению объема грантовых проектов и снижению участия отечественных вузов в крупных межнациональных проектах.

Кроме внешних источников влияния есть еще и внутренние. Давайте рассмотрим их более подробно. Репутация вуза является одним из важнейших активов. Высокий рейтинг способствует привлечению качественных кадров, повышению интереса со стороны студентов и организаций-заказчиков, увеличивая таким образом общий объем поступлений. Уровень подготовки профессорско-преподавательского состава, качество предоставляемых образовательных программ и наличие современных лабораторий и технологий непосредственно сказываются на привлекательности вуза и размере поступления средств от платных форм обучения и прикладных заказов.

Управление финансовыми ресурсами включает рациональное использование бюджета, минимизацию издержек и диверсификацию доходов путем расширения спектра коммерческих предложений (образовательные услуги, научные разработки, консалтинг и др.).

Структура доходов должна учитывать риски, возникающие из-за зависимости от государственных субсидий, и стремиться развивать альтернативные источники пополнения бюджета.

Грамотная организация процесса привлечения студентов позволяет повысить наполняемость курса и получать дополнительный доход от платного обучения. Важно обеспечивать качественное сопровождение кандидатов на всех этапах отбора и интеграции в образовательную среду.

Сервисные компоненты (хорошее жилье, развитая инфраструктура кампуса, цифровизация процессов) формируют позитивный имидж вуза и способствуют росту заинтересованности будущих обучающихся.

Таким образом современные высшие учебные заведения испытывают значительные трудности, обусловленные растущими масштабами управления, увеличением объемов данных и отсутствием эффективной координации между различными функциональными подразделениями. Использование традиционных методов управления становится экономически неоправданным ввиду невозможности обеспечить требуемый уровень эффективности и оперативной обработки разнообразной информации. Это подчеркивает необходимость внедрения инновационных подходов, основанных на применении цифровых технологий и искусственного интеллекта.

Одним из передовых инструментов, способствующих решению обозначенных проблем, являются интеллектуальные многоагентные системы, использующие принципы нечёткой логики. Данные системы обладают

возможностями эффективного анализа больших массивов структурированных и неструктурированных данных, принятия решений в условиях неполной определенности и неоднородности критериев, что критически важно для успешного функционирования современного образовательного учреждения.

#### Список литературы

1. Гаранин М. А., Максименко А. Ю. Интеллектуальная система управления образовательной программой // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14. – №. 7. – С. 3993-4010.

2. Ермакова Т. Н. Методы и информационные модели эффективного управления образовательными системами // Новые информационные технологии в научных исследованиях. – 2016. – С. 17-18..

3. Каптерев А. И., Ромашкова О. Н., Чискидов С. В. Опыт применения факторного и кластерного анализа в цифровой трансформации образования // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2022. – №. 4 (62). – С. 29-43.

## **КАТЕГОРИАЛЬНО-СИСТЕМНЫЙ МЕТОД НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ «ПЕНТАГРАММА У-СИН»**

**Ревтова Е. Г., канд. экон. наук**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Оренбургский государственный университет»**

В современном научном мире очень много аналитических методов исследования, использующих эмпирические данные и мало синтетических методов, основанных на объединении отдельных элементов (компонентов), свойств (качественных характеристик) исследуемого объекта в единое целое для получения целостного представления о нем.

Предметом исследования выступают категориальные методы научного исследования. Цель исследования – объяснить встроенную технологию научного метода «Пентаграмма у-син». Гипотеза исследования предполагает, что категориальные методы научного исследования способны повысить уровень методологического мастерства диссертанта, сократить время для написания диссертации и повысить ее качество за счет надежных результатов, обладающих научной новизной.

Методология исследования. Категориальные методы научного исследования изложены в методологии, разработанной В.И. Разумовым [1]. В ее основе лежат научные методы категориально-системного мышления, категориальные схемы и конструкции. Категориально-системная методология в отличие от других методологий работает с категориями. Категории – это особые познавательные единицы, используемые исследователем для организации своего мышления об объекте, характеризующие его природу, суть и сущность. То есть категориальные методы дают возможность познать сущностный уровень вещей объективного мира, самое главное и фундаментальное в объектах окружающего мира, то что является природой этих объектов. В категориально-системной методологии природное, сущностное, фундаментальное называется качеством объекта. Качество – это начало, конструирующее реальный объект, представляющее собой нечто, что позволяет охарактеризовать его как объект целостный, особенный (обособленный, отдельный), существующий в данных обстоятельствах и в данной среде, со всем богатством его свойств и прогнозируемых изменений [2]. Категориальные методы научного исследования позволяют разработать универсальные модели очень высокого уровня абстрагирования, только благодаря тому, что осуществляется поиск самого существенного и фундаментального в объекте. И поэтому эти научные методы носят универсальный характер. Их применение можно наблюдать в математике, физике, логике, в инженерных и социально-гуманитарных науках [3-5].

Результаты исследования. На рисунке 1 а) представлена схема метода «Пентаграмма у-син», а на рисунке 1 б) представлен научный результат применения этого метода в исследовании кредитной системы России.

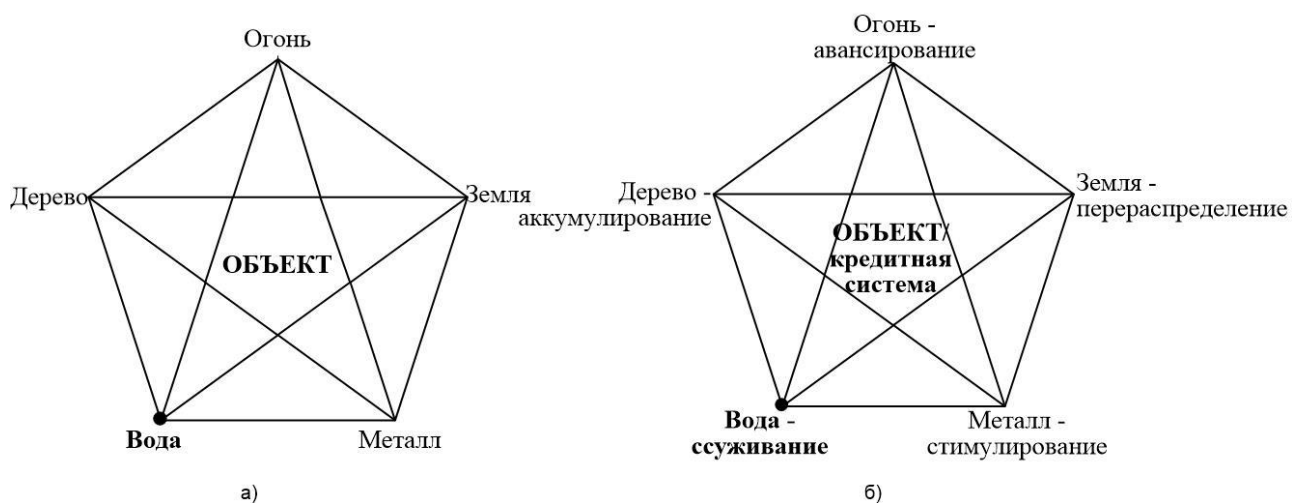


Рисунок 1 – а) Схема метода «Пентаграмма у-син», б) Модель кредитной системы России, в категориях «Пентаграммы у-син»

Этот метод базируется на философском представлении о том, что мир и его объекты являются результатом смешения первоэлементов (вода, дерево, огонь, земля, металл), но в разных пропорциях. То есть любой исследуемый объект может быть представлен в виде пентаграммы и интерпретирован в ее терминах [2].

Вода – начальный компонент, недифференцированное состояние объекта, бесформенный источник множества форм.

Дерево – расцвет объекта, его выход из внутреннего состояния во внешнюю среду, начало динамичного развития.

Огонь – самый активный и самый ресурсозатратный компонент пентаграммы.

Земля – компонент пентаграммы, выступающий в качестве оси баланса начал Инь и Ян.

Металл – итоговый, завершающий компонент.

Все компоненты пентаграммы расположены в порядке цикла порождения, начиная с начальной точки – точки зарождения – компонента «Вода».

Технология научного исследования следующая:

- на первом этапе осуществляем поиск в объекте однородных компонентов или атрибутов (качеств, характеристик, свойств, состояний и др.), позволяющих соотнести их с вершинами пентаграммы;

- на втором этапе выделяем среди них компонент (атрибут), соответствующий компоненту схемы «Вода» и далее другие компоненты

объекта располагаем в закономерной (логической) последовательности их возникновения (формирования);

– на третьем этапе описываем компоненты объекта в соответствии с характеристиками первоэлементов и описываем цикл взаимного порождения;

– на четвертом этапе выявляем в объекте внутрисистемный ресурс, циркулирующий между компонентами;

– на пятом этапе описываем отношения взаимной поддержки и взаимного ограничения компонентов в объекте;

– на заключительном этапе интерпретируем полученный результат и решение обеспечивающее баланс между механизмами поддержки/ограничения в объекте.

Выводы. Разработанная модель кредитной системы, в категориях «Пентаграммы у-син» для описания механизма ее функционирования вносит вклад в развитие теории исследуемого объекта и позволяет сделать научное представление о нем более полным и адекватным, существующему в объективной реальности. Также результаты настоящего исследования вносят вклад в развитие методологии исследования кредитной системы, в частности, в решение проблем выбора продуктивных методов исследования её функционирования и развития. Результаты исследования кредитной системы России могут быть использованы в дальнейшем при разработке концепции управления её формированием и развитием, а также при описании программы её развития с учётом конкретных условий, целей и задач.

#### Список литературы

1 Разумов В. И. Категориально-системная методология в подготовке ученых. – Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2004.

2 Боуш Г. Д., Разумов В. И. Методология научного исследования (в кандидатских и докторских диссертациях). – М.: ИНФРА-М, 2020.

3 Боуш, Г. Д. Кластеры в экономике: научная теория, методология исследования, концепция управления : монография / Г. Д. Боуш. – Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2013.

4 Ревтова, Е. Г. Кредитная система в категориально-системном представлении / Е. Г. Ревтова // Финансы: теория и практика. – 2025. – Т. 29, № 6. – С. 132-147. – DOI 10.26794/2587-5671-2025-29-6-1476-02.

5 Ревтова, Е. Г. Конструирование понятийного аппарата предметной области «кредитная система» / Е. Г. Ревтова // Сибирская финансовая школа. – 2025. – № 1(157). – С. 44-54. – DOI 10.34020/1993-4386-2025-1-44-54.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЦЕНТРА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

**Рыжков К.В., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Оренбургский государственный университет»**

В наше время информационные технологии получили небывалое развитие и распространение во всем мире. Данные технологии начали интегрироваться во все области жизни современного человека. От простейших вещей до больших корпоративных систем. Все это активно стало использоваться от небольших до крупных компаний и организаций для своих нужд либо для получения финансовой выгоды.

Раньше организациям для создания информационных систем приходилось выделять серверные, для которых нужно было специальное пространство, выделенное для этих нужд, которое включало необходимое место для размещения серверных стоек и шкафов, температурные датчики, специальные промышленные кондиционеры для охлаждения оборудования, аппаратная часть (серверная, сетевая, иные) и многое другое. Все эти затраты тяжело сказывались на финансовой части предприятия, что привело к созданию центров обработки данных.

Они предназначены для индивидуального использования или сдачи в аренды организациям подготовленного пространства с возможностью размещения своего оборудования или использования предоставляемого, которые обеспечивают бесперебойную работу информационных систем. Актуальность разработки автоматизированной системы возникла в связи с несколькими факторами: увеличение объемов хранения и обработки данных в информационных системах; для гибкого управления инфраструктурой; обеспечение надежности и отказоустойчивости; эффективное использование вычислительных ресурсов [4].

Услуги, которые предоставляют современные центры обработки данных можно разделить на несколько категорий [1].

- Аренда стойко-место и размещение оборудования (colocation). Стандартная услуга, которую предоставляют центры обработки данных, в ходе условий клиент получает шкаф, в котором он может разместить свое оборудование либо разместить арендованное оборудование у владельцев центра;

- Аренда оборудования (выделенная инфраструктура). Под арендой понимается предоставление клиенту в пользование серверного оборудования для личных нужд исключая совместное использование оборудования несколькими клиентами;

- Аренда виртуальной машины (виртуальная инфраструктура). Клиент получает виртуальную машину с выделенными определенными ресурсами

(процессор, оперативная память, жёсткий диск), на каждом сервере может находиться десятки, сотни и тысячи виртуальных может, которые делят ресурсы физического сервера;

- Получение IAAS. Клиент получает всю необходимую инфраструктуру для того чтобы с нуля настроить собственное приложение или решение.

- Получение SAAS. Клиент получает полностью настроенное и готовое к работе приложение, сайт или решение для выполнения собственных задач.

Все основные категории услуг современных центров обработки данных (далее – ЦОД) представлены на рисунке 1.

### Типовые услуги ЦОД:

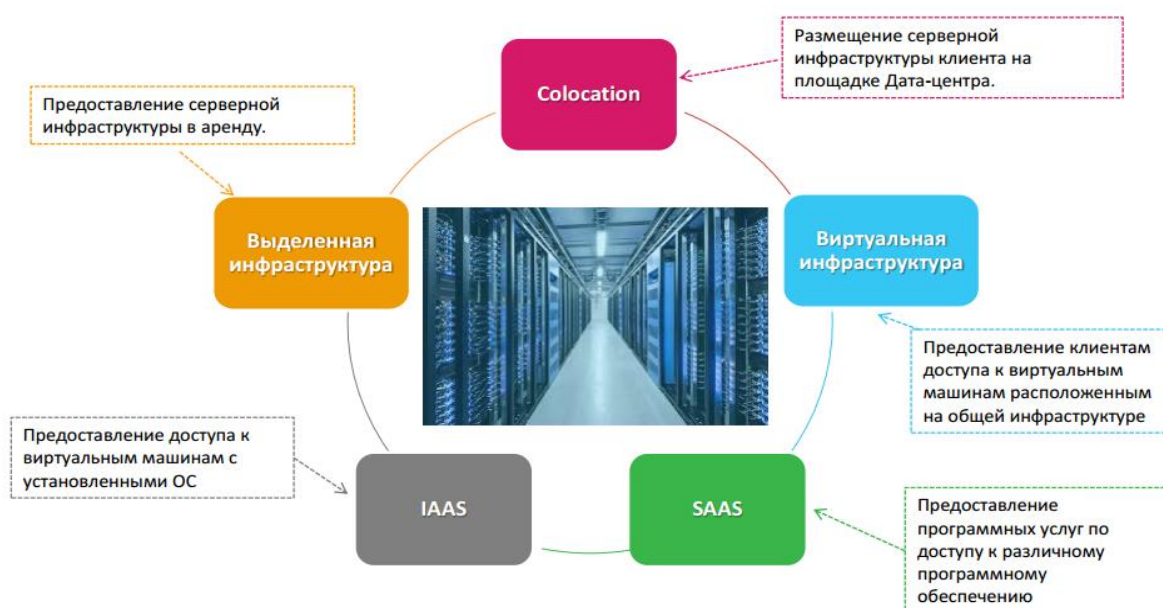


Рисунок 1 - Типовые услуги ЦОД

Для обеспечения полноценной работы, включающей надежность и отказоустойчивость необходимо большие полноценные вложения в построения грамотной системы ЦОД. Система представляет собой модульную структуру. Она включает в себя две основные области: программную и аппаратную.

Для аппаратных ресурсов необходимо задействовать источники бесперебойного питания, дизельные генераторы на случай выхода основных источников подачи питания, систему кондиционирования и охлаждения включающую использование горячей и холодной стороны, фальшпол для быстрого и комфортного вскрытия полов с целью осуществления экстренного или планового проведения дополнительных коммуникаций и телекоммуникацией между шкафами с оборудованием [2]. Внутри стоек располагаются коммутаторы для построения локальной сети, серверы для работы в одиночном режиме, так и в кластерном, система хранения данных необходимая для безопасного и надежного хранения данных и доступа.

Комплексная схема ЦОД представлена на рисунке 2.

Система управления											
Инвентаризация ресурсов			Мониторинг производительности и планирования ресурсов			Регистрация и устранение неисправностей		Управление качеством ИТ-сервисов			
Централизованное управление инфраструктурой ЦОД											
Решения информационной безопасности											
Система хранения данных					Серверный комплекс			Сетевая инфраструктура			
Управление хранением	Сеть хранения данных	Дисковые массивы	Виртуализация хранения	Система резервного копирования и аварийного восстановления данных	RISC-серверы			Локальные вычислительные сети	Решения доступа	Частные виртуальные сети	Решения сетевого управления
					Серверы стандартной архитектуры						
					Блейд-серверы						
					Виртуализация ресурсов						
					Кластерные системы						
Инженерные системы эксплуатации											
Система электроснабжения		Система кондиционирования		Автоматизированная система диспетчеризации и управления		Структурированная кабельная система		Защищенные помещения	Система обнаружения пожара и газового пожаротушения		

Рисунок 2 - Комплексная схема ЦОД

В программной части можно отметить использование ПО для создания среды виртуализации. Среда может быть, как гипервизором первого типа, так второго и гибридного. В виртуальной среде уже можно выделить ресурсы с сервера (железа) для создания виртуальных машин. При их создании происходит выделение оперативной памяти, место для диска и количество используемых ядер и образ операционной системы (windows, linux и др.). После развертывания виртуальной машины происходит настройка основных сетевых служб, инфраструктурный сервисов, служб мониторинга, резервного копирования, служб сбора журналов событий, антивирусная защита и др. [3].

Структурная схема ЦОД с изображением аппаратных и программных ресурсов отображена на рисунке 3.

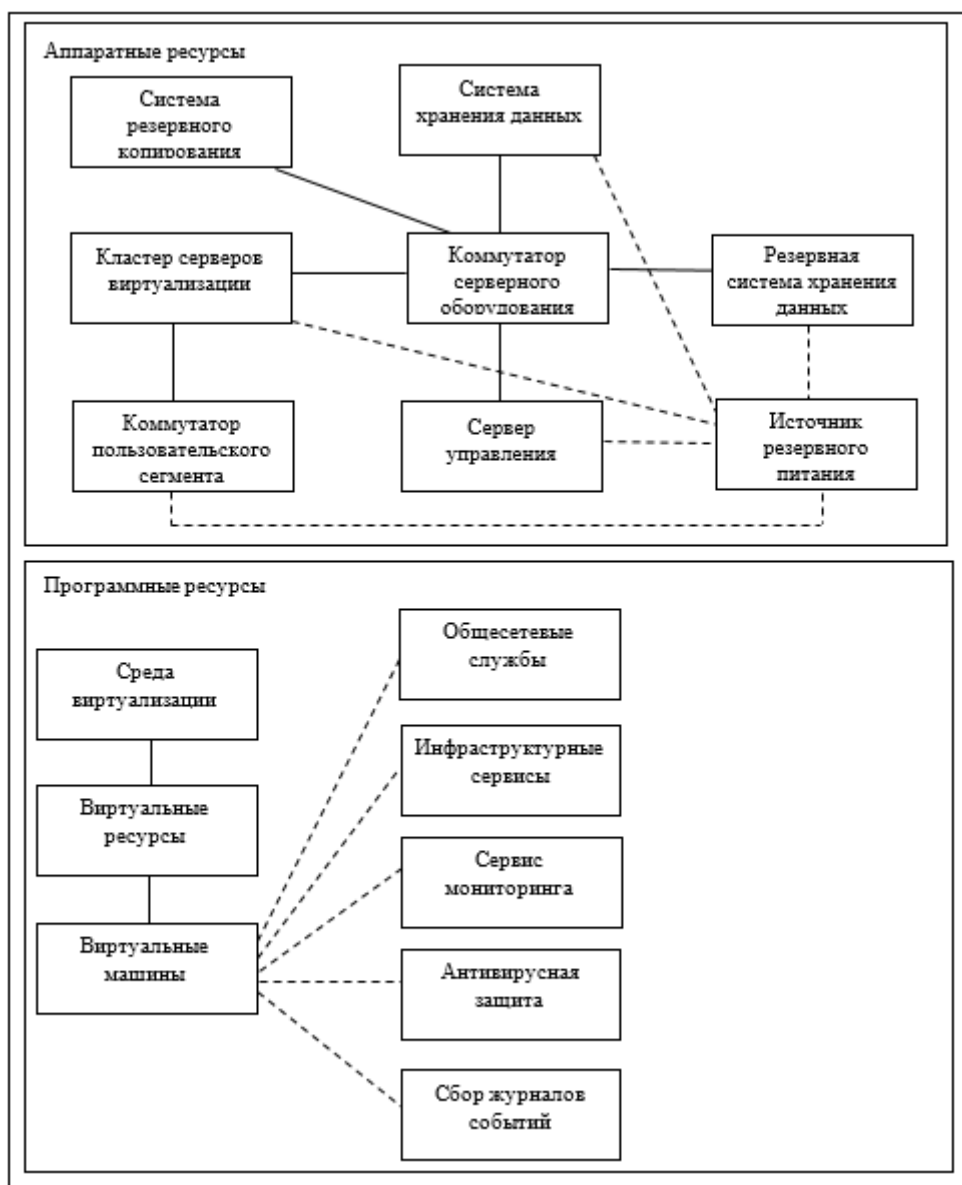


Рисунок 3 – Структурная схема ЦОД

Все оборудование в ЦОД подключено в основном через коммутаторы серверного оборудования. Коммутаторы входят в состав СТЭК, то есть соединение нескольких управляемых коммутаторов в единое логическое устройство. Эта технология используется как для обеспечения отказоустойчивости, так и для упрощения администрирования и настройки нескольких устройств. Отказоустойчивость осуществляется за счет того, что серверы или система хранения данных подключены несколькими концами в два и более коммутатора. При выходе из строя одного из коммутаторов, трафик между устройствами будет перераспределен на остальные оставшиеся в рабочем состоянии линии.

Кроме СТЕК на коммутаторах часто используется технология агрегирования. С помощью неё возможно объединение двух физических каналов в один логический. Это необходимо для повышения скорости передачи

данных за счёт увеличения пропускной способности. Также это необходимо для достижения непрерывности работы за счёт отказоустойчивости, так как при использовании агрегирования при выходе из строя одного из физических каналов трафик начинается перенаправляться на работоспособный канал, тем самым обеспечивая бесперебойную работу. Данная технология даёт возможность масштабирования и простоту в администрировании. Возможно увеличение числа каналов за счёт добавления нового в логический канал, не прерывая существующие процессы.

Построение ЦОД ответственный и сложный процесс, который включает строительство здания с инженерными элементами и системами безопасности, правильное размещение оборудования в стойко-местах с учётом холодной и горячей стороны, выбор правильного серверного и сетевого оборудования, а также мониторинга характеристик внешнего и внутреннего состояния железа.

В результате анализа инфраструктуры было получено основное понимание и предназначение современных ЦОД, изучена модульная структура, системы управления, инженерные системы, решения информационной безопасности, определены основные компоненты инфраструктуры, составлена структурная схема с определением необходимого оборудования и способа подключения.

#### Список литературы

1 Новиков, Д. В. Типовые услуги «облачной» ИТ-инфраструктуры ЦОД для малого и среднего бизнеса [Электронный ресурс] / Д. В. Новиков. // Электронный научный журнал, «Информатизация и связь» № 4, 2011. - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17268223>.

2 Советов, Б. Я., Цехановский, В. В. Теоретические основы автоматизированного управления / Б. Я. Советов. // Труды ЦНИИС, 2006. – Т. 1. - № 13. – С. 65-68.

3 Снытко, А. А., Терников, А.А. Особенности модернизации центра обработки данных и космоцентра [Электронный ресурс] / А. А. Снытко // Электронный научный журнал «Программные продукты и системы», № 4, 2015. - Режим доступа: [https://swsys.ru/index.php?page=9&id\\_journal=112&lang](https://swsys.ru/index.php?page=9&id_journal=112&lang).

4 Филин, С. А. Организация системы управления эксплуатацией центра обработки данных / С. А. Филин. // Электронный научный журнал «Век качества» № 2, 2018. – 103 с. – С. 35-59. – Режим доступа: [https://agequal.ru/pdf/2018/AGE\\_QUALITY\\_2\\_2018.pdf](https://agequal.ru/pdf/2018/AGE_QUALITY_2_2018.pdf).

# **КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ В ОРЕНБУРГЕ: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИРПИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДА**

**Сагандыков Д.М., Блинкова Ю.В. канд. архитектуры, доцент,  
Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Актуальность исследования. Оренбург как административный центр региона был образован в 1743 г.; в городе сформировалась значительная группа исторических жилых и общественных зданий из керамического кирпича, составляющих архитектурный облик охраняемого исторического ядра. Кирпичные фасады зданий середины XVIII – начала XX вв. в современных условиях эксплуатации подвергаются комплексному воздействию: переувлажнению, циклам замораживания–оттаивания, солевому загрязнению и атмосферным примесям, что приводит к выветриванию, трещинообразованию, расслоению и утрате кладки. В связи с требованиями сохранения объектов культурного наследия ключевой задачей становится выбор методов реставрации, обеспечивающих совместимость новых материалов с историческим керамическим кирпичом и долговечность восстановленного фасада [1].

Специфика Оренбургского материала проявляется в вариативности состава и обжига исторического кирпича, отличиях пористости и водопоглощения, а также в неоднородности кладочных растворов. Поэтому применение типовых технологий ремонта без учёта свойств аутентичных материалов может приводить к ускоренному разрушению (например, из-за несоответствия паропроницаемости или солевой совместимости). Актуальность исследования определяется необходимостью научного обоснования существующих решений и разработки новых (адаптированных) методов реставрации фасадов Оренбурга с опорой на лабораторные испытания и расчётно-статистическую оценку эффективности [5].

Степень изученности проблемы. Нормативную основу работ по сохранению объектов культурного наследия составляют Свод реставрационных правил и связанные с ним методические рекомендации, задающие требования к обследованию, проектированию и производству реставрационных работ. Для кирпичных сооружений широко описаны типовые дефекты (высолы, разрушение швов, трещины, выкрашивание) и технологические приёмы их устранения: очистка, вычинка, расшивка, инъектирование, усиление и поверхностная защита [2].

Для Оренбурга опубликованы работы, в которых анализируются исторические особенности развития города и применяемые подходы к восстановлению кирпичных фасадов на объектах культурного наследия. Вместе

с тем, количественная оценка эффективности защитных и укрепляющих воздействий именно для местного исторического кирпича остаётся ограниченной: требуется накопление экспериментальных данных и внедрение статистических моделей, позволяющих обоснованно выбирать параметры реставрации [1, 7].

Объект исследования: фасады зданий Оренбурга середины XVIII – начала XX веков, выполненные из керамического кирпича, включая памятники и историческую застройку.

Предмет исследования: существующие методы реставрации кирпичных фасадов (очистка, ремонт кладки и швов, укрепление, инъектирование, гидрофобизация/защитные пропитки) и разработка новых или уточнённых методик, учитывающих физико-механические и физико-химические особенности исторического керамического кирпича и кладочных растворов [1].

Цель исследования – обосновать эффективные методы реставрации кирпичных фасадов Оренбурга и разработать подходы к их статистической оценке с учётом свойств исторического керамического кирпича.

1. Изучить историко-архитектурные особенности кирпичной застройки Оренбурга и характерные формы повреждений фасадов.

2. Проанализировать существующие методы реставрации кирпичной кладки и критерии совместимости материалов.

3. Провести лабораторные исследования свойств исторического кирпича и растворов (водопоглощение, пористость, прочность, морозостойкость, солесодержание).

4. Сформировать предложения по улучшенным технологиям ремонта (подбор ремонтных растворов, укрепляющие составы, методы заполнения трещин, защитные пропитки).

5. Выполнить расчётно-статистическую оценку влияния ключевых факторов (параметров воздействия и реставрационных решений) на показатели качества и долговечности.

В работе используется комплекс взаимодополняющих методов: натурное обследование фасадов с фотофиксацией дефектов и их картированием; архивно-исторический анализ для уточнения этапов строительства и ранее выполненных ремонтов; лабораторные испытания образцов кирпича и растворов по действующим стандартам. Водопоглощение, плотность и показатели морозостойкости определяются по методикам стандартов для кирпича; прочностные характеристики оцениваются испытаниями на сжатие; при необходимости выполняется анализ высолов (идентификация ионного состава солей) для выбора методов очистки и защиты [3, 4].

При разработке решений по защитной обработке учитывается нормативное определение гидрофобизатора как состава, придающего материалам водоотталкивающий эффект и снижающего проникновение влаги. Для обработки экспериментальных данных применяются методы математической статистики и многофакторного регрессионного анализа (МНК),

позволяющие получить эмпирические зависимости выходных показателей от факторов и оценить значимость модели [5].

Таблица 1 – Формализованные показатели модели процесса реставрации

Параметры процесса	Обозн.	Формализ.	Ед. изм.
Глубина выветренного слоя (по обследованию/зондированию)	$d_w$	$x_1$	мм
Среднее раскрытие трещин на участке фасада	$a_{cr}$	$x_2$	мм
Доля зоны разрушений/утрат кладки на участке фасада	$A_d$	$x_3$	%
Предел прочности кирпича при сжатии	$R_{сж}$	$x_4$	МПа
Водопоглощение кирпича по массе	$W_0$	$x_5$	%
Потеря прочности после N циклов (индикатор морозостойкости)	$\Delta R_0$	$x_6$	%
Удельный расход инъекционного/укрепляющего состава	$q_{inj}$	$x_7$	кг/м <sup>2</sup>
Удельный расход гидрофобизатора/защитной пропитки	$q_{hyd}$	$x_8$	г/м <sup>2</sup>
Время выдержки/созревания защитного состава	$\tau$	$x_9$	сут
Выходной параметр 1: водопоглощение после обработки	$W_1$	$Y_1$	%
Выходной параметр 2: прочность после циклов/обработки	$R_1$	$Y_2$	МПа

По результатам экспериментальных исследований целесообразно применять метод многофакторного регрессионного анализа, основанный на аппроксимации данных алгебраическими полиномами. Коэффициенты уравнения регрессии определяются методом наименьших квадратов (МНК) из матричного уравнения:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y, \quad (1)$$

где  $B$  – вектор коэффициентов уравнения,  $X$  – матрица плана эксперимента (значения факторов по опытам),  $Y$  – вектор наблюдаемых значений выходного параметра.

Ниже приведён расчёт, выполненный по опубликованным экспериментальным данным по обработке исторического кирпича органосиликоновым водоотталкивающим агентом (пример методики; для Оренбурга необходимы собственные испытания на местных образцах). В качестве факторов приняты:  $x_1 = C$  – концентрация гидрофобизатора в образце (%),  $x_2 = N$  – число циклов замораживания–оттаивания. Выходные показатели:  $Y_1 = W$  – водопоглощение (%),  $Y_2 = R$  – прочность при сжатии (МПа).

Таблица 2 – Водопоглощение образцов при разных циклах замораживания–оттаивания, %

<b>N, циклы</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>
0	16,49	14,75	12,79	11,41
5	20,13	15,47	13,71	12,03
10	20,67	15,81	13,87	12,47
15	21,42	16,41	14,22	13,51
20	21,67	17,11	15,17	13,32
25	21,96	17,58	15,21	13,33
30	22,31	17,41	15,23	13,24

Для аппроксимации данных использован полином третьей степени по двум факторам ( $C$  и  $N$ ) с набором членов общей степени  $\leq 3$ : 1,  $C$ ,  $N$ ,  $C^2$ ,  $C \cdot N$ ,  $N^2$ ,  $C^3$ ,  $C^2 \cdot N$ ,  $C \cdot N^2$ ,  $N^3$ . Это соответствует 10 коэффициентам (включая свободный член).

Таблица 3 – Прочность при сжатии образцов при разных циклах, МПа

<b>N, циклы</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>3%</b>
0	7,41	8,43	8,77	9,56
5	6,70	8,31	8,63	9,33
10	6,51	8,13	8,50	9,17
15	6,31	8,10	8,25	9,02
20	5,86	7,83	8,01	8,88
25	5,65	7,58	7,99	8,77
30	5,57	7,50	7,83	8,77

Полученные уравнения регрессии (в естественных единицах факторов).

В общем виде (полином 3-й степени по двум факторам) зависимость водопоглощения  $W$  описывается выражением:

$$W = b_0 + b_1 \cdot C + b_2 \cdot N + b_3 \cdot C^2 + b_4 \cdot C \cdot N + b_5 \cdot N^2 + b_6 \cdot C^3 + b_7 \cdot C^2 \cdot N + b_8 \cdot C \cdot N^2 + b_9 \cdot N^3 \quad (2)$$

где  $W$  – водопоглощение кирпича, %;  $C$  – концентрация гидрофобизатора, %;  $N$  – число циклов замораживания–оттаивания;  $b_0$  – свободный член;  $b_1 \dots b_9$  – коэффициенты регрессии при соответствующих членах полинома, определяемые методом МНК по матрице  $X$ .

По результатам МНК получено уравнение (в естественных единицах факторов):

$$W = 17,47873 + 4,90699 \cdot C + 0,38847 \cdot N + 1,84732 \cdot C^2 - 0,10615 \cdot C \cdot N - 0,01023 \cdot N^2 - 0,29333 \cdot C^3 + 0,01061 \cdot C^2 \cdot N + 0,00149 \cdot C \cdot N^2 + 8,67e - 05 \cdot N^3$$

Аналогично, зависимость прочности при сжатии  $R$  от факторов  $C$  и  $N$  задаётся полиномом 3-й степени:

$$R = a_0 + a_1 \cdot C + a_2 \cdot N + a_3 \cdot C^2 + a_4 \cdot C \cdot N + a_5 \cdot N^2 + a_6 \cdot C^3 + a_7 \cdot C^2 \cdot N + a_8 \cdot C \cdot N^2 + a_9 \cdot N^3 \quad (3)$$

где  $R$  – предел прочности кирпича при сжатии, МПа;  $C$  – концентрация гидрофобизатора, %;  $N$  – число циклов замораживания–оттаивания;  $a_0$  – свободный член;  $a_1 \dots a_9$  – коэффициенты регрессии, определяемые МНК.

По результатам МНК получено уравнение (в естественных единицах факторов):

$$R = 7,21691 + 2,63030 \cdot C - 0,07011 \cdot N - 1,56205 \cdot C^2 + 0,02845 \cdot C \cdot N + 9,21 - 05 \cdot N^2 + 0,31405 \cdot C^3 - 0,00520 \cdot C^2 \cdot N - 0,00011 \cdot C \cdot N^2 + 1,17e - 05 \cdot N^3$$

Адекватность и статистическая значимость уравнений проверяются по критериям детерминации и Фишера. Для модели водопоглощения получено:  $R^2 = 0,9864$ , скорректированный  $R^2 = 0,9795$ ,  $F = 144,688$  при  $df1=9$ ,  $df2=18$ ,  $p = 6,33e-15$ . При уровне значимости  $\alpha = 0,01$  критическое значение  $F_{кр} = 3,597$ , поэтому  $F > F_{кр}$  и уравнение значимо.

Для сопоставления экспериментальных и расчётных выборок использованы следующие расчётные формулы.

$$R_1 = \sum_{i=1}^{n_1} r(X_i); \quad (4)$$

$$R_2 = \sum_{j=1}^{n_2} r(Y_j) \quad (5)$$

Между статистиками  $U$  и  $U^*$  и суммами рангов существует связь:

$$U = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}; \quad (6)$$

$$U \sim R_2 - \frac{(n_2 - 1)}{2}, \quad n_1, n_2, \alpha \quad (7)$$

Гипотеза отвергается, если  $\min(U, U^*) \leq U_{n_1, n_2, \alpha}$ . При этом критические значения  $U_{n_1, n_2, \alpha}$  находят по табличным данным в зависимости от  $\alpha$ ,  $n_1$  и  $n_2$ .

Для учета совпадений измерений можно ввести коррекцию  $Z$  и сравнивать ее с табличными значениями:

$$Z = \frac{\frac{U - n_1 n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}} \quad (8)$$

Для определения отклонения среднего значения квадрата величины от ее среднего значения, используется дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum (\gamma_i - \gamma_s)^2}{n - 1} \quad (9)$$

где,  $n-1$  - число степеней свободы (равное количеству опытов - 1).  
Среднеквадратичное отклонение (стандарт):

$$S = \sqrt{S^2} \quad (10)$$

Чем больше дисперсия и стандарт, тем сильнее рассеяны значения параллельных опытов около среднего значения:

$$S(y) = \sqrt{\frac{\sum (\gamma_j - \gamma_s)^2}{n - 1}} \quad (11)$$

где среднеарифметическое результатов опытов:

$$\gamma_s = \frac{\sum y_j}{n} \quad (12)$$

отсюда:

$$r_i = \frac{(\gamma_i - \gamma_s)}{S(y) \sqrt{\frac{(n-1)}{n}}} \quad (13)$$

Если для некоторого  $i$ -го измерения значение ( $r_i$ ) не превышает табличное  $t_{\alpha, f}$  при выбранном уровне значимости и числе степеней свободы  $f=n-2$ , то гипотезу об однородности результатов наблюдений можно принять.

Для модели прочности при сжатии получено:  $R^2 = 0,9941$ , скорректированный  $R^2 = 0,9911$ ,  $F = 336,810$  при  $p = 1,11e-16$ ; модель также статистически значима при  $\alpha = 0,01$ .

Средняя относительная погрешность аппроксимации (MAPE) составила 1,75% для  $W$  и 0,85% для  $R$ , что указывает на высокое согласие модели с данными. Разброс остатков характеризуется дисперсией и стандартным отклонением:  $Disp(W) = 0,1446$ ,  $S(W) = 0,3802$ ;  $Disp(R) = 0,00733$ ,  $S(R) = 0,08563$ .

Когда невозможно обоснованно предполагать нормальность распределения, можно применять непараметрический  $U$ -критерий Манна–Уитни для сопоставления распределений экспериментальных и расчётных значений. Для  $W$  получено:  $U = 395$ ,  $p = 0,967$ ; для  $R$ :  $U = 392$ ,  $p = 1,000$ . Так как  $p \gg 0,05$ , статистически значимых различий между выборками не выявлено, что дополнительно подтверждает адекватность аппроксимации.

Приведённый расчёт показывает, как на основе экспериментальной матрицы можно получить модель, позволяющую количественно оценивать влияние параметров защитной обработки и климатического воздействия (циклов) на свойства кирпича. В прикладной части исследования такая методика переносится на локальные материалы Оренбурга: по данным обследования и испытаний формируется собственная матрица факторов (например, состав/расход укрепляющего или гидрофобизирующего средства, режимы выдержки, исходная пористость и водопоглощение, степень выветривания и т.п.), после чего строится регрессионная модель и выбирается зона рациональных параметров реставрации.

Следует отметить, что для задач реставрации кирпичных фасадов целесообразно сочетать нормативно регламентированное обследование и лабораторные испытания с расчётно-статистическими методами. Многофакторная регрессионная модель, определяемая методом МНК, позволяет описывать зависимость ключевых показателей долговечности (водопоглощение, прочность после циклов) от факторов реставрационного воздействия и условий эксплуатации. На примере опубликованных данных по обработке кирпича органосиликоновым гидрофобизатором получены значимые модели с высокими значениями  $R^2$  и малой погрешностью, что демонстрирует работоспособность подхода. Практическая реализация методики для Оренбурга должна опираться на испытания местного исторического кирпича и подбор совместимых материалов и режимов обработки.

#### Список литературы

1. Одинцов А.Р., Климова Ю.В. Реставрация кирпичной кладки на объектах культурного наследия Оренбурга // Жилищное строительство. 2024. № 3. С. 66–70. DOI: 10.31659/0044-4472-2024-3-66-70.

2. Свод реставрационных правил «Рекомендации по проведению научно-исследовательских, изыскательских, проектных и производственных работ, направленных на сохранение объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации». М.: Министерство культуры Российской Федерации, 2009.

3. ГОСТ 530- 2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. Введ. 2013- 07- 01. М.: Стандартинформ, 2013.

4. ГОСТ 7025- 91. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости. М.: Издательство стандартов, 1991.

5. СП 72.13330.2016. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии (актуализированная редакция СНиП 2.03.11- 85). М.: Минстрой России, 2016.

6. Yue T., Zhang X., Yue J., Yuan J., Yue J. Study on the improvement of freeze resistance of historical architectural bricks by organo silicon waterproofing agent // Scientific Reports. 2025. Vol. 15. Article: 21154. DOI: 10.1038/s41598-025-08263-0.

7. Yang H., Wang L., Wang Z. et al. Conservation of the weathered bricks in ancient constructions using a novel protectant of calcium hydroxy glycolate // npj Heritage Science. 2025. Vol. 13. Article: 81.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА В ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ ГОРОДА ОРЕНБУРГА**

**Саридис А.Э., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор,  
Блинкова Ю.В. канд. архитектуры, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Город Оренбург, основанный в 1734 году, в процессе своего развития прошёл этапы крепостного, губернского и торгово-промышленного центра. В Оренбургской губернии керамический кирпич использовался для облицовки фасадов не очень активно. Это связано с тем, что до 1864 года (в период существования артиллерийской крепости), основным методом отделки зданий была штукатурка, что полностью отвечало требованиям столичной архитектуры [1].

Предметом исследования, является влияние технических особенностей керамического кирпича на облик стен зданий исторической застройки Оренбурга в период с 1743 по 1917 год.

Согласно исследованиям оренбургских краеведов и архитекторов, из всех построек, возведенных в период середины XVIII - XIX вв., единственным примером, где применялся керамический кирпич в отделке фасада, является Гауптвахта<sup>1</sup> (архитектор Иван Скалочкин [2]).

В этот период распространилось производство облицовочного, в том числе и профилированного кирпича. Его качество, а также качество раствора, обеспечили уменьшение толщины стен сооружений, что можно считать особенностью зданий кирпичного стиля в Оренбурге [3].

Использование кирпича было обусловлено как климатическими условиями региона, так и требованиями к долговечности, пожарной безопасности и несущей способности конструкций.

В настоящее время значительная часть кирпичных объектов культурного наследия Оренбурга находится в неудовлетворительном или аварийном состоянии, что обуславливает необходимость системного анализа их типологии, степени сохранности и реставрации.

Целью настоящей работы является анализ применения керамического кирпича в объектах культурного наследия города Оренбурга в период 1734–1917 гг., с последующим определением приоритетного направления реставрационных исследований.

Керамический кирпич применяют в строительстве различных типов зданий и сооружений:

---

<sup>1</sup> Помещение для содержания военных под арестом

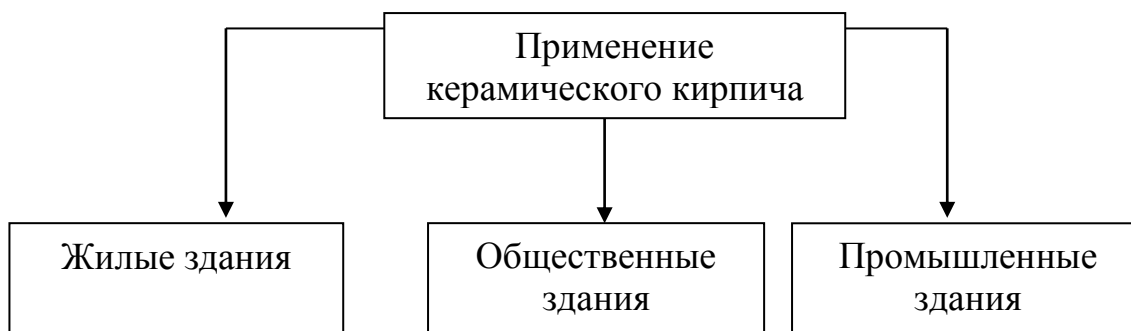


Рисунок 1- Применение керамического кирпича

Методы исследования, использование количественных и качественных методов, опираясь на статистическую методологию для анализа данных:

1. Статистические методы: описательная статистика (подсчет частот, распределений по типам, годам и регионам), корреляционный анализ (связь между характеристиками кирпича и обликом стен;  $r$ -коэффициенты из анализа источников), кластерный анализ (группировка зданий по типам кирпича). Инструменты: SPSS или R для обработки данных из источников.

2. Качественные методы: Анализ архивных материалов (чертежи, фотографии, отчеты из архивов Оренбурга), сравнительный анализ (сравнение с аналогичными регионами, как Казань или Уфа), полевые исследования (осмотр сохранившихся зданий для измерений параметров кирпича).

3. Этапы: Сбор данных (150+ источников), статистическая обработка, моделирование (регрессионные модели влияния размеров кирпича на облик стен), валидация через экспертные оценки.

Кирпичная архитектура Оренбурга преимущественно сосредоточена в жилой застройке, а не в общественных зданиях.

Жилая кирпичная застройка Оренбурга получила наибольшее распространение во второй половине XVIII — XIX веках. Применение кирпича в жилых зданиях было характерно прежде всего для центральных улиц города, где формировались городские усадьбы купечества [4].

Основные объекты:

- Дом Тимашева (1779 г.);
- Дом военного губернатора (1841 г.);
- Усадьба городская купца П. И. Серякова (1880-е гг.)
- «Дом Ф.И. Абрякина» (1906–1907 гг.).

Кирпич в жилых зданиях использовался в несущих стенах, подвалах, сводчатых перекрытиях, а также в декоративных элементах фасадов.

Преимущественно применялся полнотелый керамический кирпич местного производства, обладающий высокой плотностью и морозостойкостью [5].

Современное состояние жилых объектов характеризуется высокой степенью физического износа. Для большинства зданий отмечаются

разрушение кладки, потеря связности раствора, деформации стен, утрата первоначального архитектурного облика [6]. Жилые здания составляют наиболее проблемную категорию объектов культурного наследия.

Общественные здания Оренбурга конца XIX века выполняли административные, образовательные и военные функции и отличались более высоким уровнем архитектурной проработки.

**Основные объекты:**

1. Гауптвахта в Оренбурге;
2. Женское епархиальное училище (1889 г., архитектор Ф. Д. Маркелов).

В данных сооружениях керамический кирпич использовался не только как конструктивный, но и как формообразующий материал. Для фасадов характерны усложнённые кирпичные пояски, арочные проёмы, членения объёмов [5].

**Современное состояние** общественных зданий оценивается как относительно стабильное. Значительная часть объектов эксплуатируется или приспособлена под современные функции, что снижает темпы их разрушения. В то же время их доля в общем объёме кирпичной исторической застройки является наименьшей.

Керамический кирпич исторических зданий обычно полнотелый и капиллярно-пористый. Для фасадов принципиальны водопоглощение и морозостойкость: вода, попадая в поры, при замерзании создаёт внутренние напряжения и ускоряет разрушение. Существенную роль играют соли, которые могут кристаллизоваться в порах и вызывать шелушение и выкрашивание.

Архитектурная ценность кирпича проявляется в приёмах кладки. На объектах начала XX века встречаются фасады, выполненные в технике верстовой кладки, а карнизы, пояски, пилястры и аттики формируются рельефной кирпичной кладкой из тесаного кирпича. Примером является ОКН (объект культурного наследия) «Дом Ф.И. Абрюкина» (1906–1907 гг.), где декоративное оформление фасадов выполнено в «кирпичном стиле».

Таблица 1 – Формализованные показатели модели (пример для оценки свойств кирпича)

Параметр	Обозначение	Формализов.	Ед. изм.
Концентрация гидрофобизатора	C	x1	%
Число циклов замораживания–оттаивания	N	x2	циклы
Водопоглощение	W	Y1	%
Прочность на сжатие	R	Y2	МПа

Многофакторный регрессионный анализ.

В данном разделе показан пример статистической обработки экспериментальных данных, характерных для задач сохранения кирпичных фасадов: как по результатам испытаний получить эмпирическую модель, связывающую параметры воздействия и защитной обработки с эксплуатационными показателями кирпича. Исходные численные данные взяты из опубликованного исследования, где исторические кирпичи обрабатывали кремнийорганическим гидрофобизатором разной концентрации и испытывали на циклы замораживания–оттаивания.

Таблица 2 – Уровни факторов в эксперименте

Фактор	Обозначение	Уровни	Ед. изм.
Концентрация гидрофобизатора	C	0; 1; 2; 3	%
Число циклов замораживания–оттаивания	N	0; 5; 10; 15; 20; 25; 30	циклы

Таблица 3 – Водопоглощение W, % (в зависимости от C и N)

C, % \ N, циклы	0	5	10	15	20	25	30
0	16.49	20.13	20.67	21.42	21.67	21.96	22.31
1	14.75	15.47	15.81	16.41	17.11	17.58	17.41
2	12.79	13.71	13.8	14.22	15.17	15.21	15.23
3	11.41	12.03	12.47	13.51	13.32	13.33	13.24

Таблица 4 – Прочность на сжатие R, МПа (в зависимости от C и N)

C, % \ N, циклы	0	5	10	15	20	25	30
0	7.41	6.70	6.51	6.31	5.86	5.65	5.57
1	8.43	8.31	8.13	8.10	7.83	7.58	7.50
2	8.77	8.63	8.50	8.25	8.01	7.99	7.83
3	9.56	9.33	9.17	9.02	8.88	8.77	8.77

Постановка задачи и метод МНК.

Требуется получить зависимости:  $Y_1 = f(x_1, x_2)$  и  $Y_2 = f(x_1, x_2)$ , где  $Y_1 = W$  (водопоглощение),  $Y_2 = R$  (прочность),  $x_1 = C$ ,  $x_2 = N$ . Коэффициенты регрессионной модели определяются методом наименьших квадратов на основе матричного уравнения.

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

где  $B$  – вектор коэффициентов регрессии;  $X$  – матрица плана эксперимента (значения факторов и их комбинаций в опытах);  $Y$  – вектор наблюдаемых значений отклика;  $X^T$  – транспонированная матрица  $X$ .

Для примера принят полином третьей степени по двум факторам  $C$  и  $N$ , включающий взаимодействия:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot C + b_2 \cdot N + b_{11} \cdot C^2 + b_{22} \cdot N^2 + b_{12} \cdot C \cdot N + b_{111} \cdot C^3 + b_{222} \cdot N^3 + b_{112} \cdot C^2 \cdot N + b_{122} \cdot C \cdot N^2$$

где  $Y$  – расчётный отклик ( $W$  или  $R$ );  $b_0 \dots b_{122}$  – коэффициенты, определяемые МНК по экспериментальным данным.

Уравнения регрессии.

1. Водопоглощение  $W$  ( $Y_1$ ):

$$W = b_0 + b_1 \cdot C + b_2 \cdot N + b_{11} \cdot C^2 + b_{22} \cdot N^2 + b_{12} \cdot C \cdot N + b_{111} \cdot C^3 + b_{222} \cdot N^3 + b_{112} \cdot C^2 \cdot N + b_{122} \cdot C \cdot N^2$$

где  $W$  – водопоглощение кирпича, %;  $C$  – концентрация гидрофобизатора, %;  $N$  – число циклов, циклы;  $b_0 \dots b_{122}$  – коэффициенты регрессии, найденные МНК.

$$W = 17,4787 - 4,90699 \cdot C + 0,388469 \cdot N + 1,84732 \cdot C^2 - 0,0102276 \cdot N^2 - 0,10615 \cdot C \cdot N - 0,293333 \cdot C^3 + 8,66667e-05 \cdot N^3 + 0,0106071 \cdot C^2 \cdot N + 0,00149143 \cdot C \cdot N^2$$

2. Прочность  $R$  ( $Y_2$ ):

$$R = a_0 + a_1 \cdot C + a_2 \cdot N + a_{11} \cdot C^2 + a_{22} \cdot N^2 + a_{12} \cdot C \cdot N + a_{111} \cdot C^3 + a_{222} \cdot N^3 + a_{112} \cdot C^2 \cdot N + a_{122} \cdot C \cdot N^2$$

где  $R$  – прочность на сжатие, МПа;  $C$  – концентрация гидрофобизатора, %;  $N$  – число циклов, циклы;  $a_0 \dots a_{122}$  – коэффициенты регрессии, найденные МНК.

$$R = 7,21691 + 2,6303 \cdot C - 0,070106 \cdot N - 1,56205 \cdot C^2 + 9,21429e-05 \cdot N^2 + 0,0284536 \cdot C \cdot N + 0,314048 \cdot C^3 + 1,16667e-05 \cdot N^3 - 0,00519643 \cdot C^2 \cdot N - 0,000109048 \cdot C \cdot N^2$$

Статистическая проверка модели.

1) Коэффициент детерминации:

$$R^2 = 1 - SSE / SST$$

где  $SSE = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$  – сумма квадратов ошибок;  $SST = \sum (y_i - \bar{y})^2$  – полная сумма квадратов;  $y_i$  – экспериментальные значения;  $\hat{y}_i$  – значения по модели;  $\bar{y}$  – среднее.

Для  $W$ :  $R^2 = 0,9864$ ; для  $R$ :  $R^2 = 0,9941$

2) Значимость уравнения по критерию Фишера:

$$F = (SSR / k) / (SSE / (n - k - 1))$$

где  $SSR = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2$  – сумма квадратов, объяснённая регрессией;  $k$  – число объясняющих переменных (без свободного члена);  $n$  – число наблюдений. Модель считается значимой при уровне  $\alpha$ , если  $F > F_{кр}$ .

При  $\alpha = 0,01$ ;  $n = 28$ ;  $k = 9$ :  $F_{кр} = 3,597$

Для  $W$ :  $F = 144,688$ ; для  $R$ :  $F = 336,81$

3) Средняя абсолютная процентная ошибка:

$$MAPE = (1/n) \cdot \sum |(y_i - \hat{y}_i) / y_i| \cdot 100\%$$

где  $y_i$  – экспериментальные значения;  $\hat{y}_i$  – значения по модели;  $n$  – число наблюдений.

Для  $W$ :  $MAPE = 1,75\%$ ; для  $R$ :  $MAPE = 0,85\%$

4) Разброс остатков:

$$Disp = (1/(n - 1)) \cdot \sum (e_i - \bar{e})^2; S = \sqrt{Disp}$$

где  $e_i = y_i - \hat{y}_i$  – остатки;  $\bar{e}$  – среднее значение остатков.

Для  $W$ :  $Disp = 0,1446$ ;  $S = 0,3802$ . Для  $R$ :  $Disp = 0,00733$ ;  $S = 0,08563$ .

5) Непараметрическая проверка (критерий Манна–Уитни):

$$U = \min(U1, U2)$$

где  $U$  – статистика критерия Манна–Уитни при сравнении двух выборок (экспериментальные и расчётные значения). При  $p > \alpha$  статистически значимые различия не выявлены.

Для  $W$ :  $p = 0,9673$ ; для  $R$ :  $p = 1,0$  ( $\alpha = 0,01$ )

Показатели ( $R^2$ ,  $F$ ,  $MAPE$ ,  $Disp$ ,  $S$  и  $U$ - критерий) демонстрируют, что полученные полиномиальные зависимости хорошо аппроксимируют исходные данные и могут использоваться как иллюстрация подхода к обоснованию параметров защитной обработки кирпича (в пределах диапазонов  $C$  и  $N$ , представленных в эксперименте).

Керамический кирпич является одним из ключевых материалов исторической застройки Оренбурга и определяет облик фасадов в период конца XIX – начала XX веков. Наибольшая концентрация кирпичной архитектуры наблюдается в жилой застройке, что подтверждается структурным анализом. Общественные здания обладают наименьшей долей в общей структуре кирпичной архитектуры и в целом находятся в более стабильном состоянии.

Для сохранности кирпичных фасадов критичны увлажнение и морозные циклы, поэтому при реставрации важны показатели водопоглощения и прочности, а также выбор совместимых материалов и защитных мер.

Показан пример многофакторной обработки данных методом МНК: построены регрессионные модели  $W(C, N)$  и  $R(C, N)$ , проведена статистическая проверка значимости и адекватности моделей. Методика может применяться при наличии результатов обследований и испытаний кирпича конкретного ОКН.

#### Список литературы

1. Злобин Ю. П. История Оренбургского региона: учебное пособие / Ю.П. Злобин, А.Н. Поляков // Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006.-290 с.
2. Столпянский П. Н. Город Оренбург: материалы к истории и топографии города / П.Н. Столпянский // Оренбург: Издание Оренбургской губернской типографии, 1908. - 399 с.

3. Гурьева, В. А. Развитие производства керамического кирпича в Оренбургской области/ В.А. Гурьева // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф., (г. Оренбург, 1–3 февр. 2017). – Оренбург, 2017. – С. 675–678.

4. Шлеюк, С. Г. Некоторые особенности организации городской среды губернского города Оренбурга (рубеж XIX-XX вв.) / С. Г. Шлеюк / / Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием), Оренбург, 25–27 января 2021 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021 – С. 479-485.

5. Антонова В. В., Ерина А. П. Опыт реставрации и реконструкции кирпичных стен памятников исторического наследия / / Архитектура. Вестник Воронежского государственного университета. 2011. – № 4.– С. 98–100.

6. Дорофеев, В.В. Архитектура г. Оренбурга XVIII—XX веков/ В.В. Дорофеев, - Оренбург: Южный Урал, 2007. – 132 с.

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ РФ

Семина С.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский Мордовский государственный  
университет им. Н.П. Огарёва» город Саранск

**Аннотация:** Уровень жизни населения является одним из ключевых показателей социально-экономического развития любой страны. В Российской Федерации, как и во многих других государствах, этот показатель подвержен постоянным изменениями, обусловленным как внутренними, так и внешними факторами.

**Ключевые слова:** Население, уровень жизни, среднедушевые денежные доходы, потребительские расходы, анализ

## 1. Введение

Уровень жизни – это комплекс социально-экономических условий жизнедеятельности, нацеленных на удовлетворения материальных и духовных потребностей людей и включает такие параметры как: качество жизнедеятельности, качество условий проживания, качество среды обитания, качество коммуникационного обеспечения [1].

## 2. Основной текст статьи

Статистический анализ позволяет не только отслеживать эти изменения, но и выявлять глубинные тенденции, оценивать эффективность государственной политики и прогнозировать дальнейшее развитие.

Можно выделить четыре основных градаций в уровне жизни населения:

- достаток (пользование благами, обеспечивающими всестороннее развитие человека);
- нормальный уровень (рациональное потребление по научно обоснованным нормам, обеспечивающее человеку восстановление его физических и интеллектуальных сил);
- бедность (потребление благ на уровне сохранения работоспособности как нижней границы воспроизводства рабочей силы);
- нищета (минимально допустимый по биологическим критериям набор благ и услуг, потребление которых лишь позволяет поддержать жизнеспособность человека).

Полная система оценки уровня жизни комплексно отражающая суть уровня жизни населения (рис. 1).

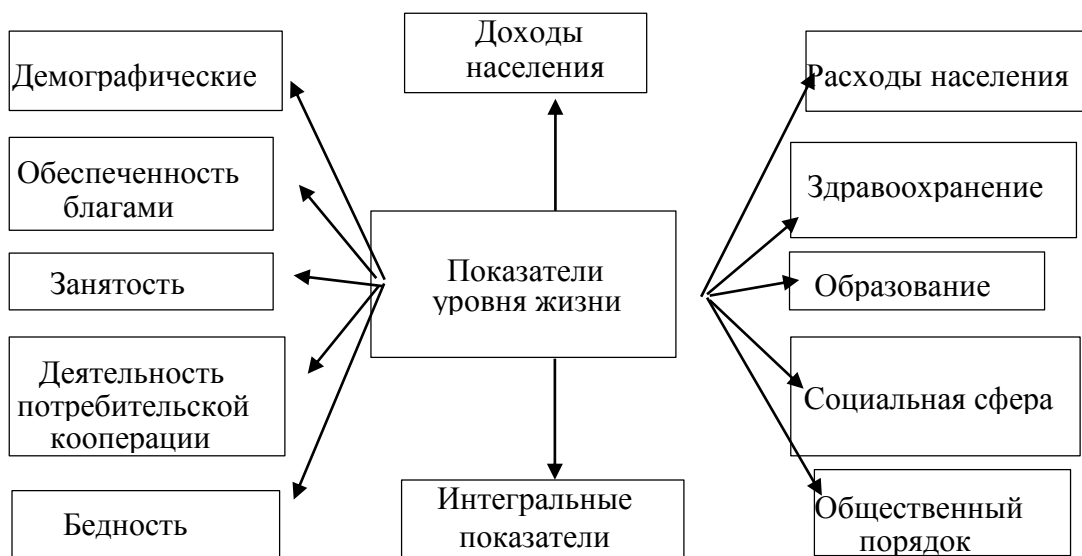


Рисунок 1 - Классификация показателей уровня жизни населения.

Среди вышеперечисленных показателей уровня жизни главным является показатель уровня реального дохода человека. Основу составляют заработная плата, поступления от предпринимательской деятельности, социальные выплаты и трансферты. Для статистических органов важно фиксировать не только средний размер доходов, но и структуру распределения среди разных групп населения. Отношение между высокодоходными и низкодоходными слоями выступает одним из индикаторов социальной устойчивости. Нередко можно заметить, что формально высокие средние показатели скрывают серьёзное неравенство. Из-за этого современная статистика шире использует децильные коэффициенты, медианные значения и разного рода индексы, позволяющие лучше уловить реальную картину.

Статистический анализ уровня жизни населения РФ за последние годы выделяет ряд важных тенденций и вызовов:

- Неравенство доходов: несмотря на определенный рост реальных доходов, сохраняется значительное неравенство в распределении богатства и доходов между различными группами населения и регионами;
- Региональные различия: уровень жизни населения существенно различаются по регионам России. Более развитые с высокой концентрацией промышленных и финансовых центров, как правило, демонстрируют более высокие показатели уровня жизни;
- Влияние инфляции: высокая инфляция может нивелировать рост номинальных доходов, снижая реальное благосостояние населения;
- Демографические вызовы: Старение населения, низкая рождаемость и миграционные процессы оказывают влияние на структуру доходов, потребления и нагрузку на систему социальной защиты;
- Доступность качественных услуг: несмотря на усилия государства, доступность и качество некоторых социальных услуг, таких как

здравоохранение и образование, остаются неравномерными, особенно в сельской местности и отдаленных регионах;

– Цифровое неравенство: Различия в доступе к информационным технологиям и цифровым услугам могут создавать новые формы социального и экономического неравенства;

– Влияния внешних факторов: Глобальные экономические кризисы, санкции и геополитическая нестабильность могут оказывать существенное влияние на уровень жизни населения, приводя к колебаниям доходов, цен и занятости.

Рассмотрим факторы, воздействующие на уровень жизни населения (рисунок 2).



Рисунок 2 - Факторы, воздействующие на уровень жизни населения

Хочется отметить, что Россия никогда не демонстрировала высоких позиций в каких бы то ни было рейтингах уровня жизни или рейтингах счастья населения. Правда, в отчете ООН за 2023-2024 гг. наша страна все же попадает в группу государств «с самым высоким индексом человеческого развития» (там их 70), занимая 56-е место. Всего в рейтинге ООН фигурируют 200 стран. По индексу Numbeo у нашей страны дела обстоят еще хуже. В 2025 году в этом рейтинге у нас только 66-е место, нас опережают, к примеру, Беларусь, Венгрия, Эквадор и Грузия.

Рассмотрим динамику среднедушевых денежных доходов населения и потребительские расходы в среднем на душу населения в Российской Федерации за 2000-2023 гг. (рисунок 3).

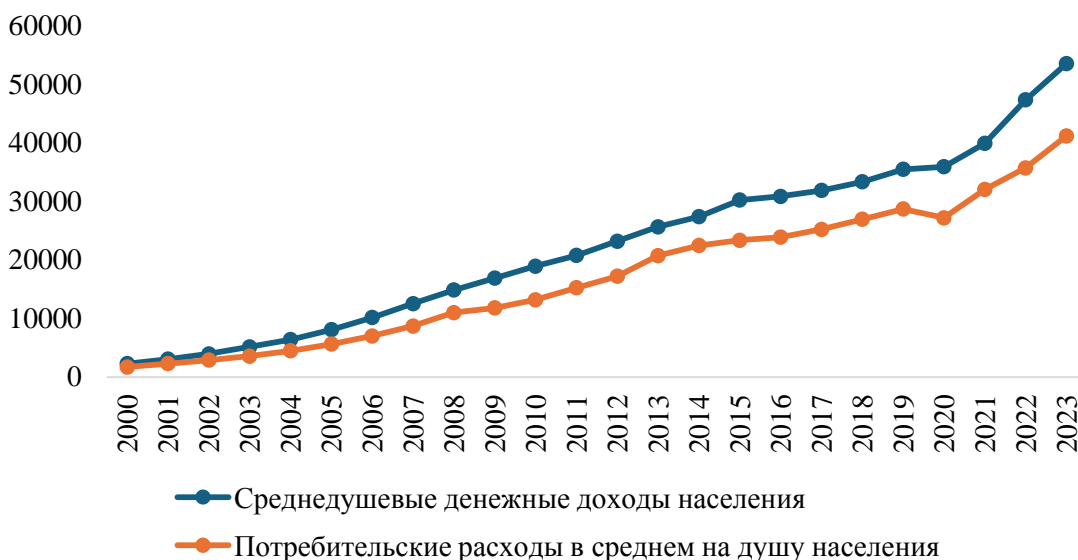


Рисунок 3 – Динамика среднедушевых денежных доходов населения и потребительские расходы в среднем на душу населения в Российской Федерации за 2000–2023 гг., руб.

На рисунке можно заметить, что наблюдается устойчивый и значительный номинальный рост как доходов, так и расходов населения. Среднедушевые денежные доходы увеличились более чем в 23 раза (с 2281 руб. в 2000 г. до 53579 руб. в 2023 г.), а потребительские расходы – почти в 24 раза (с 1723 руб. до 41231 руб.). Наиболее интенсивный прирост показателей отмечался в первые семь-восемь лет (2000–2007 гг.), когда экономика восстанавливалась после кризиса 1998 года. Темпы роста в последующие годы стали более умеренными.

На протяжении почти всего периода доходы устойчиво превышали потребительские расходы, что указывает на наличие у населения сберегательной способности и средств на иные цели (например, оплату услуг, налоги, накопления). Однако в 2013 и 2014 гг. произошло заметное сближение этих показателей (в 2013 г. 25684 руб. доходов против 20758 руб. расходов), что может свидетельствовать о возросшей потребительской активности или влиянии инфляционных процессов, сокращающих реальные располагаемые доходы.

Особого внимания заслуживает кризисный 2020 года. Впервые за долгий период был зафиксирован абсолютный спад потребительских расходов (с 28729 руб. в 2019 г. до 27211 руб. в 2020 г.) на фоне незначительного прироста доходов. Это прямое следствие ограничительных мер в период пандемии, которые привели к сокращению возможностей для потребления. Уже в 2021 году расходы не только восстановились, но и продемонстрировали резкий скачок, что может говорить об отложенном потребительском спросе.

В 2022–2023 гг. наблюдается существенный рост обоих показателей. С 2021 по 2023 г. доходы выросли на 13645 руб., а расходы – на 9177 руб. Это может указывать как на усиление сберегательного поведения в условиях

повышенной экономической неопределенности, так и на рост непотребительских обязательных расходов.

Далее рассмотрим динамику величины прожиточного минимума населения в Российской Федерации за 2000–2023 гг. на рисунке 4.

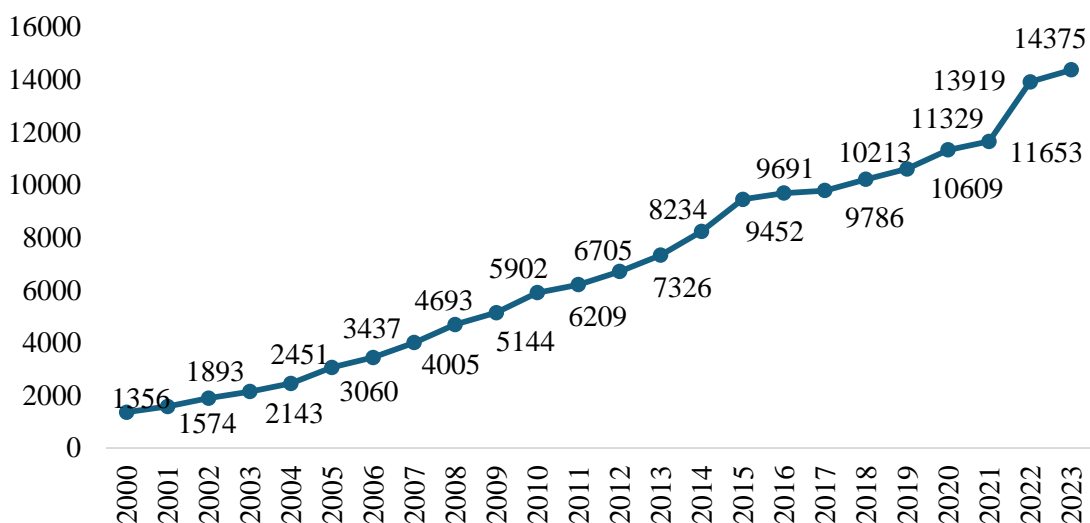


Рисунок 4 – Динамика величины прожиточного минимума населения в Российской Федерации за 2000–2023 гг., руб. в месяц

Исходя из приведённых данных, величина прожиточного минимума в целом по Российской Федерации за 2000–2023 гг. демонстрирует устойчивый рост. Если в 2000 г. он составлял 1 356 руб., то к 2023 г. увеличился до 14 375 руб., то есть вырос более чем в 10 раз за рассматриваемый период. Рост носил неравномерный характер: наиболее заметные скачки приходятся на середину 2000-х гг., а также на 2014–2015 гг. и 2022 г., что связано с инфляционными процессами и изменением социально-экономической ситуации.

В отдельных годах (2016–2018 гг.) рост прожиточного минимума замедлялся, что отражает относительную стабилизацию цен и доходов населения. Однако в 2022–2023 гг. вновь наблюдается ускорение роста показателя, что может быть обусловлено высокой инфляцией и корректировкой социальных стандартов. В целом динамика прожиточного минимума свидетельствует о постоянном пересмотре минимального уровня денежных доходов, необходимых для удовлетворения базовых потребностей населения, под влиянием изменения цен и макроэкономических условий.

Осуществим расчеты показателей анализа динамики базисным и цепным методами. Исходные данные и проведённые расчёты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели динамики среднедушевых денежных доходов населения в Российской Федерации за 2000–2023 гг., %

Годы	Средн. ден. доходы населения, руб.	Абс. прирост		Темп роста		Темп прироста		Абс. значение 1% прироста
		Баз. метод	Цеп. метод	Баз. метод	Цеп. метод	Баз. метод	Цеп. метод	
2000	2281	-	-	-	-	-	-	-
2001	3062	781,000	781,000	134,239	134,239	34,239	34,239	22,810
2002	3947	1666,000	885,000	173,038	128,903	73,038	28,903	30,620
2003	5167	2886,000	1220,000	226,523	130,910	126,523	30,910	39,470
2004	6399	4118,000	1232,000	280,535	123,844	180,535	23,844	51,670
2005	8088	5807,000	1689,000	354,581	126,395	254,581	26,395	63,990
2006	10155	7874,000	2067,000	445,199	125,556	345,199	25,556	80,880
2007	12540	10259,00	2385,000	549,759	123,486	449,759	23,486	101,55
2008	14864	12583,00	2324,000	651,644	118,533	551,644	18,533	125,40
2009	16895	14614,00	2031,000	740,684	113,664	640,684	13,664	148,64
2010	18958	16677,00	2063,000	831,127	112,211	731,127	12,211	168,95
2011	20780	18499,00	1822,000	911,004	109,611	811,004	9,611	189,58
2012	23221	20940,00	2441,000	1018,018	111,747	918,018	11,747	207,80
2013	25684	23403	2463,0	1125,997	110,607	1025,997	10,607	232,21
2014	27412	25131	1728	1201,754	106,728	1101,754	6,728	256,84
2015	30254	27973	2842,0	1326,348	110,368	1226,348	10,368	274,12
2016	30865	28584	611,0	1353,135	102,020	1253,135	2,020	302,54
2017	31897	29616	1032	1398,378	103,344	1298,378	3,344	308,65
2018	33361	31080	1464	1462,560	104,590	1362,56	4,590	318,97
2019	35506	33225	2145	1556,598	106,430	1456,598	6,430	333,61
2020	35934	33653	428	1575,3	101,205	1475,362	1,205	355,06
2021	39934	37653	4000	1750,7	111,132	1650,72	11,132	359,34
2022	47386	45105	7452	2077,4	118,661	1977,42	18,661	399,34
2023	53579	51298	6193	2348,9	113,069	2248,92	13,069	473,86

В целом, по данным таблицы наблюдается устойчивая восходящая тенденция среднедушевых денежных доходов населения при одновременном замедлении относительных темпов их роста в последние годы, что характерно для перехода от этапа быстрого экстенсивного роста к более умеренным темпам развития.

В таблице 2 представлены структурные различия в структуре денежных доходов населения РФ (2000 и 2023 года) с помощью коэффициентов К. Гатева, А. Салаи и В. Рябцева.

Таблица 2 – Расчетные значения показателей структурных различий в структуре денежных доходов населения РФ (2000 и 2023 года), %

Название показателя	Значение
Коэффициент Гатева	0,375
Индекс Салаи	0,359
Индекс Рябцева	0,275

Исходя из рассчитанных индексов, можно сказать, что между 2000 и 2023 годами имеется существенный уровень различия, что говорит о том, что наблюдаются значительные изменения.

### 3. Заключение

Статический анализ уровня жизни населения РФ показывает, что несмотря на существующие проблемы и вывозы, наблюдается положительная динамика в большинстве ключевых показателей. Для дальнейшего улучшения качества и уровня жизни необходимо комплексное и системное решение социальных и экономических задач с учетом региональных особенностей и потребностей различных групп населения.

Только при условии сбалансированного развития экономики, социальной сферы и инфраструктуры возможно достижение устойчивого повышения уровня жизни и благосостояния граждан России.

#### Список литературы

1 Амирова С. А. Уровень и качество жизни населения в России / Вопросы устойчивого развития общества. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45672467>. – Текст : электронный (дата обращения: 05.01.2026).

2 Денежные доходы и расходы населения. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13270/?ysclid=ma5ncqkx9249032865> (дата обращения: 09.01.2026).

3 Гайфулина О. Лучшие страны для жизни. – Текст : электронный // Тонкости туризма : [сайт]. – 2025. – URL: <https://tonkosti.ru/%D0%96%D1%83> (дата обращения: 28.12.2025).

4 Регионы России. Социально-экономические показатели за 2000-2024 гг. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. – URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region\\_Pokaz\\_2022.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2022.pdf) (дата обращения: 05.01.2026).

5 Российский статистический ежегодник за 2000-2024 гг. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. –

URL: [http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejagodnik\\_2024.pdf](http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejagodnik_2024.pdf) (дата обращения: 05.01.2026).

# СИСТЕМА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В АНАЛИЗЕ АВТОМАТИЗАЦИИ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Скоков Л.Ю., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Нефтеперерабатывающая индустрия сегодня является лидером в применении высоких технологий и сталкивается с множеством задач, требующих увеличения продуктивности обработки нефти, сокращения издержек и защиты окружающей среды. Аппараты, осуществляющие массообмен, такие как сепараторы, ректификационные колонны, десорберы и другие установки, показанные на рисунке 1, играют ключевую роль в процессах разделения нефти и ее компонентов. Эффективное управление этими аппаратами напрямую влияет на качество конечного продукта, экологическую безопасность и прибыльность всей отрасли.

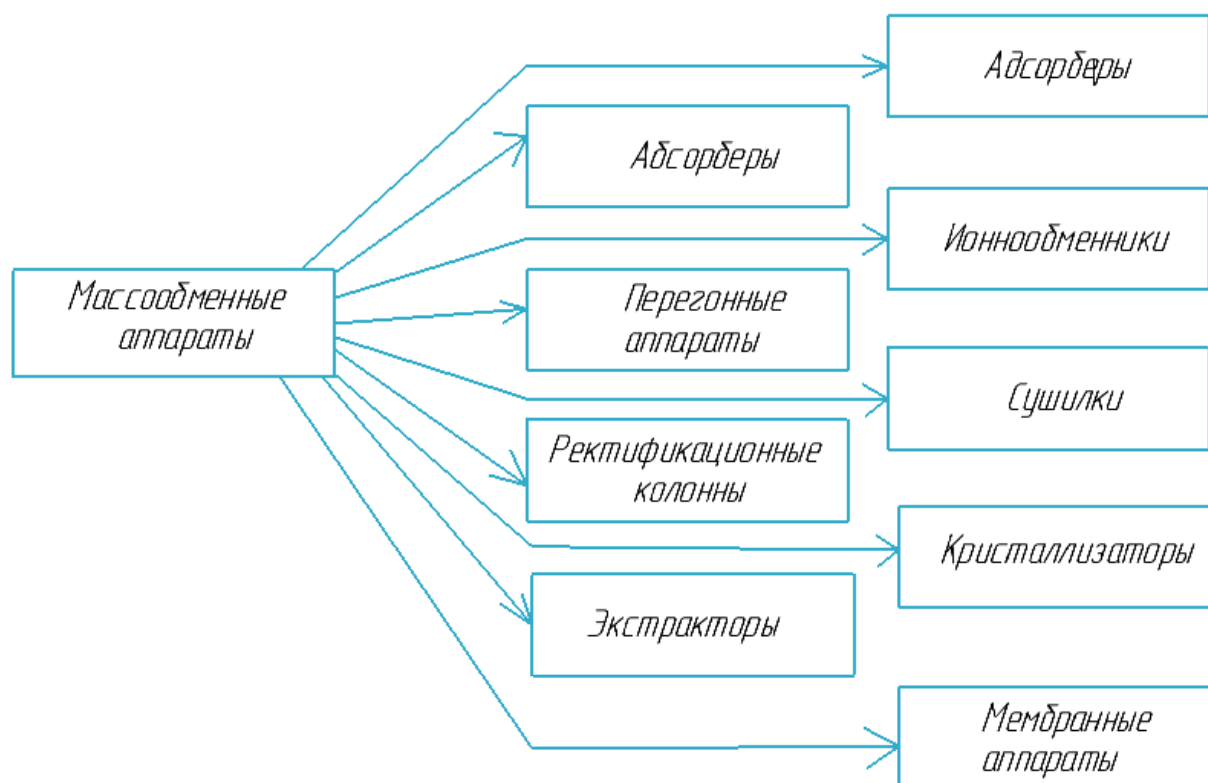


Рисунок 1 – Классификация массообменных аппаратов по назначению

В связи с увеличением объемов добычи и переработки сырой нефти, а также усложнением технологических процессов, автоматизация управления этими аппаратами является обязательным элементом современной нефтеперерабатывающей инфраструктуры. Создание и внедрение автоматизированных систем управления (АСУ) дает возможность гарантировать устойчивость функционирования оборудования, повысить

точность регулирования параметров технологического процесса, снизить риск возникновения аварий и обеспечить более эффективное использование ресурсов, на рисунке 2 изображена одна из систем, которая предоставляет возможность сохранять данные в больших объемах, на автоматическом уровне собирать данные о текущей статистике.

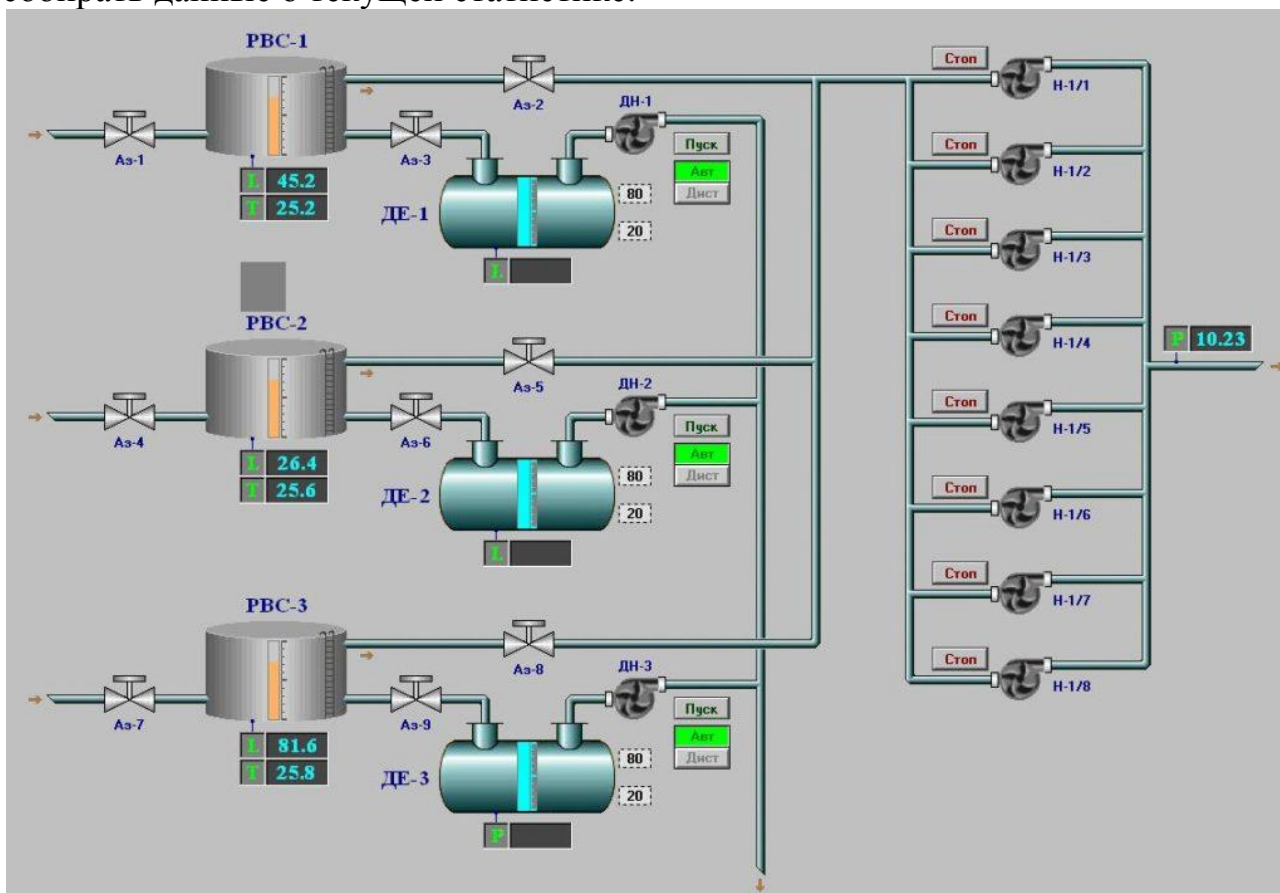


Рисунок 2 – Система автоматизации.

Особенно важным является создание систем, способных приспосабливаться к меняющимся условиям работы, что способствует росту конкурентоспособности компаний и уменьшению их негативного влияния на экологию.

В настоящее время автоматизированные комплексы управления процессами массообмена в нефтегазовой отрасли активно изучаются и повсеместно внедряются как в России, так и за границей. В международной практике широко распространены интегрированные системы автоматизированного мониторинга и управления, использующие современные коммуникационные протоколы, высокочувствительные сенсоры и интеллектуальные алгоритмы, которые позволяют:

- Своевременно обнаружить опасные отклонения в состоянии конструкции.
- Оптимизировать процессы.

В российской научной литературе накоплен значительный опыт в области моделирования процессов массопередачи, а также разработки способов оптимизации технологических параметров. В последние годы активно

рассматриваются вопросы повышения адаптивности комплексов, сокращения энергозатрат, повышения стабильности и безотказности автоматических управляющих устройств. Несмотря на существенные достижения, остаются нерешенные задачи, связанные с точностью измерений, устойчивостью комплексов при изменяющихся внешних условиях, а также объединением отдельных автоматизированных систем в единую технологическую сеть.

Предметом исследования является разработка и внедрение автоматизированных систем контроля для массообменных аппаратов, используемых в нефтепереработке. В процессе работы анализируются автоматические системы стабилизации основных рабочих параметров оборудования. Рассматривается интеграция этих систем в общую автоматизированную инфраструктуру предприятия.

Кроме того, акцент делается на разработке математических моделей и алгоритмов управления, принимающих во внимание специфику производственных процессов и условия эксплуатации оборудования. Данный подход позволяет оптимизировать работу колонн и повысить эффективность нефтеперерабатывающих предприятий.

Ключевыми задачами данного исследования выступают:

- Изучение доступных способов и технологических решений для автоматизации процессов массообмена в нефтеперерабатывающей отрасли, с акцентом на определение достоинств и недостатков.

- Формирование математических моделей для регулируемых аппаратов, принимающих во внимание специфику нефтяных течений, характеристики исходного сырья и условия эксплуатации.

- Генерирование алгоритмов автоматического управления параметрами технологических процессов, гарантирующих устойчивость и оптимизацию функционирования оборудования.

- Разработка структуры автоматизированных комплексов, включающей сенсоры, исполнительные устройства, программное обеспечение и сети связи.

- Определение путей увеличения отказоустойчивости и общей надежности систем автоматизированного управления.

- Осуществление экспериментальных работ и симуляция работы комплексов на действующих производственных площадках для оценки результативности внедрения.

- Оценка влияния внедрения автоматизированных комплексов на метрики технологического цикла, экономические показатели и экологическую безопасность производств.

Для достижения поставленных задач в рамках исследования, методами исследования, являются современные методы системного анализа, математического моделирования и оптимизации технологических процессов массообменных аппаратов. Используются алгоритмы автоматического регулирования, системы интеллектуального управления и адаптивные методы, позволяющие системам автоматически подстраиваться под изменения технологических условий. Важной частью является внедрение современных

информационных технологий, таких как SCADA-системы, протоколы промышленной связи, а также применение систем диагностики и предиктивного обслуживания. Методы статистического анализа и обработки данных позволяют оценивать эффективность системы, выявлять закономерности и оптимальные параметры работы оборудования.

Мировые исследования демонстрируют, что применение автоматизированных комплексов контроля за колонным оборудованием в нефтепереработке позволяет достичь следующих улучшений:

- Увеличение продуктивности процесса переработки нефти на 10-15%, что обусловлено более прецизионным контролем параметров и минимизацией потерь важных веществ.

- Сокращение потребления энергии на 10-20% благодаря оптимизации рабочих режимов установок и автоматическому регулированию эксплуатационных затрат.

- Сокращение частоты возникновения аварийных инцидентов и технологических нарушений на 20-25%, что положительно влияет на безопасность персонала и сохранность оборудования.

- Улучшение точности измерений и регулирования, что гарантирует устойчивое функционирование аппаратов и уменьшение операционных издержек.

Указанные результаты акцентируют внимание на важности активного внедрения автоматизированных комплексов для повышения конкурентоспособности нефтяных организаций и соответствия современным экологическим требованиям, по прогнозам российский рынок автоматизированных систем управления (АСУ) будет расти и далее, темп роста показан на рисунке 3.

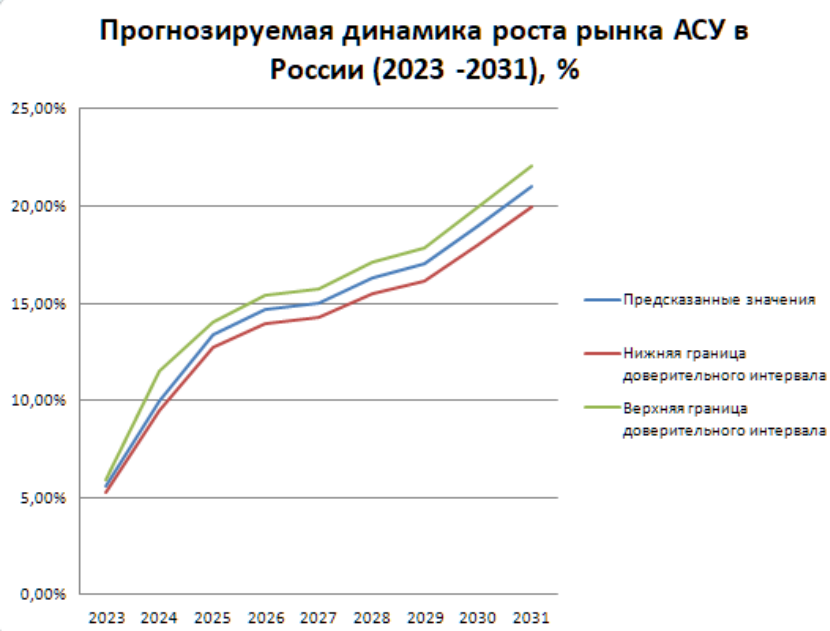


Рисунок 3 – Прогнозируемая динамика роста рынка АСУ в России 2022-2031 года.

Кроме этого следует рассмотреть возможные количественные и качественные статистические показатели, которые можно использовать при исследовании современных систем автоматизации в нефтяной промышленности.

Таблица 1 - Статистические показатели и критерии анализа систем автоматизации в нефтяной промышленности.

<b>Категория</b>	<b>Тип показателя</b>	<b>Название показателя / критерий</b>	<b>Пример использования</b>
Количественные показатели	Среднее значение	Средняя эффективность систем автоматизации	Среднее время отклика системы автоматизации за период
	Медиана	Медиана времени отклика системы	Медиана времени реакции системы при различных сценариях
	Стандартное отклонение	Распределение показателей по системам	Вариация времени отклика систем автоматизации
	Коэффициент вариации в регрессионном анализе	Величина вариации относительно среднего и коэффициенты регрессии	Величина вариации времени отклика у разных систем, влияние уровня автоматизации на производительность
	Критерий Фишера (F-критерий)	Проверка гипотезы о равенстве дисперсий	Сравнение эффективности нескольких систем автоматизации
	T-критерий	Проверка различий между двумя группами	Проверка, отличается ли эффективность двух разных систем

<b>Категория</b>	<b>Тип показателя</b>	<b>Название показателя / критерий</b>	<b>Пример использования</b>
Качественные показатели	Категориальные критерии	Уровень надежности, уровень автоматизации	Оценка надежности системы экспертами
	Критерий хи-квадрат	Проверка ассоциации между категориями	Связь между типом системы и уровнем надежности
	Критерий Фишера (F-test)	Сравнение распределений категориальных данных (сравнение табулированных и ишемических данных)	Различия в уровне автоматизации по типам систем
	Корреляционный анализ	Коэффициент корреляции Пирсона / Спирмена	Связь между уровнем автоматизации и частотой ошибок
	Экспертные оценки	Оценки специалистов по качеству систем	Оценка удобства эксплуатации, надежности и т.д.

Примечание – под статистическими показателями подразумеваются количественное и качественное отражение исследуемого процесса.

Статистический критерий – математическое правило, в соответствии с которым принимается или отвергается та или иная статистическая гипотеза с заданным уровнем значимости.

#### Список литературы

1. Ратасеп М. А., Варигин А. Н., Данильчук В.С. Современные тенденции развития газожидкостных массообменных аппаратов: текст научной статьи по специальности «Механика и машиностроение» Известия СПбГТИ(ТУ) №47(73) 2018. – Текст : электронный // cyberleninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-razvitiya-gazozhidkostnyh-massoobmennyh-apparatov-obzor/viewer>
2. Хасанов И.И. Логинова Е.А., История развития автоматизации нефтегазовых процессов: текст научной статьи по специальности «История и археология» История и педагогика естествознания 1- 2017. Текст : электронный

// cyberleninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-avtomatizatsii-neftegazovyh-protssesov/viewer>

3. Ермаков А.А. Ермаков С.А. Мостов Л.А. Мельник И.С. Русинова З.Р. Шевченко Е.А. Моделирование массопередачи в условиях самопроизвольной межфазной конвекции: текст научной статьи по специальности «Химические технологии» Башкирский химический журнал 2019. Том 26. №3 Текст : электронный // cyberleninka. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-massoperedachi-v-usloviyah-samoproizvolnoy-mezhfaznoy-konveksii/viewer>

4. Афанасьев В.Н. Анализ временных рядов и прогнозирование : учебник / Афанасьев В.Н.. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2026. — 307 с. — ISBN 978-5-4497-0269-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/154185.html>

# **РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ СНИЖЕНИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ РИСКОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ТЕОРИИ ИГР**

**Смагин Р.С.**

**ООО «Табер Трейд», город Москва**

Ведение предпринимательской деятельности в условиях современной рыночной экономики тесно сопряжено с понятием риска и принятием решений в условиях неопределенности.

Риск в предпринимательской деятельности рассматривается как дополнительные расходы, т.е. расходы выше запланированных, либо как доходы ниже ожидаемых.

Теория игр является математическим методом, который может использоваться для количественной оценки предпринимательского риска, а также последующего выбора оптимальной стратегии.

Для этого необходимо создать модель игры в нормальной форме, т.е. в виде платёжной матрицы, в которой строки будут означать возможные варианты решений, а столбцы – возможные состояния внешней среды.

Поскольку речь идет о выборе оптимальной стратегии в будущем периоде, базой для составления матрицы будут являться прогнозные значения, полученные в результате использования методов статистики и эконометрики.

На основе предложенного подхода нами проведен анализ и прогнозирование предпринимательских рисков по данным операционной отчетности розничной торговой сети «Магнит», управляемой ПАО «Магнит» за период 2005-2024 гг.

В рамках деятельности розничной торговой сети одним из ключевых вопросов для тактического и стратегического планирования, а также составления бюджета является определение необходимого объема закупки товаров на будущие периоды. Сложность данного вопроса продиктована неопределенностью уровня спроса в условиях рыночной экономики и прямой зависимостью уровня цен у поставщиков от объема закупки. Чем выше объем закупки – тем более низкие цены готов предоставить поставщик, вследствие чего у розничной торговой сети появляется возможность предоставить более низкие цены для конечного потребителя и, в конечном счете, получить преимущество в конкурентной борьбе. Однако, обратной стороной является риск закупить такое количество товара, которое значительно превысит спрос на рынке, что приведет к порче части товара и необходимости еще большего снижения розничных цен с целью повышения оборачиваемости, в результате чего неизбежно произойдет снижение уровня рентабельности чистой прибыли и в крайних случаях вместо чистой прибыли организация получит убыток.

Для проведения анализа будем использовать следующие показатели деятельности: объем выручки на квадратный метр торговой площади и рентабельность валовой прибыли. В качестве показателя, отражающего

состояния внешней среды будем использовать индекс физического оборота розничной торговли. Временные ряды данных показателей были предварительно проверены методом Фостера-Стюарта на наличие тенденции, а также с помощью теста Дарбина-Уотсона была проверена гипотеза об отсутствии коинтеграции.

Для моделирования тенденции индекса физического объема оборота розничной торговли проведем процедуру аналитического выравнивания. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты аналитического выравнивания временного ряда индекса физического объема оборота розничной торговли

Вид функции	Уравнение тренда	$R^2$	$ \bar{A} $	$S$
Линейная	$y = -0,5491x + 109,92$	0,20	4,87	6,39
Полином 2-й степени	$y = 0,1263t^2 - 3,2008t + 119,64$	0,47	4,26	5,18
Полином 3-й степени	$y = 0,0048t^3 - 0,0253t^2 - 1,8963t + 117,09$	0,48	4,08	5,13
Степенная	$y = 114,88t^{-0,047}$	0,32	4,52	5,90

Значения коэффициента детерминации ( $R^2$ ), средней относительной ошибки аппроксимации ( $|\bar{A}|$ ) и среднеквадратической ошибки прогноза ( $S$ ) позволяют сделать вывод, что наиболее точно данный показатель отражает полиномиальная функция 3-го порядка. Однако, необходимо отметить, что нет серьезных различий в качестве моделей по полиномиальной функции 2-го порядка и полиномиальной функции 3-го порядка. Увеличение степени полиномиальной функции в процессе интерполяции неизбежно приводит к улучшению показателей качества моделей, поскольку новые точки разворота тенденции в интерполирующей функции начинают отражать случайные отклонения.

С учетом вышесказанного для целей экстраполяции тенденции временного ряда индекса физического объема оборота розничной торговли нами использована полиномиальная функция 2-го порядка. В таблице 2 представлен интервальный прогноз индекса физического объема оборота розничной торговли, полученный в результате экстраполяции тенденции по полиному 2-й степени.

Таблица 2 – Интервальный прогноз индекса физического объема оборота розничной торговли, %

Год	Точечный прогноз	Нижняя граница интервала	Верхняя граница интервала
2025	108,12	106,43	109,81
2026	110,35	108,66	112,04
2027	112,83	111,14	114,53

На следующем этапе оценено уравнение регрессии, в котором в качестве эндогенной переменной будет выступать объем выручки на квадратный метр торговой площади ( $y$ ), а в качестве экзогенной переменной – индекс физического объема оборота розничной торговли ( $x$ ):

$$y = 441429,67 - 2259,75x.$$

Коэффициент регрессии при  $x$  показывает, что с увеличением индекса физического объема оборота розничной торговли на 1 %, выручка на квадратный метр торговой площади уменьшится на 2259,75 руб/м<sup>2</sup>.

Для полученного уравнения значение F-критерия Фишера составляет 4,83, при этом вероятность случайно получить такое значение F-критерия составляет 0,04 (не превышает допустимый уровень значимости 5 %), что говорит о статистической значимости всего уравнения.

Средняя относительная ошибка аппроксимации для полученного регрессионного уравнения составляет 10,43 %, следовательно, модель имеет хорошую точность.

На основе регрессионного уравнения рассчитан точечный прогноз объема выручки на квадратный метр торговой площади от точечного прогноза индекса физического объема оборота розничной торговли, а также от его нижней и верхней границ. Для 2026 года полученная матрица представлена на рисунке 1.

2026		Индекс физического объема оборота розничной торговли, %		
		нижняя граница	точечный прогноз	верхняя граница
		108,66	110,35	112,04
Объем выручки на м2 торговой площади, руб/м2	нижняя граница	130 985	127 161	123 337
	точечный прогноз	195 887	192 063	188 239
	верхняя граница	260 789	256 965	253 141

Рисунок 1 – Матрица прогноза объема выручки на квадратный метр торговой площади на 2026 год

Аналогичная матрица для 2027 года представлена на рисунке 2.

2027		Индекс физического объема оборота розничной торговли, %		
		нижняя граница	точечный прогноз	верхняя граница
		111,14	112,83	114,53
Объем выручки на м2 торговой площади, руб/м2	нижняя граница	125 375	121 551	117 727
	точечный прогноз	190 276	186 453	182 629
	верхняя граница	255 178	251 354	247 530

Рисунок 2 – Матрица прогноза объема выручки на квадратный метр торговой площади на 2026 год

Для того, чтобы перейти от объема выручки на квадратный метр торговой площади к объему валовой прибыли на квадратный метр торговой площади, нами оценено регрессионное уравнение, в котором в качестве эндогенной

переменной выступает рентабельность валовой прибыли ( $y$ ), а в качестве экзогенной – объем выручки на квадратный метр торговой площади ( $x$ ):

$$y = 13,84 + 0,000048x.$$

Наблюдаемое значение F-критерия Фишера составляет 7,00, при этом вероятность случайно получить такое значение F-критерия составляет 0,02 (не превышает допустимый уровень значимости 5 %), что говорит о статистической значимости полученного уравнения.

Средняя относительная ошибка аппроксимации для уравнения регрессии составляет 9,45 %, следовательно, модель имеет хорошую точность.

По регрессионному уравнению рассчитан вариантный прогноз рентабельности валовой прибыли. Для 2026 года результат представлен на рисунке 3.

2026		Индекс физического объема оборота розничной торговли, %		
		нижняя граница	точечный прогноз	верхняя граница
		108,66	110,35	112,04
Рентабельность валовой прибыли, %	нижняя граница	20,10	19,92	19,74
	точечный прогноз	23,21	23,03	22,84
	верхняя граница	26,31	26,13	25,95

Рисунок 3 – Матрица прогноза рентабельности валовой прибыли на 2026 год

Для 2027 года аналогичная матрица представлена на рисунке 4.

2027		Индекс физического объема оборота розничной торговли, %		
		нижняя граница	точечный прогноз	верхняя граница
		111,14	112,83	114,53
Рентабельность валовой прибыли, %	нижняя граница	19,84	19,65	19,47
	точечный прогноз	22,94	22,76	22,57
	верхняя граница	26,04	25,86	25,68

Рисунок 4 – Матрица прогноза рентабельности валовой прибыли на 2027 год

Перед тем, как перейти к платёжной матрице, нам также необходимо рассчитать вероятности для каждого из состояний внешней среды, которые выражаются в нашем случае интервальным прогнозом индекса физического объема оборота розничной торговли.

Для этого рассчитаем цепные темпы прироста по временному ряду индекса физического объема оборота розничной торговли, примем допущение о том, что изменения в пределах 2% являются стагнацией и рассчитаем отношения благоприятных исходов (снижения, стагнации, роста) к общему числу исходов.

В результате получим следующие данные, представленные в таблице 3.

Для того, чтобы получить элементы платёжной матрицы с учётом вероятности необходимо найти произведение объема выручки на квадратный метр торговой площади на рентабельность валовой прибыли, чтобы получить валовую прибыль на квадратный метр торговой площади, а затем дополнительно умножить полученные значения на вероятности, полученные на предыдущем шаге.

Таблица 3 – Вероятности различных состояний внешней среды

Соответствие прогнозу индекса физического объема оборота розничной торговли	Событие	Количество благоприятных исходов	Вероятность
Нижняя граница	Снижение	6	0,32
Точечный прогноз	Стагнация	8	0,42
Верхняя граница	Рост	5	0,26

В результате получим итоговые платежные матрицы. Для 2026 года полученная матрица представлена на рисунке 5.

2026		Индекс физического объема оборота розничной торговли, %		
		нижняя граница	точечный прогноз	верхняя граница
		108,66	110,35	112,04
		0,32	0,42	0,26
Выигрыш	нижняя граница	8 316	10 666	6 406
	точечный прогноз	14 356	18 620	11 315
	верхняя граница	21 669	28 271	17 284

Рисунок 5 – Платёжная матрица для 2026 года

Полученная аналогичным образом матрица для 2027 года представлена на рисунке 6.

2027		Индекс физического объема оборота розничной торговли, %		
		нижняя граница	точечный прогноз	верхняя граница
		111,14	112,83	114,53
		0,32	0,42	0,26
Выигрыш	нижняя граница	7 853	10 058	6 032
	точечный прогноз	13 784	17 866	10 849
	верхняя граница	20 987	27 369	16 727

Рисунок 6 – Платёжная матрица для 2027 года

Как можно увидеть из полученных результатов и для 2026, и для 2027 года максимальный выигрыш по платёжным матрицам находится на пересечении состояния стагнации внешней среды, т.е. точечного прогноза индекса физического объема оборота розничной торговли и верхней границы

интервального прогноза объема выручки на квадратный метр торговой площади. Поскольку мы использовали значения вероятностей состояния внешней среды, то критерии выбора оптимальной стратегии не применяются, а решение принимается на основе максимального значения выигрыша. В данном случае оптимальным закупочным оборотом организации будет являться разность между объемом выручки на квадратный метр торговой площади и валовой прибылью на квадратный метр торговой площади, что в результате будет являться себестоимостью товарного запаса на квадратный метр торговой площади, умноженная на текущую торговую площадь.

В случае если полученная сумма будет не оптимальной с точки зрения бюджетирования, что становится особенно актуальным при высоких значениях ключевой процентной ставки Центрального Банка, либо наличии риска её значительного снижения в предстоящих периодах, то выбирается следующее по размеру выигрыша значение и так далее.

Таким образом, на основе комбинации методов теории игр и методов статистического прогнозирования можно создать гибкий инструмент выбора базовой стратегии розничной торговой сети. При этом стратегия будет основана не только на цели по максимизации прибыли, но и на управлении предпринимательским риском, а именно на его снижении в условиях рыночной экономики.

#### Список литературы

1. Годовой отчет ПАО «Магнит» 2005-2024 гг. – Режим доступа : [https:// magnit.com/ru/shareholders-and-investors/results-and-reports/](https://magnit.com/ru/shareholders-and-investors/results-and-reports/)
2. Российский статистический ежегодник. 2025: Стат.сб./Росстат. – М., 2025 – 621 с.

# МНОГОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ ИОДА И БРОМА В ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ СРЕДАХ

Степанов А.Д., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

В рамках нефтепромысловых работ актуально использовать пластовые и подтоварные воды для извлечения дополнительных продуктов. Одним из таких являются галогены, которыми богаты высокоминерализованные воды, однако в процессе извлечения окислительно-экстракционными методами, перед исследователями возникает проблема слабо воспроизводимых и невозможных результатов извлечения, вызванные недостаточным контролем процесса и механизма химических превращений.

Для контроля окисления и экстракции при извлечении галогенов в ионной форме, в особенности брома и йода, актуально использовать потенциометрические методы анализа, включая потенциометрическое титрование. Результаты физико-химических исследований такого рода необходимо строго контролировать статистическими методами исследования погрешности измерения, включая дисперсионный анализ [1].

Для исследования предложен метод многофакторного анализа процесса извлечения, на основе которого произведено изучение процесса и его статистическое описание [2].

Анализ произведен на контрольном растворе, роль которого выполняет модельный раствор. Состав включает в себя галогенид-ионы в количестве 20 мг/л I<sup>-</sup> (в пересчёте на KI) и 200 мг/л Br<sup>-</sup> (в пересчёте на KBr). При этом снятие кривой проводилось в координатах E (ЭДС) – t (время) с учётом производительности насоса подачи титранта (5 мл/мин).

Потенциалы отражают 3 основных чётких перехода, обусловленные переходами [3-6]:

- 1) I<sup>-</sup> в I<sub>2</sub>,
- 2) I<sub>2</sub> в IO<sub>3</sub><sup>-</sup>,
- 3) Br<sup>-</sup> в Br<sub>2</sub>.

Точные значения потенциала окисления содержатся в точках экстремума и в локальных точках максимума на графике первого дифференциала [7], следовательно из него, мы можем получить следующие данные, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты модельного титрования

Тип перехода	ЭДС <sub>раствора</sub> , мВ	ЭДС <sub>справ.</sub> , мВ	ε <sub>отклонение</sub> , %
I <sup>-</sup> в I <sub>2</sub>	590,8	580,0	5,5
I <sub>2</sub> в IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ,	760,3	790,0	3,9
Br <sup>-</sup> в Br <sub>2</sub>	998,4	1050,0	5,1

Погрешность определяется флуктуациями условий проведения исследования, что требуется проанализировать с помощью метода многофакторного эксперимента, в рамках которого исследуется стохастическая зависимость одной из величин от другой, при этом общий функциональный вид, при величинах  $X$  и  $Y$ , следующий [8]:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

где зависимая переменная  $Y$  - функцией отклика,  $X_n$  – фактор эксперимента.

Для планирования используется модель «черного ящика», суть которой представлена на рисунке 1 [9].

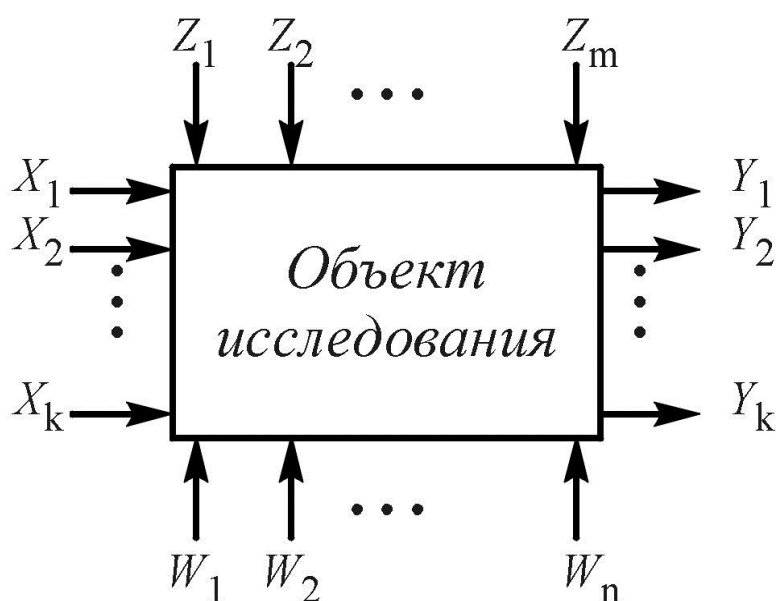


Рисунок 1 – Модель «черного ящика»

В рамках концепции «черного ящика» планирование эксперимента интерпретируется как процедура оптимизации, направленная на получение статистически достоверных оценок параметров модели с заданным уровнем прецизионности при минимизации числа наблюдений. Согласно методологии [10], алгоритм реализации включает следующие этапы:

- 1) определение факторного пространства и установление границ областей варьирования независимых переменных,
- 2) априорный анализ предполагаемого вида функциональной зависимости (аппроксимирующего полинома),
- 3) синтез плана эксперимента (формирование матрицы планирования),
- 4) эмпирическая реализация плана,
- 5) статистическая верификация адекватности полученных результатов (оценка дисперсии воспроизводимости),

б) проверка статистической значимости коэффициентов регрессии и влияния отдельных факторов.

Как правило, идентификация доминирующих факторов и спецификация функции отклика базируются на анализе априорной информации и результатах предварительных исследований.

При реализации двухфакторного эксперимента интервалы варьирования переменных устанавливаются с учетом физических границ факторов и требований к локальной линейности (или нелинейности) модели в исследуемой области [11]:

$$X_{1в} = X_{10} + \Delta X_1,$$

$$X_{1н} = X_{10} - \Delta X_1,$$

$$X_{2в} = X_{20} + \Delta X_2,$$

$$X_{2н} = X_{20} - \Delta X_2.$$

Таким образом при линейном эксперименте нужно провести четыре вариационных опыта, при этом полученная таблица называется матрицей функции отклика, в которой используются нормированные и натуральные значения величин, которые связаны соотношением:

$$\tilde{X}_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (2)$$

где  $X_i$  – исходный уровень  $i$ -го фактора,  $\Delta X_i$  – исходный уровень и интервал варьирования  $i$ -го фактора,  $i$  – номер фактора.

Исходя из этого, нижний и верхний уровень фактора будут равны:

$$\tilde{X}_{iв} = \frac{X_{iв} - X_{i0}}{\Delta X_i} = \frac{X_{i0} + \Delta X_i - X_{i0}}{\Delta X_i} = +1;$$

$$\tilde{X}_{iн} = \frac{X_{iн} - X_{i0}}{\Delta X_i} = \frac{X_{i0} - \Delta X_i - X_{i0}}{\Delta X_i} = -1.$$

В нашей системе основными варьирующимися параметрами является рН и температура, тогда матрица планирования для эксперимента по анализу потенциала извлечения йода и брома будет выглядеть следующим образом, представленным в таблице 2 [12].

Таблица 2 – Матрица планирования для эксперимента по анализу потенциала извлечения йода и брома

Номер опыта	pH	T
1	+1	+1
2	-1	+1
3	+1	-1
4	-1	-1

Верхним предельным значением pH является 2,75, при котором механизм реакции изменяется, не позволяя выделять йод и бром, нижней границей является 1, так как создание более низкого pH для больших объёмов пробы будет экономически невыгодно на производстве в рамках затраты серной кислоты [13].

Для температуры верхним пределом является 35°C, так как при более высокой начинается интенсивные потери йода вследствие испарения, нижней границей установлена 20°C, как наименьшая возможная равновесная температура, для установки которой не требуется охлаждение [14-15].

Суммарно такой эксперимент потребует 4 опыта и был проведён, используя установку по потенциометрическому титрованию. Полученные результаты перенесены в матрицу эксперимента, представленные в таблице 2.

Таблица 3 – Полученные результаты включенные в матрицу планирования для эксперимента по анализу потенциала извлечения йода и брома

Номер опыта	pH	T	Значение ЭДС, мВ
1	+1	+1	619,10 / 796,80 / 1001,10
2	-1	+1	595,80 / 781,80 / 1011,40
3	+1	-1	609,60 / 794,20 / 1010,40
4	-1	-1	571,70 / 780,50 / 989,90

Основная задача двухфакторного эксперимента построить модель зависимости для функции отклика [16]. В рамках данного исследования проверим значимость неполного полинома второй степени.

Полиномиальная модель:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2$$

При этом в данном случае коэффициент b будет равен:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N Y_u}{N}$$

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N \tilde{X}_{iu} Y_u}{\sum_{u=1}^N \tilde{X}_{iu}^2} = \frac{\sum_{u=1}^N \tilde{X}_{iu} Y_u}{N}$$

Соответственно для двухфакторного эксперимента:

$$b_0 = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{4}$$

$$b_1 = \frac{Y_1 - Y_2 + Y_3 - Y_4}{4}$$

$$b_2 = \frac{Y_1 + Y_2 - Y_3 - Y_4}{4}$$

$$b_{12} = \frac{Y_1 - Y_2 - Y_3 + Y_4}{4}$$

Полученные значения  $b$  являются коэффициентами регрессии и позволяют сделать математическую модель результатов. Полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Полученные данные вычисления коэффициентов регрессии

$b$	$b(Y_1)$	$b(Y_2)$	$b(Y_3)$
0	599,05	788,33	1003,20
1	15,30	7,18	2,55
2	8,40	3,98	3,05
12	-3,65	0,33	-7,70

Получаем следующие уравнения:

$$Y_1 = 599,05 + 15,3X_1 + 8,4X_2 + -3,65X_1X_2$$

$$Y_2 = 788,325 + 7,175X_1 + 0,975X_2 + 0,325X_1X_2$$

$$Y_3 = 1005,075 + 0,675X_1 + 4,925X_2 + -9,575X_1X_2$$

Полученные коэффициенты регрессии требуется проверить на значимость, для этого необходимо вычислить ширину доверительного интервала.

$$\Delta b_i = \pm tS(b_i),$$

где  $\pm t$  – коэффициент Стьюдента.

Далее выполняется алгоритм статистического анализа эксперимента:

- 1) определение дисперсии параллельных опытов,
- 2) анализ дисперсии воспроизводимости,
- 3) определение дисперсии  $b_i$ ,
- 4) вычисление погрешности  $b_i$ .

Каждый из этапов содержит необходимую информацию для определения погрешности как отдельного шага эксперимента, так и всего ПФЭ (полнофакторный эксперимент). Результат выполнения алгоритма представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Результат статистического анализа эксперимента

Параметр	Формула	Значение (Y <sub>1</sub> )	Значение (Y <sub>2</sub> )	Значение (Y <sub>3</sub> )
Дисперсия параллельных опытов	$S_i^2 = \frac{\sum (y_i - y)^2}{f_1}$	423,96	70,04	100,13
Дисперсия воспроизводимости	$S_i^2(y) = \frac{\sum S_i^2}{N}$	105,99	17,51	25,03
Дисперсия $b_i$	$S_{b_i}^2 = \frac{S^2(y)}{N \cdot n}$	26,49	4,37	1,56
Погрешность $b_i$	$S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2}$	2,57	1,05	1,25
Доверительный интервал $\Delta b_i$	$\Delta b_i = \pm tS(b_i)$	8,19	3,33	1,98

Получившийся доверительный интервал охватывает  $b_1$ ,  $b_2$ , но не  $b_{12}$  коэффициенты регрессии, что говорит о линейной функции репликации.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2$$

В результате проведения двухфакторного эксперимента, видим, что:

- 1) присутствует линейная зависимость потенциала извлечения с рН и температурой [16],
- 2) наибольшее влияние оказывает для извлечения иода (первый и второй переход) рН среды, так как  $b_1 > b_2$ , что подтверждается механизмом извлечения, в реакции которого присутствует  $H^+$ ,
- 3) взаимовлияние температуры и рН отсутствует, так как  $b_{12}$  не значим.

### Список литературы

- 1 Афанасьев, В. Н. Статистическая методология в научных исследованиях: учебное пособие для аспирантов / Афанасьев В. Н. - Оренбург: ОГУ, 2017. - 245 с.
- 2 Denitza Voutchkova, Vibeke Ernstsens Iodine in major Danish aquifers // *Environmental Earth Sciences*. – 2017. – № 76. – С. 447.
- 3 Критерии выбора аналитического оборудования на примере электрохимических методов анализа / М. И. Тартынова, Г. Н. Носкова, В. И. Чернов, А. Н. Мержа // *Экологические системы и приборы*. – 2008. – № 4. – С. 14-18.
- 4 ИонOMETрическое определение кадмия (II) в виде галогенидных анионных комплексов / Ю. И. Матюшкина, О. П. Сажина, А. О. Санаев, А. А. Шабарин // *Огарёв-Online*. – 2016. – № 19(84). – С. 8.
- 5 Курзнев, И. Р. Современные методы определения тяжелых металлов в почве / И. Р. Курзнев, Т. А. Василенко // *Актуальные аспекты и перспективы развития современной биотехнологии : Сборник докладов Международной научной конференции, Белгород, 26–28 марта 2024 года*. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. – С. 343-348.
- 6 Одновременное определение галогенов в органических соединениях с использованием ионоселективных электродов / В. П. Фадеева, Ю. М. Дерябина, О. Н. Никуличева, В. Д. Тихова // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2015. – Т. 81, № 7. – С. 19-23.
- 7 Сравнительная оценка эффективности сорбционного извлечения иода из хлоридных растворов / Бао Динь Куок Нгуен, М. С. Черновьянц, И. В. Бурыкин, А. С. Анохин // *Журнал физической химии*. – 2012. – Т. 86, № 12. – С. 2031.
- 8 Studying the characteristics of iodine sorption in synthesized ion - exchangers / S. S. Konyratbekova, A. O. Baikunurova, G. A. Usoltseva [et al.] // *Комплексное использование минерального сырья*. – 2022. – No. 4(323). – P. 51-59.
- 9 Анализ кривых потенциометрического титрования вин, полученных из винограда сорта Красностоп золотовский / Н. К. Стрижов, О. Н. Шелудько, Т. И. Гугучкина [и др.] // *Эксклюзивные технологии производства мясных, молочных и рыбных продуктов : Материалы международной научно-практической конференции, Краснодар, 19 апреля 2019 года*. – Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2019. – С. 45-52.
- 10 Федоров, А. А. Расчет и графическое изображение кривых титрования с помощью компьютера / А. А. Федоров, Т. С. Шмата // *Журнал аналитической химии*. – 2004. – Т. 59, № 5. – С. 454-459.
- 11 Планирование и обработка результатов эксперимента : Учебник / С. В. Бочкарев, Т. В. Васильева, А. Л. Галиновский [и др.]. – Старый Оскол : ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2020. – 508 с.

12 Янченко, А. В. Обработка данных и планирование активного эксперимента : учеб. пособие / А. В. Янченко ; А. В. Янченко; М-во образования Рос. Федерации, Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Комсом.-на Амуре гос. техн. ун-т". – Комсомольск-на-Амуре : Комсом.-на Амуре гос. техн. ун-т, 2005. – 74 с.

13 Пестриков, В. М. Планирование и обработка результатов эксперимента : Учебное пособие / В. М. Пестриков. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения, 2019. – 88 с.

14 Парфенюк, В. И. Термодинамические характеристики пересольватации бромид-ионов в смесях вода-диметилсульфоксид / В. И. Парфенюк, Т. И. Чанкина // Электрохимия. – 2002. – Т. 38, № 3. – С. 368-370.

15 Никишечкин, А. П. Экспериментальная проверка влияния факторов на нелинейность функции отклика в планах полного факторного эксперимента / А. П. Никишечкин // Наука и инновации - современные концепции : Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума, Москва, 14 декабря 2023 года. – Москва: ООО "Инфинити", 2023. – С. 121-126.

16 Городничева, Е. В. Факторное планирование эксперимента при исследовании объектов с ограничениями на функцию отклика / Е. В. Городничева, Ю. А. Сосулин // Актуальные проблемы современной науки и производства : Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции «, Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, 27–29 ноября 2024 года. – Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, 2024. – С. 307-312.

# **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ВАЛИДАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ АСУ ТП: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА И КОЛМОГОРОВА-СМИРНОВА**

**Султанов А.Т.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Внедрение цифровых двойников в контуры автоматизированных систем управления технологическими процессами стало ключевым трендом Индустрии 4.0. Однако их эффективное и безопасное использование напрямую зависит от доказанной адекватности виртуальной модели реальному объекту. Цифровой двойник перестал быть концепцией и превратился в критически важный инструмент для предиктивного обслуживания, оптимизации режимов и виртуальных испытаний в отраслях с непрерывными и дискретными процессами. Интеграция в контур автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) способствует переходу от реактивного к проактивному управлению. Тем не менее, она также сопряжена с значительными рисками: решения, основанные на некорректно построенных моделях, могут привести к финансовым потерям, простоям или аварийным ситуациям.

Существует системное противоречие: несмотря на большие инвестиции в разработку сложных гибридных моделей, их верификация и валидация зачастую осуществляются на поверхностном уровне. Вместо применения строгих количественных метрик и статистических тестов, процесс сводится к субъективному визуальному сравнению графиков, что является научно не корректным и вызывает сомнения в надежности всей модели. Таким образом, возникает острая потребность в стандартизированных, воспроизводимых и объективных процедурах статистической валидации и верификации.

Объект исследования: цифровой двойник технологических установок в контуре автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Предмет исследования: методы и критерии статистической валидации и верификации цифровых двойников.

Основная новизна исследования заключается не в простом применении известных статистических методов, а в разработке и обосновании специализированного, комплексного методологического подхода к статистической валидации цифровых двойников АСУ ТП, который системно решает присущие ей уникальные задачи.

Цель исследования провести сравнительный анализ применимости методов дисперсионного анализа и Колмогорова-Смирнова к валидации и верификации цифровых двойников.

Задачи исследования:

1. Сформулировать специфические требования, предъявляемые к процедурам статистической валидации цифровых двойников АСУ ТП, исходя из особенностей данных и целей их использования

2. Осуществить сравнительный анализ дисперсионного анализа и критерия согласия Колмогорова-Смирнова как инструментов валидации

3. Выявить и обобщить ключевые методологические пробелы и ограничения в прямом применении классических статистических методов к задаче валидации цифровых двойников

Цифровой двойник в рамках автоматизированной системы управления технологическими процессами представляет собой гибридный объект, выполняющий функции как инструмента для глубокого анализа, так и активной прогностической модели, способствующей принятию решений. Этот статус обуславливает набор строгих требований к процедурам его статистической валидации, которые можно классифицировать по нескольким основным аспектам.

1. Специфические требования к процедурам статистической валидации цифровых двойников АСУ ТП

В контуре АСУ ТП цифровой двойник выступает как гибридный объект: одновременно являясь средством для углублённого анализа и активной прогностической моделью, влияющей на процесс принятия решений [1]. Этот статус предъявляет комплекс строгих требований к процедурам его статистической валидации.

Во-первых, требования к точности и достоверности обладают многомерным характером. Процедура валидации должна количественно оценивать адекватность цифрового двойника не в отдельных точках, а на репрезентативной сетке режимов, охватывающей весь эксплуатационный диапазон установки — от холостого хода и номинальной нагрузки до критических переходных ситуаций.

Во-вторых, специфика данных АСУ ТП формирует набор методологических требований к валидационным процедурам. Ключевым из них является требование устойчивости к автокорреляции: временные ряды технологических параметров и, в особенности, остатки («реальность — модель») как правило обладают инерционностью, поэтому методы валидации должны быть либо по своей природе робастными к автокорреляции, либо включать этап декорреляции данных.

В-третьих, с учётом прикладной роли двойника предъявляются строгие требования к интерпретируемости и контекстной значимости результатов. Статистические выводы необходимо однозначно переводить в технологически релевантные метрики. Например: «Систематическая ошибка прогноза температуры +2°C в режиме X превышает допустимый для контроля качества порог в 0.5°C». Это требование инженерной интерпретируемости.

2. Сравнительный анализ дисперсионного анализа и критерия Колмогорова-Смирнова как инструментов валидации цифровых двойников

Для комплексной оценки адекватности цифрового двойника необходимо применение различных статистических инструментов, каждый из которых отвечает на свой специфический вопрос. Дисперсионный анализ и критерий согласия Колмогорова-Смирнова демонстрируют принципиально разные методологические подходы [2]. Их сравнительное сопоставление позволяет определить роль и место каждого метода в общем протоколе валидации.

Таблица 1 – Сводная таблица сравнительных характеристик

Критерий сравнения	Дисперсионный анализ	Критерий согласия Колмогорова-Смирнова
Основная задача	Обнаружение систематических различий между средними значениями в группах	Оценка совпадения формы эмпирического и теоретического распределений
Объект анализа	Групповые средние	Все кумулятивная функция распределения
Чувствительность	Чувствителен к смещению среднего.	Чувствителен к любому отклонению в распределении
Тип проверяемой гипотезы	Но: Фактор не оказывает влияния; средние значения исследуемого признака во всех группах равны. H <sub>1</sub> : Хотя бы одно среднее отличается.	Но: Эмпирические данные (выборка) подчиняются предполагаемому теоретическому закону распределения Но: Распределения различаются.
Ключевые предпосылки и их нарушение в данных АСУ ТП	1 Нормальность распределения остатков внутри групп 2 Независимость наблюдений	1 Независимость наблюдений 2 Непрерывность распределения
Главные ограничения в контексте валидации	1 Слепота к форме распределения. 2 Критическая зависимость от независимости данных	1 Не указывает на причину различия 2 Малая мощность для малых выборок и гиперчувствительность для больших 3 Стандартная форма неприменима к автокоррелированным данным

Дисперсионный анализ и критерий согласия Колмогорова-Смирнова являются не конкурентами, а взаимодополняющими инструментами,

проверяющими разные аспекты адекватности цифрового двойника. Их следует применять последовательно:

– Анализ систематических погрешностей. На данном этапе данные предварительно разделяются по технологическим режимам; задача состоит в установлении наличия статистически значимого и воспроизводимого смещения в выходе цифрового двойника, поддающегося коррекции калибровкой. Отвержение нулевой гипотезы  $H_0$  свидетельствует о наличии такой систематической ошибки, и дальнейшая валидация теряет смысл до её устранения.

– Анализ случайной составляющей. После компенсации систематических сдвигов исследуются остатки модели. Критерий Колмогорова–Смирнова проверяет, соответствуют ли остатки ожидаемому случайному шуму (например, нормальному распределению). Отвержение  $H_0$  на этом этапе указывает на принципиальную неадекватность модели для описания стохастической природы процесса (например, из-за неучтённых нелинейностей или неверной модели шумов), что критично для прогноза и оценки рисков.

3. Выявление ключевых методологических пробелов и ограничений прямого применения классических статистических методов к задаче валидации цифровых двойников

Непосредственное и формальное применение традиционных статистических методов, таких как дисперсионный анализ или тесты согласия, для валидации цифровых двойников АСУ ТП сталкивается с рядом непреодолимых методологических ограничений, обусловленных фундаментальным несоответствием между идеализированными допущениями статистических моделей и сложной, структурированной природой реальных промышленных данных [3]. Эти ограничения создают существенные пробелы в методологии, в результате чего выводы прямого анализа часто оказываются некорректными или вводящими в заблуждение.

Наиболее значимым изъяном является нарушение базовой предпосылки о независимости наблюдений. Традиционные статистические тесты исходят из того, что данные — независимые реализации случайной величины. Данные же, генерируемые цифровым двойником и реальной АСУ ТП, представляют собой сильно автокоррелированные временные ряды: инерция технологического процесса, динамика ПИД-регуляторов и цикличность работы оборудования формируют выраженную временную зависимость. Вследствие этого прямое применение, например, дисперсионного анализа к таким данным приводит к существенному завышению статистической значимости — тесты начинают «обнаруживать» систематические смещения там, где их нет лишь потому, что ошибки сгруппированы во времени.

Следующим методологическим изъяном обусловлен нестационарностью и многорежимностью. Традиционные методы, как правило, предполагают стационарность процессов, генерирующих данные. Между тем цифровой двойник должен адекватно работать в принципиально различных, часто дискретных режимах технологической установки — пуск, выход на номинал,

изменение нагрузки, остановка, аварийные процедуры. Объединение данных из этих разнородных режимов в единую выборку для анализа приводит к смешанным, мультимодальным распределениям ошибок.

Последнее ограничение относится к сфере интерпретации и имеет скорее мировоззренческий характер. В классической статистике центральным является понятие статистической значимости, которое указывает лишь на надёжность обнаружения эффекта, но не отражает его практической или инженерной ценности. При обработке больших объёмов данных, поступающих из АСУ ТП, даже технологически несущественное систематическое смещение (например, 0,05°С) может получить высокую статистическую значимость. В итоге возникает глубокое расхождение между выводом аналитика («эффект обнаружен,  $p < 0,001$ ») и практическим решением инженера.

4. Перспективы развития и применения статистических методов в создании и эксплуатации цифровых двойников АСУ ТП

Несмотря на выявленные методологические пробелы, перспективы использования статистических методов, в частности дисперсионного анализа и критериев согласия, в области цифровых двойников не только сохраняются, но и качественно трансформируются. Их будущее видится не в роли изолированных инструментов проверки, а в качестве ключевых компонентов интеллектуального контура жизненного цикла двойника — от его создания и калибровки до непрерывного мониторинга адекватности и самообучения.

Это развитие будет идти по нескольким взаимосвязанным направлениям:

- Эволюция в сторону адаптивных и динамических протоколов валидации. Вместо разовой проверки по историческому срезу данных, адаптированные версии дисперсионного анализа и критериев согласия будут работать в режиме реального времени на потоке остатков «двойник-реальность».

- Интеграция в гибридные аналитические платформы и симбиоз с машинным обучением.

- Формирование основы для стандартизации, сертификации и нормативного контроля.

5. Заключение

Цифровые двойники становятся основой для цифровой трансформации промышленности. Доверие к ним должно быть построено на прочном фундаменте статистически обоснованной валидации. Классические методы, такие как дисперсионный анализ и критерий Колмогорова-Смирнова, обладают значительным потенциалом для решения этой задачи, однако их прямое применение ограничено спецификой данных АСУ ТП.

Настоящий обзор показывает, что будущее лежит в создании гибридных, многоэтапных протоколов, которые комбинируют силу разных статистических инструментов для всесторонней оценки адекватности модели. Такие протоколы должны включать этапы предобработки данных для учета автокорреляции, отдельную проверку на систематические и случайные ошибки и обязательную увязку статистических выводов с инженерно-экономическими критериями.

Разработка и стандартизация подобных методик является актуальной междисциплинарной задачей, решение которой ускорит надежное внедрение технологий цифровых двойников в реальное производство.

#### Список литературы

1. Современные проблемы цифровых двойников в АСУ ТП: аналитический обзор / В. И. Иванов [и др.]; под ред. А. А. Сидорова // Автоматизация в промышленности. – 2022. – № 5. – С. 34–45.
2. Жарков, С. В. Цифровые двойники в промышленности: от концепции к внедрению / С. В. Жарков, А. А. Петров // Информационные технологии. – 2020. – Т. 26, № 5. – С. 268–275.
3. Борисов, В. В. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами: современное состояние и перспективы / В. В. Борисов // Проблемы управления. – 2018. – № 6. – С. 2–12.
4. Фомин, Е. Л. Имитационное моделирование как ядро цифрового двойника технологического процесса / Е. Л. Фомин, Д. А. Соколов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». – 2021. – № 3(138). – С. 4–19.
5. Тао, Ф. Цифровой двойник в промышленности: состояние и перспективы / Ф. Тао, Х. Чжан, А. Лю, А. И. С. Ни; пер. с англ. – Москва: Техносфера, 2021. – 298 с. – ISBN 978-5-94836-567-8

## **СУБЪЕКТИВНЫЕ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ДОМОХОЗЯЙСТВ: СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НА ПАНЕЛЬНЫХ ДАННЫХ**

**Трегубова А.А., канд. экон. наук, доцент  
Ниворожкина Л.И., д-р экон. наук, профессор,  
Синявская Т.Г., канд. экон. наук, доцент**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»,  
город Ростов-на-Дону**

В современных условиях экономической турбулентности особое внимание следует уделять повышению устойчивости населения как способности эффективно противостоять негативным потрясениям, приспосабливаться к ним и сохранять потенциал восстановления после длительных финансовых затруднений.

Оперативными индикаторами устойчивости могут выступать изменения в субъективных оценках благополучия. В отличие от объективных метрик, они более чувствительны к краткосрочным изменениям и позволяют зафиксировать психологические последствия социально-экономических шоков, которые не отражаются в традиционных индикаторах. Преимущество субъективных оценок – их способность интегрировать как фактические условия, так и индивидуальное восприятие этих условий.

Динамический анализ субъективных индикаторов устойчивости домохозяйств позволит уточнить чувствительность оценок благополучия домохозяйств к социально-экономическим шокам. Такой анализ целесообразно проводить на панельных данных за несколько лет, что позволит для одних и тех же домохозяйств выявить основные тенденции в изменении субъективных оценок удовлетворенности жизнью, материальным положением и ожиданий относительно будущего. К основным преимуществам использования панельных данных, согласно Ратниковой, 2016 [1], можно также отнести возможность работы с большим числом наблюдений, предотвращения смещения агрегированности, избегания ошибок спецификации, выбора инструментов анализа при оценивании моделей с эндогенными регрессорами.

Информационной основой исследования выступили данные проекта «Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения (RLMS-HSE)» [2]. Для целей исследования были сформированы три информационных массива на репрезентативных данных RLMS-HSE о домохозяйствах за 2022, 2023 и 2024 гг., также на данных полной выборки RLMS-HSE была сформирована сбалансированная панель за 2022-2024 гг. Объем репрезентативных выборок составил в 2022 году – 4812 домохозяйств, в 2023 году – 4782 домохозяйства, в 2024 году – 4898 домохозяйств. Объем сбалансированной панельной выборки за 2022-2024 гг. составил 2496 наблюдения (832 домохозяйства).

Характеристики домохозяйств в сформированных выборках были дополнены ответами индивидов, представляющих эти домохозяйства (члены домохозяйства, представляющие домохозяйство в ходе обследования), на следующие вопросы:

– Насколько Вы удовлетворены своей жизнью в целом в настоящее время?

– Насколько Вы удовлетворены своим материальным положением в настоящее время?

– Как Вы думаете, через 12 месяцев Вы и Ваша семья будете жить лучше или хуже, чем сегодня?

На основании этих ответов были сконструированы порядковые переменные субъективных индикаторов устойчивости домохозяйств.

На рисунках 1-3 представлена распределения субъективных оценок устойчивости домохозяйств. Следует отметить, что в целом наблюдается совпадающая тенденция в оценках, полученных как на панельных, так и пространственных данных. Далее был проведен анализ динамики распределения ответов для панельной выборки.

#### НАСКОЛЬКО ВЫ УДОВЛЕТВОРЕННЫ СВОЕЙ ЖИЗНЬЮ В ЦЕЛОМ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ?

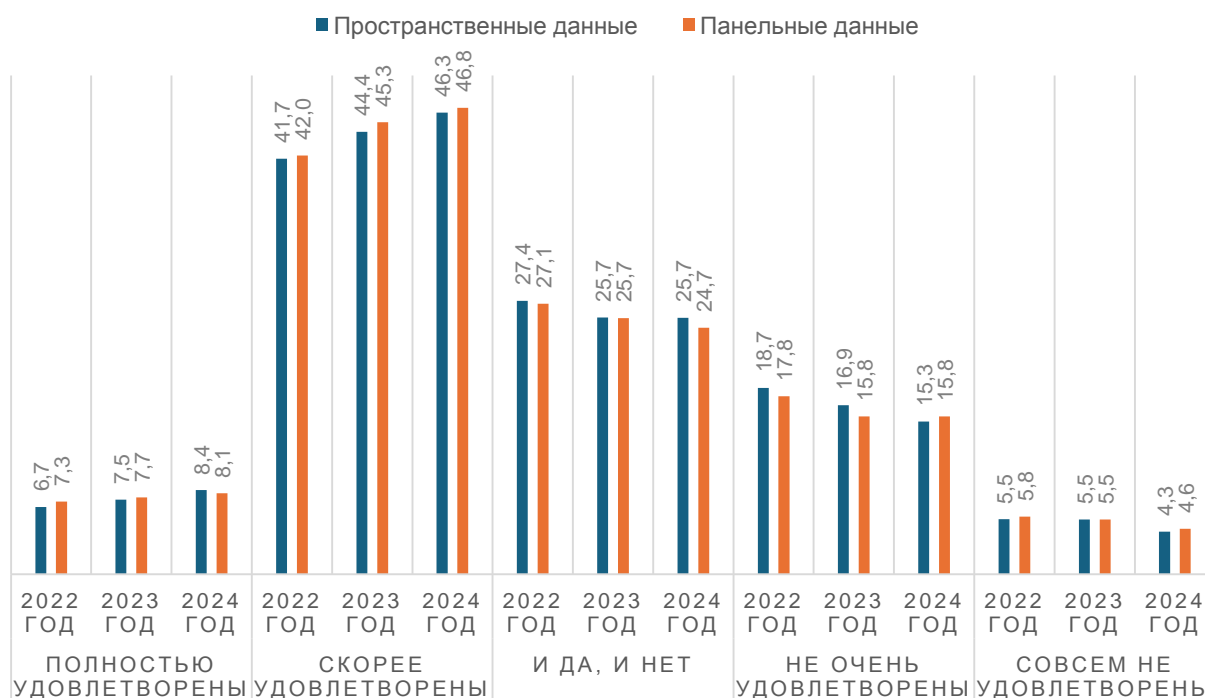


Рисунок 1 – Распределение ответов на вопрос «Насколько Вы удовлетворены своей жизнью в целом в настоящее время?», 2022-2024 гг.

Так, домохозяйства достаточно оптимистичны в своих оценках (рис.1) – с 2022 по 2024 гг. наблюдается рост доли как полностью, так и частично удовлетворенных жизнью (доля таких домохозяйств выросла с 49,3% до 54,9%), тогда как негативно оценивающих свою жизнь среди домохозяйств

становится меньше – к 2024 г. по сравнению с 2023 г. доля совсем неудовлетворенных сократилась с 5,5% до 4,6%.

### НАСКОЛЬКО ВЫ УДОВЛЕТВОРЕННЫ СВОИМ МАТЕРИАЛЬНЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ?

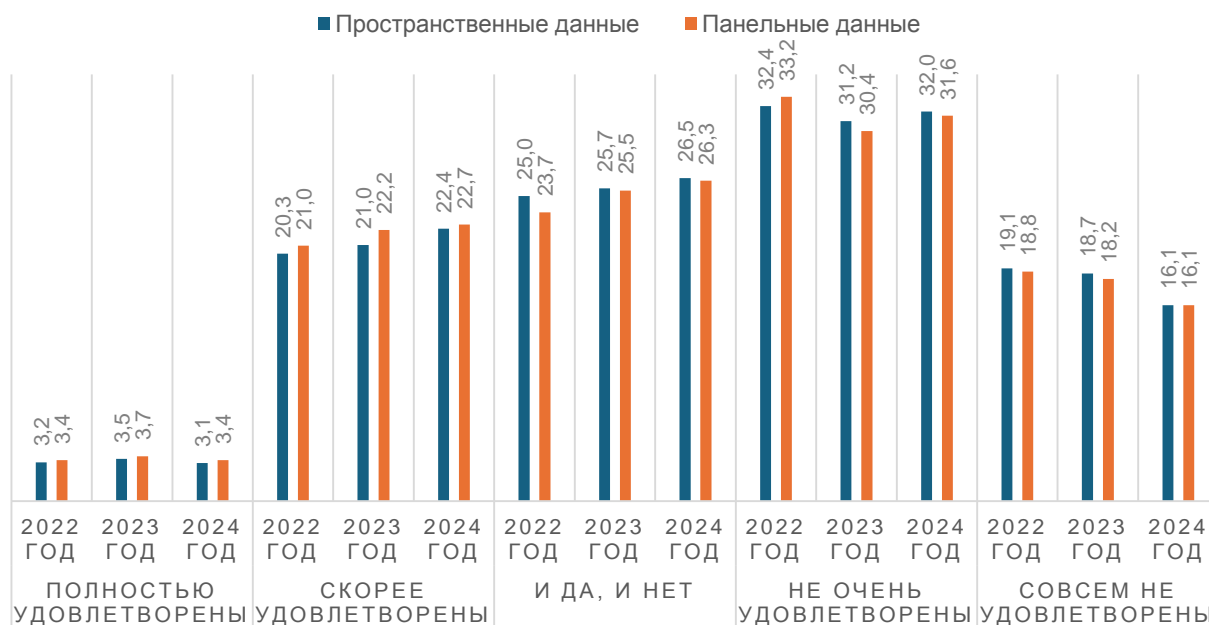
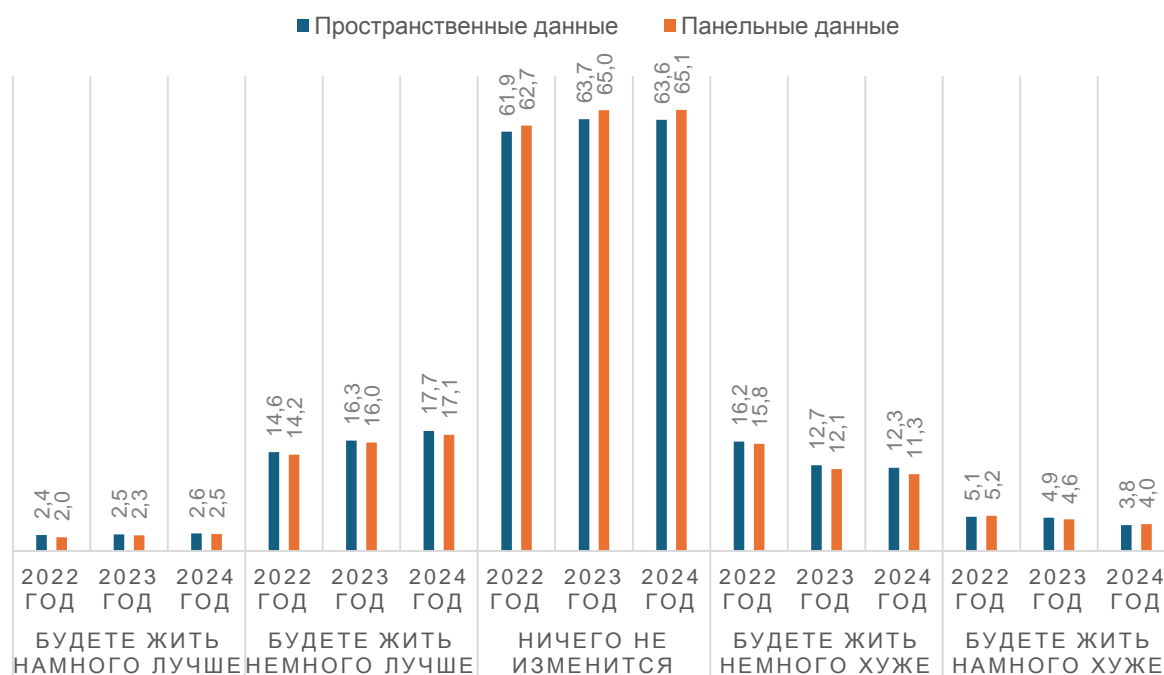


Рисунок 2 – Распределение ответов на вопрос «Насколько Вы удовлетворены своим материальным положением в настоящее время?», 2022-2024 гг.

Противоположную картину демонстрируют оценки домохозяйств в отношении своего материального положения (рис.2) – почти половина семей негативно оценивают свое материальное положение. Так, в 2022 г. 52% домохозяйств неудовлетворительно оценивали свое материальное положение, к 2024 г. доля таких семей снизилась и составила 47,7%. При этом доля полностью неудовлетворенных ежегодно снижалась, тогда как частично неудовлетворенных после снижения в 2023 г. снова выросла в 2024 г. Одновременно в 2024 г. после существенного роста в 2023 г. (с 3,4% до 3,7%) доля полностью удовлетворенных материальным положением домохозяйств снизилась до уровня 2022 г. Также немного росла доля частично удовлетворенных.

У большинства домохозяйств ожидания относительно своего будущего за анализируемый период нейтральны – доля таких семей с 62,7% в 2022 г. выросла до 65,1% в 2024 г. При этом оптимистов среди домохозяйств к 2024 г. стало заметно больше – 19,6% против 16,2% в 2022г., заметнее всего выросла доля тех, кто думает, что станет жить немного лучше -17,1% против 14,2% в 2022 г. За счет роста доли оптимистов снизилась доля пессимистов – с 21% в 2022 г. до 15,3% в 2024 г.

**КАК ВЫ ДУМАЕТЕ, ЧЕРЕЗ 12 МЕСЯЦЕВ ВЫ И ВАША СЕМЬЯ  
БУДЕТЕ ЖИТЬ ЛУЧШЕ ИЛИ ХУЖЕ, ЧЕМ СЕГОДНЯ**



**Рисунок 3 – Распределение ответов на вопрос «Как Вы думаете, через 12 месяцев Вы и Ваша семья будете жить лучше или хуже, чем сегодня?», 2022-2024 гг.**

Отметим, что проведенный анализ распределения субъективных оценок устойчивости домохозяйств позволил выявить тенденции, аналогичные полученным при анализе на панельных данных за 2020-2022 гг. (Ниворожкина, Трегубова, 2023 [3]) – в целом наблюдается рост субъективных оценок устойчивости, домохозяйства демонстрируют осторожный оптимизм относительно будущего.

**Благодарность.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (№ 25-28-02316, <https://rscf.ru/project/25-28-02316/>).

**Список литературы**

1. Ратникова Т.А. Введение в эконометрический анализ панельных данных// Экономический журнал ВШЭ. – 2006. - №2. – С.267-316.
2. Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения НИУ-ВШЭ (RLMS-HSE). [Электронный ресурс]. // URL: <https://www.hse.ru/rlms> (дата обращения 20.01.2026)
3. Ниворожкина Л.И., Трегубова А.А. Динамика субъективных оценок благосостояния населения в 2020-2022 гг. // Измерение и анализ благосостояния: тезисы докладов Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 25-27 января 2024 г. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2024. – С.278-280.

# СТОХАСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА (RUL) МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

**Трохов А.А., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Аннотация: В работе рассматривается проблема повышения эффективности механообрабатывающих производств за счет внедрения предиктивной аналитики состояния режущего инструмента. Предложен подход к расчету остаточного полезного ресурса (Remaining Useful Life — RUL), базирующийся на статистическом анализе временных рядов динамических нагрузок. В отличие от детерминированных методов, данный подход учитывает стохастическую природу износа. Применяются модели ARIMA для краткосрочного прогнозирования и модели на основе гамма-процессов для построения вероятностных кривых деградации. Доказана эффективность метода для перехода от планово-предупредительных ремонтов к обслуживанию по фактическому состоянию.

Ключевые слова: RUL, временные ряды, ARIMA, гамма-процесс, износ инструмента, предиктивное обслуживание, доверительные интервалы.

В условиях перехода к парадигме Индустрии 4.0 ключевым фактором конкурентоспособности металлообрабатывающих предприятий становится минимизация потерь, связанных с простоем оборудования и браком продукции [11]. Статистика показывает, что до 20% времени простоя станков с ЧПУ связано с выходом из строя режущего инструмента или необходимостью его переналадки.

Стандартные методы замены инструмента используют жесткие нормативы или реактивный подход при поломке. Первый ведет к перерасходу ресурса, второй — к риску повреждения заготовки и станка [12]. Целью работы является создание методики прогнозирования отказа, а не только его констатации, что позволит внедрить обслуживание «точно в срок» для снижения себестоимости.

Диагностика состояния инструмента часто основывается на формуле Тейлора [1], не учитывающей случайные колебания процесса. Современные исследования активно применяют методы машинного обучения (CNN, LSTM), но они требуют больших данных и малопонятны в работе [3,4]. При этом статистический анализ временных рядов, обладающий ясной логикой и эффективностью на малых выборках, остается малоизученным в металлообработке, хотя и перспективен для цехового использования [8].

Объект исследования: Технологический процесс лезвийной обработки металлов на станках с ЧПУ, характеризующийся нестационарными динамическими нагрузками.

Предмет исследования: Закономерности изменения диагностических сигналов (силы резания, виброакустической эмиссии) во времени и методы статистического прогнозирования остаточного ресурса (RUL) режущего инструмента [5].

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующий комплекс задач:

1. Обосновать выбор диагностических параметров, коррелирующих с физическим износом инструмента.

2. Разработать алгоритм предварительной обработки временных рядов (фильтрация шума, выделение тренда и сезонных компонент).

3. Адаптировать модели авторегрессии (ARIMA/ETS) для краткосрочного прогнозирования параметров процесса.

4. Построить вероятностную модель деградации на основе гамма-процессов для расчета RUL с доверительными интервалами.

5. Провести верификацию методики на экспериментальных данных.

Методологическую основу работы составляют теория вероятностей, математическая статистика и теория случайных процессов.

В качестве основного информативного параметра выбрана сила резания  $F$ , измеряемая динамометром, или ток шпинделя, являющийся ее косвенным аналогом [7]. Временной ряд  $Y_t$  нагрузок при резании представляет собой аддитивную модель:

$$Y_t = T_t + S_t + R_t \quad (1)$$

где:

$T_t$  — Тренд. Монотонная составляющая, отражающая необратимый процесс накопления износа (увеличение площадки износа по задней грани ведет к росту сил резания).

$S_t$  — Сезонность. Циклическая компонента. В контексте металлообработки это может быть связано с циклическим нагревом/охлаждением инструмента или периодичностью входа/выхода инструмента из заготовки (например, при фрезеровании).

$R_t$  — Остаток (шум). Случайные флуктуации, вызванные стружкообразованием и вибрациями.



Рисунок 1 — Декомпозиция сигнала

Для краткосрочного прогноза (на несколько проходов вперед) применяется модель авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего — ARIMA (p, d, q).

Выбор данной модели обусловлен тем, что ряды сил резания часто нестационарны (среднее значение и дисперсия меняются со временем по мере затупления)[2,9].

Параметр d (порядок интегрирования) позволяет привести ряд к стационарному виду путем взятия разностей.

Математическое описание модели:

$$(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i)(1 - L)^d Y_t = (1 + \sum_{j=1}^q \theta_j L^j) \varepsilon_t \quad (2)$$

Где L — оператор лага,  $\phi_i$  — параметры авторегрессии,  $\theta_j$  — параметры скользящего среднего,  $\varepsilon_t$  — белый шум.

Модели ARIMA хороши для короткого горизонта, но для расчета RUL (сколько осталось жить инструменту) необходима модель монотонной деградации. Износ — процесс необратимый (инструмент не может «самозаточиться»). Для этого идеально подходит Гамма-процесс[6].

Предполагается, что приращение износа  $\Delta X$  за время  $\Delta t$  распределено по гамма-закону:

$$\Delta X(\Delta t) \sim \text{Gamma}(\alpha \Delta t, \beta) \quad (3)$$

Где  $\alpha$  — параметр формы (скорость износа),  $\beta$  — масштабный параметр (вариативность износа). Это позволяет рассчитать вероятность того, что износ превысит критический порог  $L_{fail}$  к моменту времени t.

Таблица 1 — Параметры применяемых режимов резания

Параметр	Обозначение	Единицы измерения	Значение (диапазон)
Скорость резания	$V_c$	м/мин	60 – 80
Подача на зуб	$f_z$	мм/зуб	0.08 – 0.12
Глубина резания	$a_p$	мм	1.5 – 2.0
Ширина резания	$a_e$	мм	10.0
Частота дискретизации сигнала	$F_s$	Гц	2000
Критерий отказа (износ)	$VB_{max}$	мм	0.3

Первоначально проверяется гипотеза о стационарности сигнала. Поскольку износ — процесс необратимый, ряд обычно нестационарен из-за наличия тренда. Это подтверждается расширенным тестом Дики-Фуллера (ADF):  $p$ -значение  $> 0.05$  указывает на нестационарность. Взятие первых разностей ряда ( $d=1$ ) стабилизирует его, что определяет порядок интегрирования в ARIMA-модели.

Таблица 2 — Сравнение метрик точности прогнозирования остаточного ресурса

Модель прогнозирования	RMSE (Среднеквадратичная ошибка), Н	MAPE (Средняя абс. ошибка), %	Среднее отклонение RUL, мин
Линейная регрессия (OLS)	24.5	12.8%	$\pm 45$
Экспоненциальное сглаживание (ETS)	11.2	5.4%	$\pm 18$
ARIMA	8.7	4.1%	$\pm 12$

Для выявления структуры процесса анализируются автокорреляционные функции (ACF/PACF). Плавное затухание ACF и обрыв PACF свидетельствуют о наличии авторегрессии и скользящего среднего, отражая инерционность системы. Эта «память» подтверждает целесообразность моделирования.

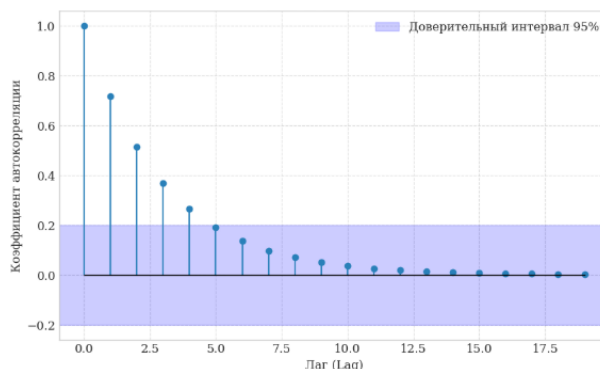


Рисунок 2 — График автокорреляционной функции (ACF)

Цель — не точечный, а вероятностный прогноз ресурса. Используется двухуровневая схема: краткосрочная динамика моделируется ARIMA(p,1,q), а для глобального прогноза достижения предельного износа применяется гамма-процесс:  $\Delta X \sim \text{Gamma}(\alpha \Delta t, \beta)$  [13]. Результатом является распределение вероятности отказа, выраженное через ожидаемый остаточный ресурс (RUL) и доверительный интервал (напр.,  $E[\text{RUL}] = 23$  мин., 95% ДИ: [18; 28] мин.), что позволяет оценить риск брака и обосновать момент замены.

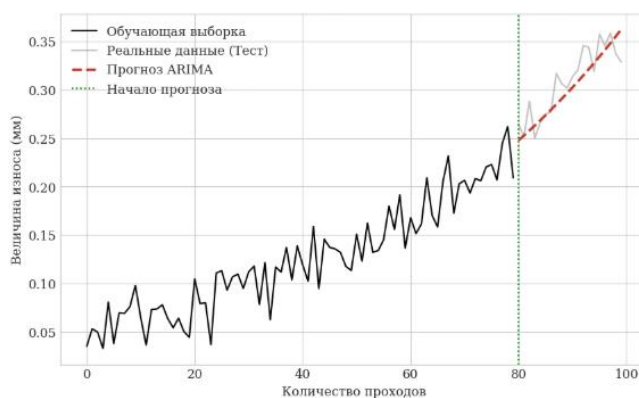


Рисунок 3 — Сравнение аппроксимации реального износа моделью ARIMA на этапе краткосрочного прогнозирования.

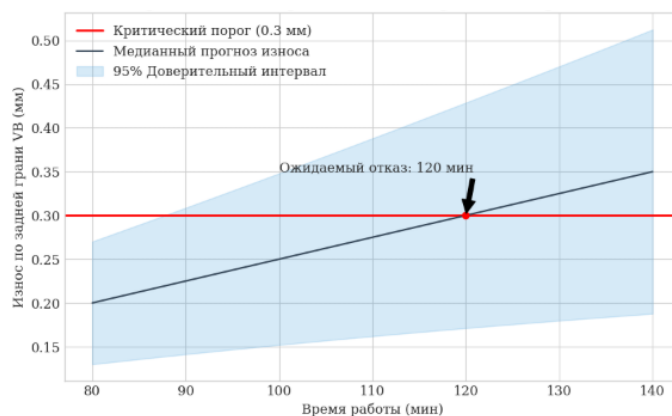


Рисунок 4 — Прогноз остаточного полезного ресурса (RUL) в виде «воронки неопределенности»

Для циклических сигналов целесообразно применение моделей ETS (Error, Trend, Seasonality), которые эффективно отслеживают нелинейный рост амплитуды колебаний при износе.

Научная новизна работы заключается в синергии двух классов моделей: краткосрочные (ARIMA, ETS) для оперативного прогноза и стохастические (гамма-процессы) для вероятностной оценки долгосрочного ресурса.

Ключевое преимущество подхода — учет гетероскедастичности процесса резания, когда дисперсия сигнала растет с износом, увеличивая неопределенность. Метод моделирует эту неопределенность, предоставляя «коридор риска» (доверительный интервал) вместо точечного прогноза, что позволяет обоснованно принимать решения о замене инструмента.

По сравнению с методами Deep Learning, требующими сотен образцов, представленная статистическая методика демонстрирует сопоставимую точность (ошибка прогноза 5-8%) при обучении на малых выборках (5-10 жизненных циклов), что делает её эффективной для реального производства.

Основные выводы:

1. Динамика диагностических параметров при износе адекватно описывается моделями ARIMA/ETS.

2. Гамма-процессы позволяют перейти к интервальным вероятностным прогнозам остаточного ресурса (RUL), что критически важно для управления рисками.

3. Внедрение методики создает основу для перехода к обслуживанию по фактическому состоянию, потенциально снижая время простоев на 10-15% и минимизируя брак.

Перспективой является переход к анализу многомерных рядов с применением моделей векторной авторегрессии (VAR) для интеграции нескольких сигналов (сила, вибрация, температура), что повысит надёжность прогноза в изменяющихся условиях.

## Список литературы

1. Taylor, F. W. On the Art of Cutting Metals / F. W. Taylor. — New York : American Society of Mechanical Engineers, 1907. — URL: <https://archive.org/details/onartofcuttingme00taylrich> (дата обращения: 22.01.2026).
2. Анализ временных рядов: прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс ; пер. с англ. — М. : Мир, 1974. — 406 с. — URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008108621> (дата обращения: 22.01.2026).
3. Condition monitoring and diagnostics of machines — Prognostics — Part 1: General guidelines : ISO 13381-1:2015. — 2015. — URL: <https://www.iso.org/standard/59534.html> (дата обращения: 22.01.2026).
4. Вартанов, М. В. Прогнозирование стойкости режущего инструмента на основе сигналов датчиков станка / М. В. Вартанов, Д. А. Иванов // Вестник машиностроения. — 2019. — № 12. — С. 45–50. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41578718> (дата обращения: 22.01.2026).
5. Григорьев, С. Н. Диагностика состояния инструмента в ЧПУ системах на основе интеллектуального анализа данных / С. Н. Григорьев, Г. М. Мартинов // Станки и инструмент. — 2022. — № 5. — С. 30–35. — URL: <http://www.stin.ru/arxiv/2022/5/Grigoriev.pdf> (дата обращения: 22.01.2026).
6. Тихонов, А. Н. Методы предиктивной аналитики в задачах технического обслуживания металлорежущего оборудования / А. Н. Тихонов, И. С. Петров // Автоматизация в промышленности. — 2023. — № 4. — С. 22–28. — URL: <http://www.automation-journal.ru/issues/2023/4> (дата обращения: 22.01.2026).
7. Jardine, A. K. S. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance / A. K. S. Jardine, D. Lin, D. Banjevic // Mechanical Systems and Signal Processing. — 2006. — Vol. 20, No. 7. — P. 1483–1510. — DOI: 10.1016/j.ymssp.2005.11.011.
8. Hyndman, R. J. Forecasting: Principles and Practice / R. J. Hyndman, G. Athanasopoulos. — 3rd ed. — Melbourne : OTexts, 2021. — URL: <https://otexts.com/fpp3/> (дата обращения: 22.01.2026).
9. Liao, L. A hybrid framework for combining model-based and data-driven prognostics algorithms / L. Liao, F. Köttig // Reliability Engineering & System Safety. — 2016. — Vol. 154. — P. 67–77. — DOI: 10.1016/j.ress.2016.07.020.
10. Si, X.-S. Remaining useful life estimation – A review on the statistical data driven approaches / X.-S. Si, W. Wang, C.-H. Hu, D.-H. Zhou // European Journal of Operational Research. — 2011. — Vol. 213, No. 1. — P. 1–14. — DOI: 10.1016/j.ejor.2010.11.010.
11. Wang, J. Time Series Analysis of Cutting Force for Predicting Tool Wear in Face Milling of Titanium Alloy / J. Wang, Y. Li, R. Zhao // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. — 2021. — Vol. 112, No. 5-6. — P. 1527–1541. — DOI: 10.1007/s00170-020-06485-x.
12. Zhu, K. A Data-Driven Remaining Useful Life Prediction Method for Cutting Tools Using Gamma Process / K. Zhu, Y. Yu // IEEE Access. — 2020. — Vol. 8. — P. 15687–15698. — DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2966711.

13. Афанасьев, В. Н. Анализ временных рядов и прогнозирование [Текст] : учебник / В. Н. Афанасьев; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Москва : Ай Пи Эр Медиа, 2019. - 310 с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 298-304. - Прил.: с. 305-306. - ISBN 978-5-4497-0269-2.

# ОЦЕНКА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО УРОВНЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Фаизова Л.Р., канд. экон. наук, доцент,

Морозова С.Н., канд. экон. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Одной из масштабных глобальных проблем современности стало экологическое загрязнение. Экологические проблемы главным образом возникают вследствие антропогенного воздействия на природу. Негативное воздействие человека усиливается и принимает угрожающие масштабы. Несанкционированные свалки отходов наносят ущерб экосистемам и здоровью населения, нередко становясь источником техногенных катастроф. Вопрос загрязнения природы ежегодно обостряется и требует срочных мер. Проблемы экологической оценки образующихся отходов городского хозяйства, мониторинга состояния, свойств, количественных и качественных характеристик, уровня воздействия на природную среду и жизнедеятельность населения представляются актуальными для нашей страны в процессе перехода на ресурсосберегающий технологический уклад.

Одной из главных причин загрязнения окружающей среды являются отходы производства и потребления. В России предприятия все больше увеличивают объемы производственных отходов и бытового мусора с каждым годом. По данным отчетов, в 2023 году объем отходов достиг 9,28 млрд. тонн, что является рекордным показателем за весь период доступной статистики с 2002 года. Динамика объема отходов отражена на рисунке 1.

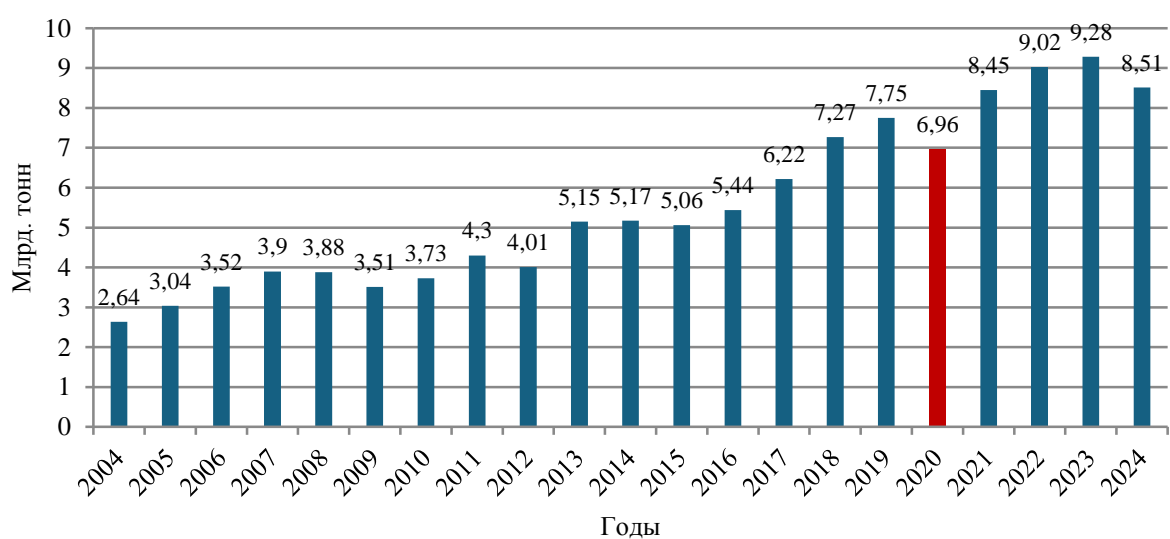


Рисунок 1 – Количество образованных отходов производства и потребления

Оценка сложившейся ситуации свидетельствует о постоянном росте количества образующихся в стране отходов. В связи с нехваткой полигонов для складирования и захоронения отходов распространена практика их размещения в местах неорганизованного складирования, так называемых несанкционированных свалках, что представляет большую опасность для окружающей среды и жизнедеятельности общества в целом. Ситуацию с несанкционированными свалками в разрезе федеральных округов в 2024 году по сравнению с 2023 годом иллюстрирует рисунок 2.

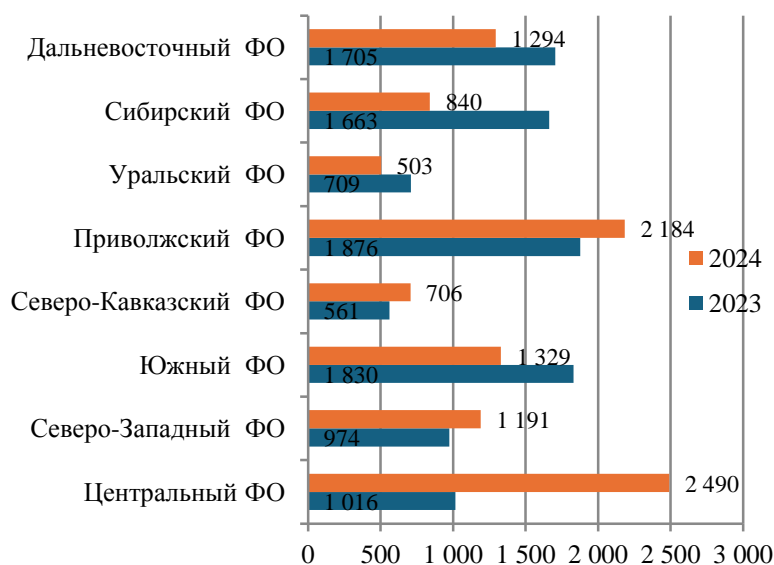


Рисунок 2 – Количество несанкционированных свалок отходов по федеральным округам

Как видно, тройку лидеров по росту количества несанкционированных свалок отходов составляют Центральный, Северо-Западный и Северо-Кавказский федеральные округа. Явным лидером стал Центральный федеральный округ, в котором число свалок выросло за год в 2,45 раза. Менее всего рост наблюдается в Приволжском округе – на 16,4 %. В остальных четырех округах наметилась явно положительная тенденция снижения несанкционированных свалок отходов, причем абсолютным лидером стал Сибирский – снижение на 49,5 %, на втором месте Уральский федеральный округ (на 29,1 %), на третьем месте Южный федеральный округ (на 27,4 %).

Важнейшей задачей политики любого региона является улучшение состояния окружающей среды, как одного из важнейших факторов качества жизни населения. Далее с целью выявления благоприятных и неблагоприятных регионов относительно процессов обращения с твердыми коммунальными отходами, а также состоянием окружающей среды нами были применены рейтинговой оценки.

Для дальнейшего анализа использовались следующие показатели в разрезе федеральных округов Российской Федерации за 2024 год:

X1 – выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников за отчетный период всего, тонн;

X2 – количество несанкционированных свалок отходов;

X3 – количество направленных на захоронение твердых коммунальных отходов, тонн;

X4 – количество образованных твердых коммунальных отходов, тонн;

X5 – число лесных пожаров;

X6 – сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн.м<sup>3</sup>;

X7 – число проб воды, превышающих ПДК, в процентах от общего числа проб воды.

Далее с целью определения рейтинга субъектов РФ по показателям процессов обращения с отходами нами были применены непараметрические многомерные оценки рейтинга – метод суммы мест и метод «Паттерн».

Таблица 1 – Рейтинговая оценка федеральных округов методом суммы мест

Федеральный округ	ранг x <sub>1</sub>	ранг x <sub>2</sub>	ранг x <sub>3</sub>	ранг x <sub>4</sub>	ранг x <sub>5</sub>	ранг x <sub>6</sub>	ранг x <sub>7</sub>	суммарный ранг	рейтинг округа
Центральный	5	8	8	8	3	8	5	45	8
Северо-Западный	4	4	5	6	4	7	1	31	4
Южный	2	6	6	5	2	2	1	24	2
Северо-Кавказский	1	2	1	1	1	1	3	10	1
Приволжский	6	7	7	7	5	6	3	41	7
Уральский	7	1	3	3	7	4	7	32	5
Сибирский	8	3	4	4	6	5	6	36	6
Дальневосточный	3	5	2	2	8	3	7	30	3

Таким образом, можно выделить тройку лидеров по наиболее благоприятному состоянию окружающей среды – Северо-Кавказский, Южный и Дальневосточный округа. Хуже всего ситуация обстоит в Центральном, Приволжском и Сибирском федеральных округах.

Наряду с преимуществом метода суммы мест, заключающимся в простоте техники вычислений, этот метод содержит существенный недостаток, выражающийся в том, что порядок мест частным индикаторам не учитывает дистанции между их назначениями. С одной стороны, округа имеющимся значительный отрыв от других округов по отдельным показателям метода суммы мест не получают ощутимых преимуществ перед другими округами в оценке приоритетности. При близких значениях индикаторов установление порядка мест округов, напротив, приобретает условный характер.

Рассмотренный недостаток устраняется при использовании метода «Паттерн». Сущность этого метода многомерной непараметрической оценки заключается, в нахождении простой средней арифметической из оценок значений индикаторов округов в процентах к наилучшим значениям.

Результаты вычислений имеют реальный экономический смысл, заключающийся в том, что они выражают уровень обобщающей оценки явления в процентах к наилучшим значениям, интегрированным в средней величине из частных оценок.

Таблица 2 – Рейтинговая оценка федеральных округов методом Паттерн

Федеральный округ	Частные оценки							средняя оценка	рейтинг округа
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>		
Центральный	4,7	5,0	7,7	9,8	32,5	7,8	4,0	10,2	3
Северо-Западный	3,5	2,4	4,4	3,4	75,5	6,0	1,0	13,7	4
Южный	2,1	2,6	5,1	3,2	12,5	1,7	1,0	4,0	2
Северо-Кавказский	1,0	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,3	1
Приволжский	5,6	4,3	6,5	5,0	90,0	5,1	3,0	17,1	5
Уральский	6,6	1,0	3,3	2,2	312,5	2,7	16,0	49,2	7
Сибирский	10,7	1,7	3,9	2,9	249,9	3,9	14,0	41,0	6
Дальневосточный	2,8	2,6	1,7	1,4	338,7	2,1	16,0	52,2	8

Как видим, в тройку лидеров также вошли Северо-Кавказский и Южный федеральные округа, а вот на третьем месте Центральный округ. Наиболее неблагоприятная обстановка в этом случае в Дальневосточном, Уральском и Сибирском федеральных округах. Такой противоречивый результат по сравнению с первым методом, объясняется фактором «число лесных пожаров», который в 2024 году имел наибольшие значения в этих трех федеральных округах.

Таким образом, можно сделать вывод, что анализ полученных данных свидетельствует о том, что различные методы непараметрической рейтинговой оценки приводят к неоднозначным результатам.

Лидерами в рейтинге по наиболее благоприятной обстановке в окружающей среде являются по результатам обоих методов Северо-Кавказский и Уральский федеральные округа.

#### Список литературы

1 Мазбаев, О. Б. Сравнительный анализ показателей статистики окружающей среды / О. Б. Мазбаев, А. Е. Жансагимова, Н. Б. Шамуратова // Экономика и право: теоретические и практические проблемы современности. 2016. – № 3– С. 160-163.

2 Рюмина, Е.В. Статистика состояния окружающей природной среды / Е.В. Рюмина // Экономика природопользования. – 2019. – № 4. – С. 70-73.

3 Хабиб, М.Д. Оценка воздействия экологического фактора на развитие человека / М.Д. Хабиб // Актуальные проблемы управления. – 2017. – №1– С. 118-123.

4 Фаизова, Л. Р. Статистические методы анализа процессов обращения с твердыми коммунальными отходами [Электронный ресурс] / Л. Р. Фаизова, В. И. Васянина // Социальные и экономические системы, 2024. - № 11 (61). - С. 210-226.

# РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ В ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Фаизова Л.Р., канд. экон. наук, доцент, Михеева А.Д.,  
Чекушина Д. В., Шаров Д.Е.**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Качество жизни является комплексным показателем, отражающим степень удовлетворённости населения материальными, социальными и инфраструктурными условиями. В условиях значительной пространственной неоднородности России актуальной задачей становится сопоставимая оценка уровня жизни в федеральных округах, которая позволяет выявить региональные диспропорции и обосновать приоритеты территориального развития.

Цель данного исследования – провести рейтинговую оценку федеральных округов Российской Федерации по ключевым индикаторам качества жизни на основе опубликованных на сайте Росстата данных Комплексного наблюдения условий жизни населения, проведенного в 2022. Выборка включает 48 субъектов Российской Федерации, отобранных из 8 федеральных округов.

Для анализа были отобраны 10 индикаторов, сгруппированных в 5 блоков:

1 Урбанизированность: доля городского населения.

2 Техническая оснащённость и инфраструктура: доля домохозяйств, обеспеченных бытовой техникой; доля домохозяйств с доступом к домашнему интернету.

3 Комфорт и безопасность проживания: доля населения, удовлетворённая освещённостью подъездов/подходов к дому; доля населения, отметившая отсутствие нарушений общественного порядка; доля домохозяйств, не испытывающих проблем с поддержанием тепла в жилье.

4 Транспортная мобильность: доля домохозяйств, имеющих легковой автомобиль.

5 Доходы: среднемесячный доход домохозяйства; минимальный доход, необходимый для покрытия расходов; средний денежный доход на одного члена домохозяйства; граница бедности для домохозяйства.

Для обработки пропущенных значений использовался программный комплекс Loginom.

Анализ показателя урбанизации показал, что наибольшая доля городского населения наблюдается в Северо-Западном (78,7%) и Центральном (76,0%) федеральных округах. Наиболее сбалансированное соотношение городского и сельского населения характерно для Северо-Кавказского и Уральского округов (Рисунок 1).

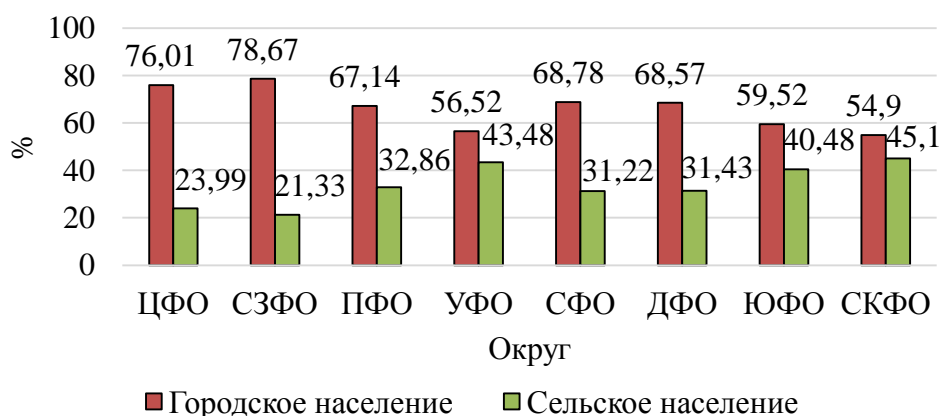


Рисунок 1 – Распределение городского и сельского населения по федеральным округам РФ, %

Техническая оснащённость по всем субъектам довольно не плохая. Обеспеченность бытовой техникой колеблется в узком диапазоне 85-87% по всем округам. Наибольший доступ к домашнему интернету зафиксирован в Сибирском, Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах. Практически все округа демонстрируют высокий уровень (свыше 90%) обеспеченности системами отопления (Рисунок 2).

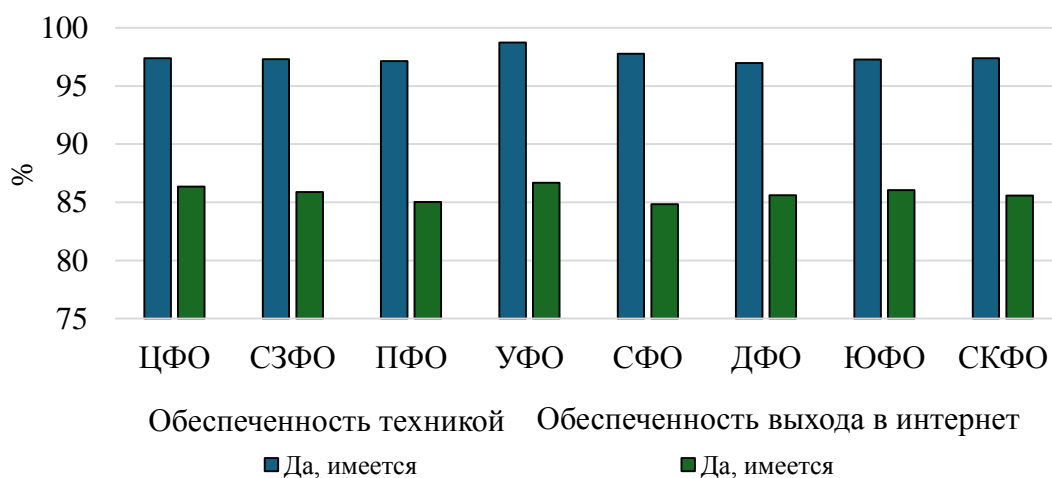


Рисунок 2 – Обеспеченность домохозяйств техникой и домашним доступом в интернет по федеральным округам РФ, % домохозяйств

Далее были проанализированы освещенность, наличие тепла и наличие легкового автомобиля.

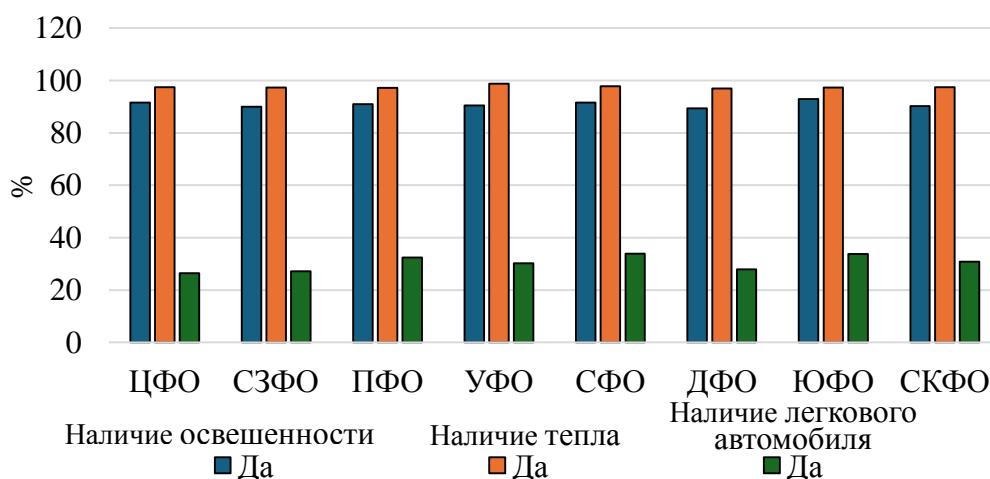


Рисунок 3 – Обеспеченность домохозяйств освещенностью подходов к дому, теплом в доме и легковыми автомобилями по федеральным округам РФ, % домохозяйств

Как видим, более 90% домохозяйств не испытывают проблем с отоплением. Особенно высокие показатели продемонстрировали Сибирский, Северо-Кавказский и Приволжский федеральные округа. Южный федеральный округ лидирует по уровню освещённости (92,9%). Сибирский федеральный округ имеет наивысший процент автомобилизации (32,37%), что коррелирует с его высоким положением в рейтинге.

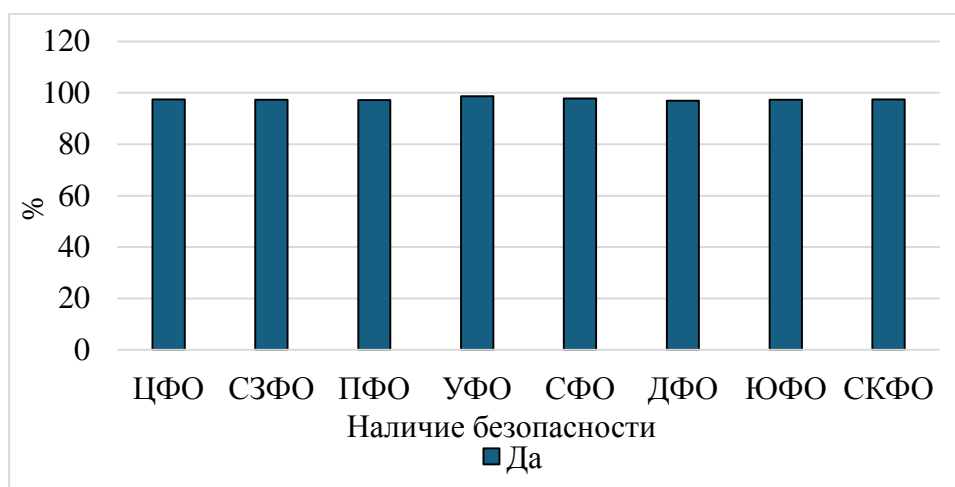


Рисунок 4 – Обеспеченность домохозяйств безопасностью по федеральным округам РФ, % домохозяйств

Таким образом, наивысший уровень безопасности – в Уральском федеральном округе (98,7%).

Далее нами были проанализированы ответы, касающиеся доходов домохозяйств. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Средние значения показателей доходов домохозяйств по Федеральным округам РФ

Федеральный округ	Средний доход домохозяйства, руб./мес.	Доход на члена домохозяйства, руб./мес.	Минимальный необходимый доход, руб./мес.	Граница бедности для домохозяйства, руб./мес.
СКФО	50116,5	30449,9	47173,2	21677,6
СФО	48552,8	28359,2	55676,2	23704,5
ПФО	48384,9	28753,0	54573,6	23124,2
ЮФО	47561,2	28628,6	53237,4	23450,4
ДФО	46311,3	30131,8	59036,7	21919,7
ЦФО	43261,5	28890,0	55676,2	19185,3
СЗФО	41163,1	27514,7	53237,4	19036,3
УФО	39752,4	26525,8	55747,8	18978,1
среднее	45386,1	28660,2	56430,9	21198,9

Наибольший среднемесячный доход домохозяйства зафиксирован в Северо-Кавказском федеральном округе, наименьший – в Уральском. При этом самый высокий доход на члена домохозяйства отмечается в Северо-Кавказском федеральном округе. Наиболее высокий субъективно необходимый минимальный доход для покрытия расходов характерен для Дальневосточного федерального округа.

Дальнейшая наша задача заключалась в рейтинговой оценке федеральных округов по уровню жизни.

В качестве исходных данных использовались:

$x_1$  - доля городского населения, %

$x_2$  - доля домохозяйств, обеспеченных бытовой техникой, %

$x_3$  - доля домохозяйств, обеспеченных доступом к домашнему интернету, %

$x_4$  - доля населения, удовлетворённая освещённостью подъездов/подходов к дому, %

$x_5$  - доля населения, отметившая отсутствие нарушений общественного порядка, %

$x_6$  - доля домохозяйств, не испытывающих проблем с поддержанием тепла в жилье.

$x_7$  - среднемесячный доход домохозяйства, р.

$x_8$  - минимальный доход, необходимый для покрытия расходов, р.

$x_9$  - средний денежный доход на одного члена домохозяйства, р.

$x_{10}$  - граница бедности для домохозяйства, р.

Таблица 2 – Результаты ранжирования федеральных округов методом суммы мест

Округ	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	Сумма рангов	Итоговый ранг
СКФО	8	1	2	6	4	6	1	1	3	6	38	6
СФО	3	2	1	2	2	5	2	5	7	7	36	7
ПФО	5	3	3	4	7	2	3	4	4	3	38	6
ЮФО	6	4	4	1	6	7	4	3	8	8	51	3
ЦФО	2	7	6	3	3	2	6	6	6	1	42	5
УФО	7	8	7	5	1	4	8	7	2	4	53	2
ДФО	4	5	5	8	8	8	5	8	5	2	58	1
СЗФО	1	6	8	7	5	1	7	2	1	5	43	4

Как видим, в тройке лидеров Дальневосточный, Уральский и Южный федеральные округа.

Более корректный метод «Паттерн», учитывающий степень приближения к эталону, изменил расстановку лидеров.

Таблица 3 – Результаты ранжирования федеральных округов методом «Паттерн» (интегральная оценка)

Округ	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	x <sub>7</sub>	x <sub>8</sub>	x <sub>9</sub>	x <sub>10</sub>	Сум. ранг	Ранг
СКФО	1,00	1,00	0,97	0,99	0,98	1,00	1,00	1,00	0,95	0,81	4,31	1
СФО	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	0,97	0,99	1,18	0,90	0,80	4,06	4
ПФО	0,99	0,97	0,98	0,98	0,99	0,97	0,99	1,16	0,94	0,98	3,89	6
ЮФО	0,99	0,90	1,00	0,99	0,98	0,95	0,99	1,13	0,87	0,80	4,21	2
ЦФО	0,98	0,84	0,99	0,99	0,99	0,86	0,98	1,18	0,93	1,00	3,61	8
УФО	0,98	0,82	0,97	1,00	0,99	0,79	0,98	1,18	0,99	0,92	3,94	5
ДФО	0,97	0,87	0,96	0,98	0,96	0,92	0,97	1,25	0,94	0,99	4,16	3
СЗФО	0,97	0,78	0,97	0,99	1,00	0,82	0,97	1,13	1,00	0,91	3,69	7

Наивысший интегральный показатель (4.31) получен для Северо-Кавказского федерального округа, что обусловлено лидерством по уровню доходов, обеспеченности техникой и наиболее низкой субъективной оценкой необходимых расходов. Южный федеральный округ занимает второе место, благодаря максимальным показателям по освещённости и

безопасности. Дальневосточный федеральный округ сохраняет третью позицию, демонстрируя сбалансированность по всем блокам индикаторов и самый высокий доход на члена домохозяйства.

Проведённое исследование подтвердило гипотезу о значительной дифференциации федеральных округов России по качеству жизни. Применение метода «Паттерн» позволило учесть не только порядковое место, но и степень отклонения от наилучших значений, что повысило достоверность рейтинга.

Ключевые выводы:

1 Северо-Кавказский федеральный округ демонстрирует парадоксально высокое сочетание объективных (доходы, техника) и субъективных (низкая оценка необходимых расходов) показателей благополучия, что требует отдельного изучения социально-демографических и культурных факторов.

2 Южный и Дальневосточный федеральный округ, занимая высокие места, лидируют по разным группам показателей: первый – по комфорту городской среды, второй – по сбалансированности и личным доходам.

3 Округа с высоким уровнем урбанизации (Центральный, Северо-Западный) не вошли в тройку лидеров из-за относительно более низких показателей доходов на домохозяйство и более высоких субъективных оценок стоимости жизни.

#### Список литературы

1 Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>.

2 Комплексное наблюдение условий жизни населения (КНОУЖ) 2022: статистический бюллетень. – М.: Росстат, 2023.

3 Социально-экономическое развитие регионов Российской Федерации: статистический сборник. – М.: Росстат, 2023.

4 Методологические положения по статистике. Вып. 7 / Росстат. – М., 2021.

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКИ СГЕНЕРИРОВАННОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

**Федотов, В.А., Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Оренбургский государственный университет»**

## **Аннотация**

В статье рассматривается проблема обеспечения высокого качества конструкторской документации, автоматически генерируемой с применением технологий искусственного интеллекта и машинного обучения. Актуальность исследования обусловлена стремительным внедрением ИИ в процессы создания чертежей, спецификаций и технических описаний. Такое внедрение сопровождается рисками появления ошибок, несогласованности и снижения общей надежности проектной документации. Цифровая трансформация инженерного проектирования достигла этапа, когда искусственный интеллект перестал быть вспомогательным средством и начал выступать в роли участника креативного процесса. Теоретическая значимость статьи заключается в адаптации классических принципов статистического управления процессами к новым реалиям цифрового проектирования, а также в систематизации типовых дефектов ИИ-генерации и методов их обнаружения. Практическая ценность состоит в предложении комплексной многоуровневой архитектуры контроля, интегрирующей автоматические оценщики на основе Large Language Models, анализ временных рядов основных метрик и обязательную экспертизу предметного специалиста. Результаты включают формализацию контрольных карт для отслеживания стабильности качества документации, методологию тестирования на основе гипотез (A/B-тестирование) для сравнения различных генеративных моделей, а также концепцию самообучающихся конвейеров данных. Реализация предложенной системы позволит организациям масштабировать использование ИИ в конструкторской работе без ущерба для точности, стандартизации и юридической значимости выпускаемой документации.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, машинное обучение, конструкторская документация, статистический контроль качества, контрольные карты, инженерная деятельность.

## **Введение**

Актуальность темы данной статьи заключается в преодолении разрыва между мощностью генеративных ИИ-моделей и строгими требованиями инженерной отрасли к точности и надежности документации. Традиционный контроль «вручную» становится узким местом, неспособным справиться с объемом и сложностью автоматически создаваемых документов. Выходом является внедрение систематического, статистически обоснованного контроля

качества, встроенного непосредственно в конвейер генерации. В результате переносится фокус с тотальной проверки каждого документа на мониторинг стабильности и предсказуемости самого процесса генерации.

Автоматическая генерация чертежей на основе текстовых спецификаций, распознавание и векторизация бумажных носителей, извлечение семантических связей между элементами конструкции успешно решаются с помощью нейросетевых моделей. Однако повышение эффективности сопровождается новыми вызовами в области качества. Генерируемая документация может содержать скрытые ошибки: геометрические несоответствия, семантические противоречия, нарушения отраслевых стандартов (ГОСТ, ЕСКД) и даже «галлюцинации» – убедительно выглядящие, но физически или технически некорректные элементы. В авиастроении, энергетике или медицинском приборостроении подобные ошибки неприемлемы, т.к. ведут к финансовым потерям, репутационным рискам и прямым угрозам безопасности.

Цель статьи – синтезировать принципы статистического управления процессами и современные ИИ-методы для построения концептуальной модели сквозного контроля качества автоматически сгенерированной конструкторской документации.

Для достижения цели необходимо решить задачи, направленные на анализ современных методов ИИ-генерации и контроля документации, систематизацию рисков ИИ-генерации, предложение системы метрик и методов объективной оценки.

Настоящее исследование носит теоретико-прикладной характер и направлено на разработку основ системы статистического контроля качества автоматически сгенерированной конструкторской документации с применением технологий машинного обучения и искусственного интеллекта. В исследовании применяются обработка естественного языка, компьютерное зрение и машинное обучение, для решения задач векторизации, извлечения сущностей и построения геометрических моделей.

Статистический контроль качества, уходящий корнями в производственные процессы XX века, находит новое применение в цифровой сфере. Его ядром является использование статистических методов для мониторинга и управления процессом с целью обеспечения его стабильности и соответствия заданным требованиям. Применительно к ИИ-генерации документации основными становятся следующие концепции [2; 7]:

1. Контрольные карты для визуализации изменения основных метрик качества во времени. Выход метрики за установленные контрольные пределы сигнализирует о том, что процесс генерации вышел из-под статистического контроля. Метриками могут служить частота ошибок определенного класса, индекс согласованности размеров или субъективная оценка эксперта.

2. Обнаружение смещения данных – генеративная модель обучается на определенном распределении данных. Со временем входные запросы (промты) или эталонные данные могут меняться. Статистические методы

(отслеживание среднего и дисперсии основных параметров или использование критериев согласия) позволяют обнаруживать такие смещения.

3. Дизайн экспериментов (DOE) – методология, позволяющая системно исследовать влияние различных факторов на качество выходных данных. При ИИ-генерации с помощью DOE можно оптимизировать гиперпараметры модели, структуру промптов или стратегии постобработки.

Эти принципы формируют теоретический каркас, который необходимо наполнить конкретными технологиями и метриками, применимыми к конструкторской документации.

Предлагаемая система контроля строится по многоуровневому принципу и интегрируется в конвейер генерации на всех этапах: от первичной настройки до пост-анализа. Упрощенная архитектура представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Многоуровневая архитектура системы статистического контроля качества для ИИ-генерации документации

Уровень контроля	Основные задачи и методы	Методы и технологии	Целевые метрики и выходы
1. Пре-генерация	Формализация требований, подготовка контекста, инженерия промптов. Контроль качества входных данных и эталонов.	Машинное обучение для анализа исторических данных, NLP для структурирования ТЗ, шаблоны стилей.	Полнота и непротиворечивость технического задания, качество обучающих/валидационных данных.
2. Мониторинг в реальном времени	Обнаружение аномалий в процессе генерации, раннее отсечение заведомо некорректных результатов.	LLM-as-judge для семантической проверки, компьютерное зрение для анализа геометрии, проверка на соответствие правилам.	Бинарные флаги нарушений (например, «несоблюдение стандарта», «конфликт размеров»), оценка уверенности модели.
3. Пост-генерационный анализ	Всесторонняя валидация сгенерированного документа. Фактчекинг, проверка на целостность и логическую согласованность.	Комбинация автоматических оценщиков (LLM для проверки текстовых описаний, алгоритмы сравнения с CAD-моделью) и выборочного экспертного ревью.	Показатели точности, полноты, F-меры; рейтинги от экспертов; выявленные типы и количество дефектов.
4. Агрегация и статистический анализ	Анализ тенденций, выявление системных проблем, управление процессом.	Построение контрольных карт для метрик из уровней 2 и 3. Кластеризация	Контрольные карты основных показателей качества (КПК), статистически значимые

		ошибок, А/В-тестирование новых версий моделей.	выводы о стабильности процесса, рекомендации по дообучению модели.
5. Обратная связь и оптимизация	Закрытие цикла непрерывного улучшения.	Автоматическое помечение ошибочных данных для дообучения модели. Анализ корневых причин.	Обновленные наборы данных для обучения, скорректированные параметры генерации, улучшенные версии моделей.

Основную роль в реальном времени и пост-анализе играют автоматические оценщики. В отличие от трудоемкого ручного контроля, они позволяют проверять 100% сгенерированных документов. Наиболее перспективным является подход LLM-as-judge, когда одна крупная языковая модель используется для оценки выходов другой. LLM-судья может анализировать текстовое описание узла на соответствие техническому заданию, отсутствие противоречий и полноту. «Для геометрической части применяются специализированные модели компьютерного зрения и алгоритмы, проверяющие соблюдение правил оформления чертежей (типы линий, шрифты, расположение видов)» [4, с. 49].

Полная автоматизация контроля в ответственных областях пока недостижима и нежелательна. Человек-эксперт выполняет функции [5; 8]:

1. Валидация сложных случаев, отфильтрованных автоматическими оценщиками.
2. Оценка неформализуемых аспектов: инженерная целесообразность, эстетика оформления, соответствие негласным корпоративным стандартам.
3. Обучение и калибровка автоматических оценщиков на основе своих решений.

Таким образом, система строится на принципе гибридного интеллекта, где сильные стороны ИИ (масштаб, скорость, постоянство) дополняются опытом и интуицией человека.

Помимо общих проблем качества, ИИ-генерация документации сопряжена с рядом специфических рисков, требующих целевых методов контроля [1; 6]:

1. Семантические «галлюцинации» и нарушение контекста. Модель может «дорисовать» несуществующую, но правдоподобную деталь или неверно интерпретировать связь между компонентами. Метод контроля – внедрение многоступенчатой валидации. Сначала LLM-as-judge проверяет текстовую часть на внутреннюю согласованность. Затем геометрическая модель, извлеченная из чертежа, сопоставляется с независимо сгенерированной 3D-моделью или проверяется на выполнение физических ограничений.

2. Несоблюдение стандартов и шаблонов (ГОСТ, ЕСКД, корпоративные стандарты). Автоматически созданный чертеж может нарушать правила нанесения размеров, обозначения сечений или использовать

неутвержденные обозначения материалов. Метод контроля – создание автоматических оценщиков на основе правил, которые сканируют векторный файл чертежа на соответствие заранее загруженным шаблонам и правилам. Эффективен статистический аудит, когда выборка документов регулярно проверяется экспертом, а частота нарушений того или иного правила отслеживается на контрольной карте.

3. Несогласованность между связанными документами. Изменение размера на сборочном чертеже может не автоматически отразиться в спецификации или чертеже детали. Метод контроля – разработка системы кросс-документного анализа. ИИ-модели, обученные извлекать сущности (детали, размеры, материалы) из разных типов документов, автоматически строят граф связей и выявляют противоречия.

4. Смещение качества. Со временем качество генерации может незаметно снижаться из-за изменения стиля запросов или обновления базы знаний. Метод контроля – регулярное статистическое тестирование гипотез. Качество выхода новой версии генеративной модели или качество документации за новый период сравнивается с репрезентативной базовой выборкой (бенчмарком) с использованием t-тестов или аналогичных методов для определения статистической значимости отклонений.

Внедрение описанной системы требует поэтапного подхода, начиная с пилотных проектов на ограниченных типах документов. Особое внимание следует уделить двум аспектам [3]:

1. Формирование эталонных наборов данных. Для обучения и калибровки генеративных моделей и оценочных алгоритмов необходимы размеченные экспертами наборы качественной документации с известными дефектами.

2. Интеграция в существующие PLM/PDM-системы. Система контроля должна встраиваться в цифровые цепочки создания продукта, передавая статус «годен/брак» и отчеты об ошибках в системы управления жизненным циклом изделия.

Таким образом, отраслевая специфика накладывает отпечаток. В микроэлектронике критически важна точность до нанометра и соответствие тысячам проектных правил. В общем машиностроении акцент смещается на сложность геометрии и корректность сборочных связей. В каждой области должен быть разработан свой профиль рисков и набор приоритетных метрик для контроля.

## **Выводы**

Автоматическая генерация конструкторской документации с помощью ИИ открывает огромные перспективы для ускорения проектирования и снижения трудозатрат. Однако ее промышленное применение невозможно без внедрения столь же передовых, статистически обоснованных систем контроля качества. Предложенная в статье многоуровневая архитектура, объединяющая автоматических оценщиков, методы статистического управления процессами

(контрольные карты, тестирование гипотез) и обязательную экспертизу человека, формирует целостный ответ на этот вызов.

Отмечается необходимость рассматривать контроль качества как сквозную, встроенную функцию всего конвейера ИИ-генерации – от постановки задачи до анализа эксплуатационных данных. Дальнейшие исследования должны быть направлены на повышение объяснимости решений автоматических оценщиков, разработку стандартизированных метрик качества для разных типов документации и создание самообучающихся систем, способных минимизировать необходимость ручного вмешательства без ущерба для надежности. Реализация этих принципов позволит перейти от точечного использования ИИ в проектировании к созданию надежных, управляемых и статистически предсказуемых цифровых производственных процессов полного цикла.

#### Список литературы

1. Басов О. О., Демин О. Д., Носков Д. А. Подход к векторизации чертежей конструкторской документации на бумажном носителе // Научный результат. Информационные технологии. 2024. Т. 9. № 3. С. 55–62.
2. Басов О. О., Носков Д. А. Построение геометрической модели изделия на основе мультимодальной обработки бумажной конструкторской документации // Экономика. Информатика. 2025. Т. 52. № 1. С. 137–144.
3. Будкин Ю. В., Анисимов Н. Р. Направления использования искусственного интеллекта в наукоемком машиностроении // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 4 (79). С. 9–17.
4. Воронцова И.В. Математическая модель объема конструкторской документации // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2022. № 2 (186). С. 47-56.
5. Жамсуев О. В., Писаренко К. С., Петин Г. И., Макарова Н. А. Исследование нейросетевой модели извлечения терминов и отношений между ними из чертежей конструкторской документации // Системная трансформация - основа устойчивого инновационного развития. Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции с международным участием. В 2-х частях. Уфа, 2023. С. 50–55.
6. Терехин М. А., Иващенко А. В., Кулаков Г. А. Концептуальный подход к интеграции искусственного интеллекта в инженерную деятельность // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2025. Т. 13. № 2 (49). – С. 22-28.
7. Pröhl T., Mohrhardt R., Förster N., Putzier E., Zarnekow R. Detection methods for ai-generated texts: overview and architectural design // HMD. Praxis der Wirtschaftsinformatik. 2024. Т. 61. № 2. С. 418–435.
8. Raghuvanshi P. Revolutionizing semiconductor design and manufacturing with AI // Journal of Knowledge Learning and Science Technology ISSN: 2959-6386 (online). 2024. Т. 3. № 3. С. 272–277.

# **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО ВИДЕОПОТОКА**

**Хохлов И.А., Болодурина И.П., д-р техн. наук, профессор,  
Афанасьев В.Н. д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

На современном этапе развития высокотехнологичной медицины наблюдается качественная трансформация хирургической практики, сопоставимая по масштабам с технологическим бумом в капитальном строительстве. Для обеспечения надежности и безопасности интраоперационных манипуляций при проведении малоинвазивных вмешательств необходима мощная интеллектуальная база, включающая системы компьютерного зрения для анализа видеопотока в реальном времени [1]. От точности интерпретации эндоскопических изображений зависит устойчивость клинического исхода, минимизация рисков осложнений и долговечность результатов лечения, что делает процесс разработки систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) приоритетным направлением медицинской информатики [2].

К началу 2026 году рынок компьютерного зрения в здравоохранении достиг объема в 3,48 млрд. долларов, что подтверждает высокую актуальность направления. Несмотря на успехи в области компьютерной детекции (CADe) и диагностики (CADx), открытым остается вопрос баланса между точностью алгоритмов и их вычислительной эффективностью для работы в реальном времени на периферийных устройствах. Объектом исследования выступает интеллектуальная интраоперационная система поддержки принятия врачебных решений при проведении эндоскопических хирургических вмешательств. Предметом исследования являются модели, алгоритмы и структурно-параметрические элементы системы интеллектуального анализа эндоскопического видеопотока в режиме реального времени.

К задачам исследования относятся:

1. Выполнить системный анализ и классификацию структурно-параметрических элементов интеллектуальной поддержки.
2. Разработать нейросетевые архитектуры для сегментации анатомических структур и патологий в видеопотоке.
3. Оптимизировать аппаратно-технические характеристики системы для реализации концепции периферийных вычислений (Edge Computing).
4. Провести статистическую валидацию клинической эффективности разработанной системы с использованием непараметрических критериев и

критериев адекватности моделей.

Методы исследования включают в себя методы системного анализа, глубокого машинного обучения (архитектуры YOLO, U-Net), методы многофакторного регрессионного анализа для обработки эмпирических данных, а также критерии Фишера и Манна-Уитни для оценки достоверности и адекватности результатов.

Процесс функционирования интеллектуальной системы целесообразно проводить в оптимальном режиме, обеспечивающем мгновенный отклик и высокую достоверность детекции патологий. Для этого при исследовании следует выделить наиболее значимые параметры, влияющие на результаты этого процесса. Выходные показатели, или параметры эффекта, зависят от целого комплекса характеристик, описывающих технологический цикл обработки медицинских данных. Структура этого параметрического комплекса может быть сгруппирована в три блока: аппаратно-технический, алгоритмико-программный и клинико-эксплуатационный [3]. Каждый из блоков включает в себя эмпирически определяемый комплекс показателей, определяющих итоговое качество медицинской помощи.

Оптимизация и прогнозирование результатов работы системы поддержки принятия решений основываются на математически обоснованных методах, позволяющих формализовать сложный процесс взаимодействия человека и машины в операционной [3]. В основе интеллектуального анализа лежит выделение ключевых факторов, определяющих точность распознавания анатомических структур и инструментов. Аппаратно-технические показатели включают характеристики вычислительной мощности: количество универсальных процессоров (ALU) в графическом ускорителе, объем видеопамяти и пропускную способность интерфейсов передачи данных [4]. Алгоритмико-программные показатели описывают архитектуру используемых нейронных сетей, глубину обучения и методы сегментации изображений [5]. Клинико-эксплуатационные параметры фокусируются на качестве входного видеосигнала, уровне зашумленности операционного поля и времени задержки, критичном для сохранения зрительно-моторной координации хирурга [6].

Таблица 1 – Формализованные показатели модели интеллектуальной эндоскопической системы

<b>Параметры процесса</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Формализов.</b>	<b>Единицы измерения</b>
Разрешение входного видеопотока	R	$x_1$	пиксели (px)
Частота кадров (Frame Rate)	f	$x_2$	Гц (FPS)
Количество вычислительных ядер (ALU)	$N_{alu}$	$x_3$	шт.

Объем видеопамати ускорителя	VRAM	$x_4$	ГБ
Пропускная способность интерфейса	BW	$x_5$	Гбит/с
Объем обучающей выборки	$D_{size}$	$x_6$	тыс. изображений
Глубина нейронной сети (слои)	$D_{net}$	$x_7$	ед.
Коэффициент зашумленности поля	$K_{noise}$	$x_8$	-
Время задержки (Latency)	L	$y_1$	мс
Точность классификации (Accuracy)	Acc	$y_2$	%
Гармоническое среднее (F1-score)	F1	$y_3$	%

Оптимизация этой системы может осуществляться методом векторной оптимизации с линейной целевой функцией, где в качестве ограничений выступают технические возможности оборудования и физиологические пределы человеческого восприятия. Достижение цели возможно только при изменении функциональных особенностей структуры рассматриваемого процесса, что требует поиска эффективных точек в многомерном пространстве параметров.

Для нахождения оптимального решения задачи интраоперационной поддержки часто используют целевые функции, связывающие параметры эффекта с характеристиками процесса. Метод векторной оптимизации разрешает использовать функции, отождествляемые с точностью диагностики и скоростью обработки, позволяя вводить ограничения, создающие область допустимых решений.

В случаях, когда классическими методами невозможно описать свойства изучаемого объекта (например, сложную динамику изменения тканей под воздействием инструментов), применяется вычислительный эксперимент с использованием графических и численных методов [7]. Адекватность вычислений проверяется тестированием математической модели с помощью разработанных компьютерных программ, имеющих государственную регистрацию [8, 9]. Для обработки эмпирических параметров процесса можно использовать классические методы наименьших квадратов (МНК) для нахождения коэффициентов уравнения регрессии. Модель процесса в общем виде описывается системой уравнений:

$$y_i = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8) + \varepsilon \quad (1)$$

Традиционно для решения подобных задач используются полиномы  $n$ -й степени. При ограничении полиномом третьей степени коэффициенты определяются решением матричного уравнения:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (2)$$

где  $B$  – вектор коэффициентов,  $X$  – матрица плана эксперимента,  $Y$  – вектор значения параметра точности или задержки.

Особое внимание уделяется анализу временных рядов в видеопотоке. Использование адаптивной стриминговой регрессии (ASR) позволяет уточнять параметры вектора  $B$  для текущего временного окна с учетом накопленной статистики предыдущих кадров [10]. Это обеспечивает стабильность работы системы в динамике операции, когда условия освещенности или положение камеры могут резко меняться.

Важным этапом планирования экспериментов является оценка адекватности полученных моделей по критерию Фишера (F-критерий). Данный критерий отражает, насколько хорошо регрессионная модель объясняет общую дисперсию (объясненную вариацию) зависимой переменной. Расчет выполняется по формуле:

$$F = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(n-k-1)} \quad (3)$$

где  $R^2$  – коэффициент детерминации,  $n$  – число наблюдений,  $k$  – число факторов. При выборе оптимального варианта интеллектуальной поддержки или плана эксперимента предпочтение отдается той конфигурации, которая обеспечивает наибольшую долю объясненной вариации, что гарантирует высокую прогностическую способность системы при анализе видеопотока.

Переход к концепции Edge Computing (периферийных вычислений) является критическим фактором успеха для медицинских СППВР. Локальная обработка данных непосредственно в операционной позволяет минимизировать сетевые задержки и обеспечить конфиденциальность информации. Технические характеристики аппаратной части должны строго соответствовать требованиям реального времени. Для комфортной установки на эндоскопическую стойку габариты устройства не должны превышать 220x240x150 мм при массе до 6 кг, внутренняя архитектура системы базируется на высокопроизводительных ИИ-ускорителях, обеспечивающих частоту обработки  $\geq 1552$  МГц и объем оперативной памяти от 16 ГБ [4].

Таблица 2 – Спецификация аппаратных компонентов интеллектуальной системы

Компонент	Требование	Обоснование
ИИ-ускоритель (ALU)	$\geq 2560$ ядер	Обеспечение параллельных вычислений нейросети
Интерфейс GPU	PCIe 4.0 x16	Максимизация скорости обмена

		данными с процессором
Карта видеозахвата	SDI In/Out, 1080p60	Прямой захват сигнала с эндоскопа без задержек
Накопитель (SSD)	$\geq 1$ ТБ, M.2 NVMe	Быстрая запись архива операций и логов ИИ
Сетевой интерфейс	Gigabit Ethernet, Wi-Fi 6E	Интеграция с госпитальными системами (EHR/HIS)

Использование специализированных архитектур (FPGA, ASIC или высокопроизводительных GPU) позволяет достичь времени инференса нейросети в пределах 2–6 мс, что в сочетании с физической задержкой монитора дает суммарное время отклика системы (glass-to-glass latency) значительно ниже критического порога в 50 мс. Превышение этого порога приводит к десинхронизации движений хирурга и визуальной информации, что снижает точность манипуляций на 23% и создает риски для пациента [2].

Программная реализация системы опирается на современные модели глубокого обучения, адаптированные для работы с видеопотоком. Основными задачами являются компьютерная детекция (CADe) – обнаружение патологических участков или инструментов, и компьютерная диагностика (CADx) – классификация типов тканей [11, 12]. Применение архитектур семейства YOLO (v5, v8) позволяет реализовать одностадийную детекцию с высокой скоростью обработки кадров [5]. Для более точного определения границ патологий (например, при резекции опухолей) используются сегментационные сети типа U-Net или Attention U-Net, которые позволяют выделять область интереса на пиксельном уровне [13]. Для повышения стабильности предсказаний в видеопотоке целесообразно использовать рекуррентные компоненты (LSTM) или механизмы внимания (Transformers), которые учитывают контекст предыдущих кадров [14]. Это позволяет игнорировать кратковременные помехи, такие как блики от инструментов или кратковременное задымление при коагуляции. Эффективность обучения таких моделей напрямую зависит от качества и объема аннотированных данных: использование наборов данных типа HyperKvasir или специализированных баз (10–12 тыс. изображений) обеспечивает точность классификации на уровне 93–94% [15].

Важнейшим этапом разработки является подтверждение клинической значимости работы системы. Поскольку медицинские данные часто характеризуются отсутствием нормального распределения и малым объемом выборок в специфических клинических случаях, для оценки достоверности результатов применяются непараметрические критерии.

U-критерий Манна-Уитни (критерий Уилкоксона) используется для проверки гипотезы о том, что две выборки – например, результаты диагностики

опытного врача и результаты интеллектуальной системы – принадлежат к одной генеральной совокупности [7, 16]. Статистика  $U$  представляет собой число инверсий при ранжировании объединенной выборки. Алгоритм расчета включает следующие шаги:

1. Объединение двух независимых выборок объемом  $n_1$  и  $n_2$  в общий вариационный ряд.
2. Присвоение рангов всем значениям от 1 до  $n_1 + n_2$ .
3. Вычисление сумм рангов для первой ( $R_1$ ) и второй ( $R_2$ ) выборок.
4. Расчет эмпирического значения критерия:

$$U = n_1 * n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad (3)$$

5. Сопоставление полученного значения с критическим по таблицам. Если  $U_{emp} \leq U_{crit}$ , статистическая значимость различий признается достоверной.

В исследованиях колоноскопии с поддержкой ИИ было показано, что частота обнаружения аденом (ADR) в группе с ИИ составила 59,1% против 46,6% в контрольной группе ( $p < 0,001$ ), что подтверждает эффективность интеллектуальной поддержки. При этом отсутствие значимых различий в частоте удаления непатологических тканей (NNRR) свидетельствует о том, что система повышает именно качество диагностики, а не просто количество необоснованных манипуляций [17].

Для интегральной оценки качества процесса может быть использована функция желательности Харрингтона, которая переводит частные физические показатели (точность, задержка, стоимость) в безразмерную шкалу психологической оценки желательности результата [18]. Это позволяет выбрать наиболее сбалансированную конфигурацию системы из множества альтернатив.

Реализация результатов исследования в клиническую практику требует последовательного выполнения этапов, формализованных в виде алгоритма. Этот путь включает в себя трансформацию технических параметров в клинически значимые показатели и элиминирование неэффективных алгоритмических решений.

На основе разработанной математической модели формируются параметры эффекта, на базе которых с вводом ограничений определяется область оптимальных интраоперационных решений. Алгоритм включает блоки сбора данных, обучения моделей, верификации на исторических данных и финальной апробации в условиях реальных операций.

Таблица 3 – Сравнение диагностической эффективности различных подходов

Метод диагностики	Точность (Acc)	Чувствительность (Sen)	Специфичность (Spe)	AUC
Традиционный осмотр (врач-стажер)	74,0%	72,0%	76,0%	0,79
Традиционный осмотр (эксперт)	81,5%	84,0%	87,0%	0,95
ИИ-система (автономно)	92,6%	91,0%	93,0%	0,96
Врач + ИИ-поддержка	87,0%	89,0%	91,0%	0,98

Результаты показывают, что наиболее эффективной является стратегия синергии врача и интеллектуальной системы. Использование СППВР позволяет сократить среднее время анализа эндоскопического исследования и повысить уверенность хирурга в принятии решений, особенно в случаях сомнительной визуализации ранних форм онкологических заболеваний [19].

Адекватность полученных зависимостей подтверждается не только статистически, но и через соответствие стандартам доказательной медицины. Использование многофакторного регрессионного анализа позволяет прогнозировать риск осложнений на основе 30 переменных, включая предоперационные показатели пациента и интраоперационные характеристики видеопотока [20]. В частности, нейросетевые модели демонстрируют преимущество перед классической логистической регрессией в прогнозировании частоты острых почечных повреждений и кровотечений после операций на почках [21]. Выбор итоговой модели осуществляется по критерию максимизации объясненной вариации, что подтверждает адекватность системы стандартам доказательной медицины.

Разработка интеллектуальной системы интраоперационной поддержки – это сложный научно-технический процесс, требующий системного подхода к оценке каждого параметра. Структурно-параметрический анализ позволяет выделить критические узлы системы, такие как минимизация задержки передачи видео и максимизация точности нейросетевого инференса на периферийных устройствах. Применение непараметрических статистических методов, таких как критерий Манна-Уитни, обеспечивает надежную валидацию клинической эффективности, доказывая преимущество ИИ-ассистированных вмешательств.

Дальнейшее совершенствование технологий будет связано с развитием объяснимого искусственного интеллекта (XAI), который обеспечит прозрачность работы алгоритмов для врача, и созданием мультимодальных систем, объединяющих видеопоток с данными электронных медицинских карт

и датчиков жизненно важных функций пациента. Это позволит окончательно трансформировать хирургическую операционную в высокоинтеллектуальную цифровую среду, ориентированную на достижение максимального терапевтического эффекта.

#### Список литературы

1. Pinto-Coelho, L. How artificial intelligence is shaping medical imaging technology: a survey of innovations and applications //Bioengineering. – 2023. – Т. 10. – №. 12. – С. 1435.
2. Why Must the Real-Time Delay of an Endoscopic Surgery Monitor < 50ms? [Электронный ресурс] // Reshin. – URL: <https://reshinmonitors.com/why-must-the-real-time-delay-of-an-endoscopic-surgery-monitor-%EF%BC%9C-50ms/> (дата обращения: 21.12.2025)
3. Zikos, D., DeLellis, N. CDSS-RM: a clinical decision support system reference model //BMC medical research methodology. – 2018. – Т. 18. – №. 1. – С. 137.
4. Комплексная автоматизация эндоскопической службы с применением ИИ [Электронный ресурс] // ArtInCol. – URL: <https://artincol.ru/> (дата обращения: 21.12.2025)
5. Zhu, Y., Du, L., Fu, P. Y., Geng, Z. H., Zhang, D. F., Chen, W. F., Li, Q. L., Zhou, P. H. An Automated Video Analysis System for Retrospective Assessment and Real-Time Monitoring of Endoscopic Procedures (with Video) //Bioengineering. – 2024. – Т. 11. – №. 5. – С. 445.
6. Bidwell, J., Gyawali, D., Morse, J., Ganeshan, V., Nguyen, T., McCoul, E. D. Real-time augmentation of diagnostic nasal endoscopy video using AI-enabled edge computing //International Forum of Allergy & Rhinology. – 2024. – Т. 15. – №. 2. – С. 191.
7. Park Y. Optimal two-stage group sequential designs based on Mann-Whitney-Wilcoxon test //PloS one. – 2025. – Т. 20. – №. 2. – С. e0318211.
8. НАШИ ПАТЕНТЫ [Электронный ресурс] // Национальный Геронтологический Центр. – URL: <http://ngcrussia.org/Computer.htm> (дата обращения: 21.12.2025)
9. Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ [Электронный ресурс] // ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. – URL: <https://vrngmu.ru/academy/structure/intellektualnaya-sobstvennost-vgmu/66694/> (дата обращения: 21.12.2025)
10. Nadungodage, C. H., Xia, Y., Li, F., Lee, J. J., Ge, J. StreamFitter: a real time linear regression analysis system for continuous data streams //International Conference on Database Systems for Advanced Applications. – Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2011. – С. 458-461.
11. Biffi, C., Salvagnini, P., Dinh, N. N., Hassan, C., Sharma, P., Cherubini, A. A novel AI device for real-time optical characterization of colorectal polyps //NPJ digital medicine. – 2022. – Т. 5. – №. 1. – С. 84.
12. Rey, J. F. As how artificial intelligence is revolutionizing endoscopy

//Clinical Endoscopy. – 2024. – Т. 57. – №. 3. – С. 302-308.

13. Cavadia, D. EndoSight AI: Deep Learning-Driven Real-Time Gastrointestinal Polyp Detection and Segmentation for Enhanced Endoscopic Diagnostics //arXiv e-prints. – 2025. – С. arXiv: 2511.12962.

14. Boers, T., van der Putten, J., Struyvenberg, M., Fockens, K., Jukema, J., Schoon, E., van der Sommen, F., Bergman, J., de With, P. Improving temporal stability and accuracy for endoscopic video tissue classification using recurrent neural networks //Sensors. – 2020. – Т. 20. – №. 15. – С. 4133.

15. Dermyer, P., Kalra, A., Schwartz, M. Endodino: A foundation model for gi endoscopy //arXiv preprint arXiv:2501.05488. – 2025.

16. U-критерий Манна — Уитни: что это такое и как его рассчитывать [Электронный ресурс] // Яндекс Практикум. – URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/u-kriterii-manna-uitni/> (дата обращения: 21.12.2025)

17. Lagström, R. M. B., Bräuner, K. B., Bielik, J., Rosen, A. W., Crone, J. G., Gögenur, I., Bulut, M. Improvement in adenoma detection rate by artificial intelligence-assisted colonoscopy: Multicenter quasi-randomized controlled trial //Endoscopy International Open. – 2025. – Т. 13. – №. continuous publication.

18. Захахатнов, В. Г., Попов, В. М., Афонькина, В. А. Функция желательности Харрингтона как критерий оптимального выбора зерносушилки //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – №. 2 (94). – С. 110-114.

19. Wasylewicz, A. T. M., Scheepers-Hoeks, A. Clinical decision support systems //Fundamentals of clinical data science. – 2018. – С. 153-169.

20. Shapey, I. M., Sultan, M. Machine learning for prediction of postoperative complications after hepato-biliary and pancreatic surgery //Artificial Intelligence Surgery. – 2023. – Т. 3. – №. 1. – С. 1-13.

21. AI Accurately Predicts Complication Risk After Kidney Cancer Surgery [Электронный ресурс] // Cancer Nursing Today. – URL: <https://www.cancernursingtoday.com/post/ai-accurately-predicts-complication-risk-after-kidney-cancer-surgery> (дата обращения: 21.12.2025)

# ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Цыркаева Е. А., канд. экон. наук  
Кумертауский филиал ОГУ**

Сельское хозяйство играет важнейшую роль в экономике России, поскольку гарантирует продовольственную безопасность и создаёт рабочие места во всех регионах.

Под сельским хозяйством региона понимается комплекс отраслей, связанных с производством сельхозпродукции (растениеводство, животноводство, рыболовство, лесоводство) на определённой территории. В него входят фермерские хозяйства, кооперативы, агрохолдинги и другие предприятия, которые не только обеспечивают население продуктами питания и сырьём для переработки, но и способствуют устойчивому развитию региона.

Показатели развития сельского хозяйства в регионе можно рассматривать с позиций объема продукции, наличия различных ресурсов, эффективности использования ресурсов, эффективности производства продукции сельского хозяйства.

Рассмотрим этапы анализа развития сельского хозяйства в регионах Российской Федерации (рисунок 1).

<b>Этап 1.</b> Постановка целей и задач исследования
<b>Этап 2.</b> Сбор первичной информации
<b>Этап 3.</b> Анализ полученных данных
<b>Этап 4.</b> Выявление проблем и выработка мероприятий по их решению
<b>Этап 5.</b> Оценка эффективности мероприятий, формирование выводов

Рисунок 1 – Порядок анализа развития сельского хозяйства в регионах

Первые два этапа можно охарактеризовать как фундаментальные, требующий достоверной статистической информации. Третий и четвертый этапы позволяют выявить ключевые условия развития аграрного сектора, помогает отследить тенденции и пропорции в производстве, также выявляет дисбалансы и лучшие практики для адаптации. Пятый этап направлен на улучшение показателей.

Схема демонстрирует логичную последовательность от сбора данных до принятия решений, что необходимо для эффективного планирования в сельском хозяйстве. Однако успех зависит от качества исходных данных и

учёта региональной специфики. Для повышения точности анализа можно дополнить этап мониторинга результатов реализованных мер.

Таблица 1 – Производство сельскохозяйственной продукции в федеральных округах Российской Федерации, млн. руб. [1]

Округ	2010	2015	2020	2022	2023	2024	Абсолютное изменение 2024 г. к 2010 г. (+,-)	Относительное изменение 2024 г. к 2010 г. (%)
ЦФО	557811	1265435	1810427	2293780	2356132	2541506	1983695	455,6
СЗФО	128509	225538	284322	351442	371879	444502	315993	345,9
ЮФО	395217	811568	1113253	1513135	1498207	1520745	1125528	384,8
СКФО	197873	384914	513041	705948	785969	859896	662023	434,6
ПФО	562141	1113852	1518948	2035524	1937156	2220137	1657996	394,9
УрФО	169204	292396	339748	457291	410075	479614	310410	283,5
СФО	337213	520459	673000	907763	831422	969484	632271	287,5
ДФО	114219	180454	216095	294358	302796	325284	211065	284,8

Во всех округах наблюдается значительный рост объема производства сельскохозяйственной продукции за период с 2010 по 2024 годы. Это свидетельствует о положительной динамике развития сельского хозяйства в целом по регионам. Наибольшее абсолютное увеличение произошло в ЦФО (+1983695 млн.руб.), в ПФО (+1657996 млн.руб.) и СКФО (+662023 млн. руб.).

Наиболее высокие темпы роста продемонстрировал ЦФО (в 4,5 раза), СКФО (в 4,3 раза) и ЮФО (в 3,5 раза)

В ЮФО хорошо развито растениеводство, садоводство и овощеводство (пшеница, кукуруза, подсолнечник). ЦФО – молочное скотоводство, производство мяса, выращивание сахарной свеклы. ПФО – растениеводство (зерновые, подсолнечник, картофель) и производство молока. В СФО и ДФО наблюдается выращивание сои, рапса и зерновых, развитие тепличного хозяйства.

На рисунке 1 представлен рейтинг регионов по производству сельскохозяйственной продукции. [1]

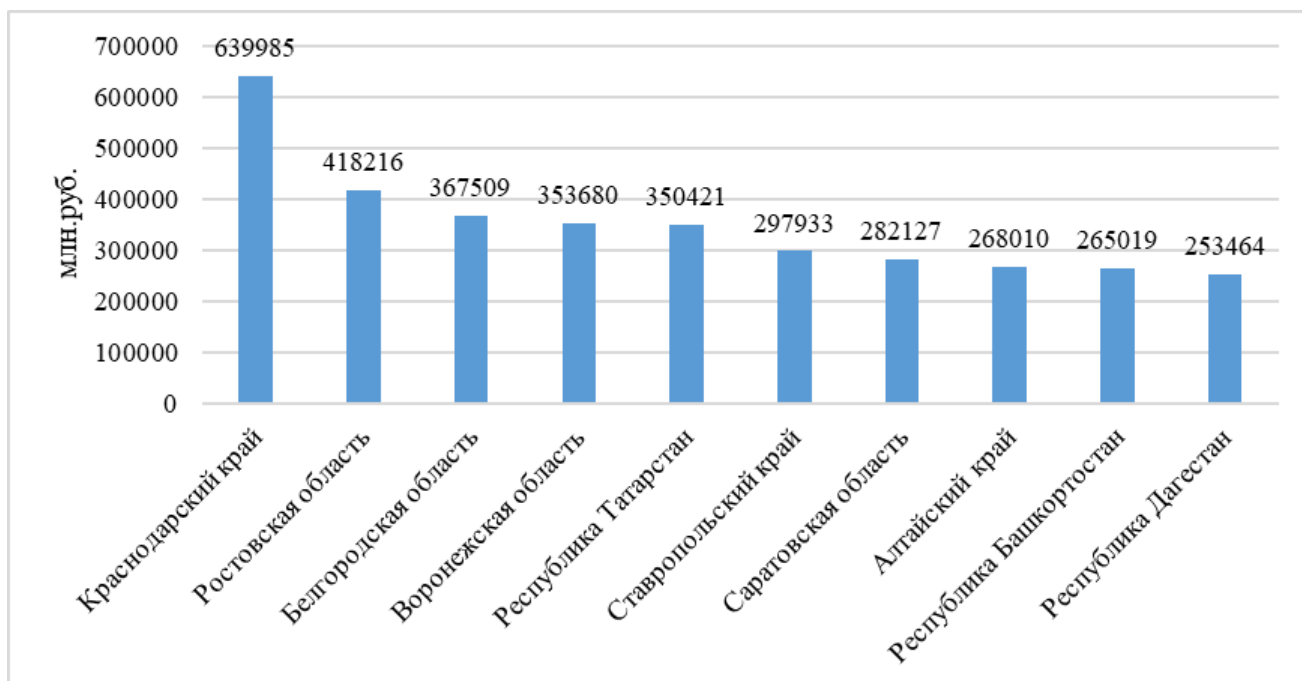


Рисунок 1 – Регионы-лидеры по производству сельскохозяйственной продукции в 2024 году

Представленные регионы значительно опережают остальные по объему производства сельскохозяйственной продукции. Краснодарский является лидером по объёму валовой продукции и урожайности продукции в растениеводстве; Воронежская область – по производству растительного масла; Республика Татарстан – по производству молока. Первое место по производству продукции сельского хозяйства на 1 га обрабатываемой пашни принадлежит Белгородской области.

За последние 10 лет регионы Российской Федерации значительно увеличила объёмы сельхозпродукции:

- РФ входит в тройку мировых лидеров по экспорту пшеницы, основные регионы-лидеры – Краснодарский край, Ростовская область, Ставрополье.

- Наблюдается рост производства мяса (особенно свинины и птицы), молока и яиц. Лидируют Белгородская, Тюменская, Ленинградская области.

- Увеличиваются посевы подсолнечника, сахарной свёклы и сои, особенно в Центральном и Южном федеральных округах.

Для развития сельского хозяйства осуществляется активная государственная поддержка в виде субсидий на приобретение сельскохозяйственной техники, удобрений; финансирование развития инфраструктуры; льготное кредитование производителей сельскохозяйственной продукции.

Выделим ключевые проблемы развития сельского хозяйства в регионах Российской Федерации (таблица 2).

Таблица 2 – Ключевые проблемы развития сельского хозяйства в регионах Российской Федерации

Ключевые проблемы развития сельского хозяйства в регионах Российской Федерации	Перспективные направления развития сельского хозяйства в регионах Российской Федерации
Климатические риски. Дефицит кадров. Недостаток технологий. Санкционное давления	Внедрение точного земледелия, умных теплиц, дронов. Развитие генетики и селекции для устойчивых сортов.  Развитие логистики (железные дороги, порты). Увеличение поставок в Китай, Ближний Восток, Африку  Развитие малых форм хозяйствования (КФХ, кооперативы). Снижение барьеров для льготного кредитования

Таким образом, несмотря на ключевые проблемы (природно-климатические, технологические, инфраструктурные) регионы Российской Федерации продолжают наращивать объемы производства продукции сельского хозяйства. Разрабатываются и апробируются новые формы поддержки агропромышленного сектора, внедряются инновационные технологические продукты, которые позволят регионам стать лидерами в данной отрасли.

#### Список литературы

- 1 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>- 19.01.2026.
- 2 Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/> - 20.01.2026

# СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ЖИЛЬЁМ В ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Чекушина Д. В., Михеева А. Д., Шаров Д. Е.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Обеспеченность населения жильём является одним из ключевых индикаторов уровня жизни и отражает эффективность социально-экономической политики региона. Доступность и качество жилищных условий оказывают непосредственное влияние на демографические процессы, социальную стабильность и качество жизни населения. В условиях территориальной неоднородности Российской Федерации анализ региональных особенностей развития жилищной сферы приобретает особую актуальность [1; 5].

Оренбургская область характеризуется специфическими социально-экономическими и демографическими условиями, что обуславливает необходимость комплексной оценки динамики обеспеченности жильём. Несмотря на положительные изменения в развитии жилищного фонда, проблема повышения доступности жилья остаётся значимой задачей региональной политики [2]. В этой связи применение статистических методов анализа и прогнозирования позволяет выявить устойчивые тенденции и оценить перспективы дальнейшего развития жилищной сферы [3; 4].

В рамках статьи проведён анализ динамики обеспеченности населения жильём, измеряемой показателем площади жилых помещений, приходящейся в среднем на одного жителя. В качестве информационной базы использованы данные официальной статистики за период 2005–2024 гг. Для выявления закономерностей изменения показателя применялись методы анализа временных рядов, включая расчёт абсолютных и средних приростов, темпов роста и прироста [3].

Таблица 1 – Динамика обеспеченности населения жильём в Оренбургской области в 2005–2024 гг.

Годы	Площадь жилых помещений, м <sup>2</sup>	Абсолютные приросты, м <sup>2</sup>		Темпы роста, %		Темпы прироста, %	
		цеп.	баз.	цеп.	баз.	цеп.	баз.
2005	20,8	-	-	-	100,0	-	-
2006	21,0	0,2	0,2	101,0	101,0	1,0	1,0
2007	21,4	0,4	0,6	101,9	102,9	1,9	2,9

2008	21,8	0,4	1,0	101,9	104,8	1,9	4,8
2009	22,2	0,4	1,4	101,8	106,7	1,8	6,7
2010	22,6	0,4	1,8	101,8	108,7	1,8	8,7
2011	23,0	0,4	2,2	101,8	110,6	1,8	10,6
2012	23,3	0,3	2,5	101,3	112,0	1,3	12,0
2013	23,3	0,0	2,5	100,0	112,0	0,0	12,0
2014	23,7	0,4	2,9	101,7	113,9	1,7	13,9
2015	24,3	0,6	3,5	102,5	116,8	2,5	16,8
2016	24,8	0,5	4,0	102,1	119,2	2,1	19,2
2017	25,1	0,3	4,3	101,2	120,7	1,2	20,7
2018	25,6	0,5	4,8	102,0	123,1	2,0	23,1
2019	26,1	0,5	5,3	102,0	125,5	2,0	25,5
2020	26,7	0,6	5,9	102,3	128,4	2,3	28,4
2021	27,5	0,8	6,7	103,0	132,2	3,0	32,2
2022	28,2	0,7	7,4	102,5	135,6	2,5	35,6
2023	28,8	0,6	8,0	102,1	138,5	2,1	38,5
2024	29,4	0,6	8,6	102,1	141,3	2,1	41,3
<b>Среднее</b>	<b>24,48</b>	<b>0,4526</b>		<b>101,84</b>		<b>1,84</b>	
<i>Источник:</i> Федеральная служба государственной статистики. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <a href="https://rosstat.gov.ru/">https://rosstat.gov.ru/</a> . Составлено автором.							

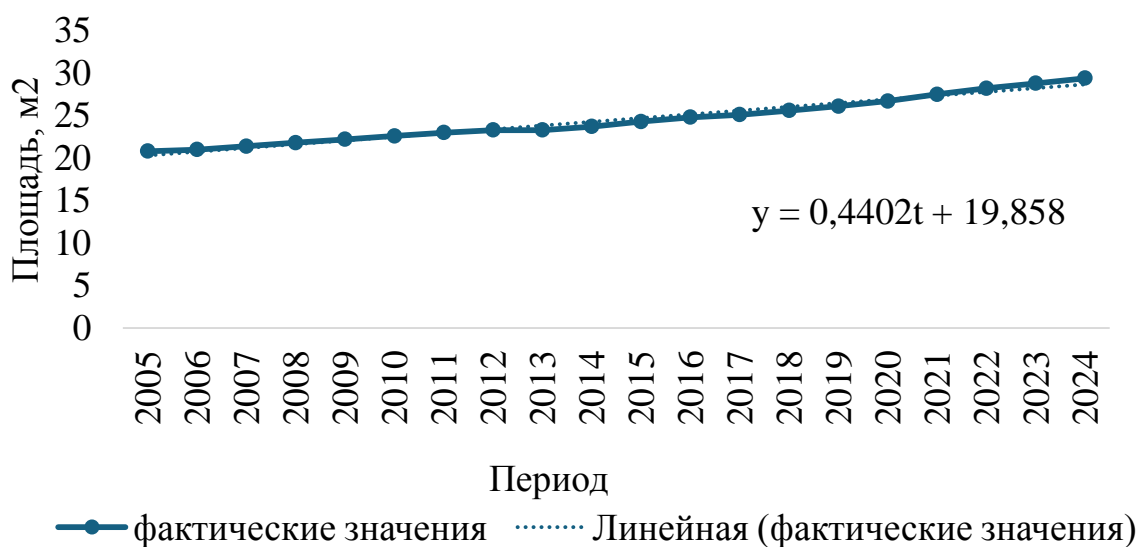
Результаты анализа свидетельствуют об устойчивом и статистически значимом росте обеспеченности населения жильём на протяжении всего рассматриваемого периода. Анализ абсолютных приростов показывает, что увеличение площади жилья на одного жителя носит преимущественно равномерный характер, без резких скачков, что свидетельствует о сбалансированном развитии жилищного строительства в регионе. Наибольшие темпы прироста наблюдались в 2015–2021 гг. В этот период динамика показателя отличалась повышенной устойчивостью, что отражает эффект накопления инвестиций в жилищное строительство и системный характер реализуемых мер государственной поддержки, что связано с активизацией жилищного строительства, реализацией государственных программ поддержки и развитием ипотечного кредитования [7]. В отдельные годы (например, 2013

г.) темпы прироста замедлялись, что отражает влияние макроэкономических факторов и колебаний инвестиционной активности.

Средний уровень обеспеченности за 20 лет составил 24,48 м<sup>2</sup> на человека, при среднем ежегодном приросте 0,45 м<sup>2</sup>. Это указывает на планомерное расширение жилищного фонда региона и повышение доступности жилья для населения. Средний темп роста, превышающий 100 %, подтверждает, что ежегодное воспроизводство жилищного фонда не только компенсировало выбытие жилья, но и формировало чистый прирост обеспеченности.

Колеблемость темпов роста указывает на зависимость обеспеченности жильём не только от объёмов строительства, но и от демографических процессов, уровня доходов населения и миграционных изменений. В частности, снижение темпов прироста в отдельные годы может быть связано с сокращением численности населения или замедлением темпов ввода жилья в эксплуатацию, что типично для регионов с нестабильной демографической динамикой. Таким образом, рост показателя имеет комплексный характер и формируется под воздействием совокупности социально-экономических факторов.

Для оценки перспектив дальнейшего изменения уровня обеспеченности жильём выполнено прогнозирование с использованием трендовых моделей временного ряда. В ходе моделирования были получена линейная модель, адекватно описывающая общую направленность динамики показателя.



Источник: Федеральная служба государственной статистики – [Электронные ресурсы] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/opendata>.

Рисунок 1 – Динамика обеспеченности населения жильём в Оренбургской области в 2005 – 2024 гг.

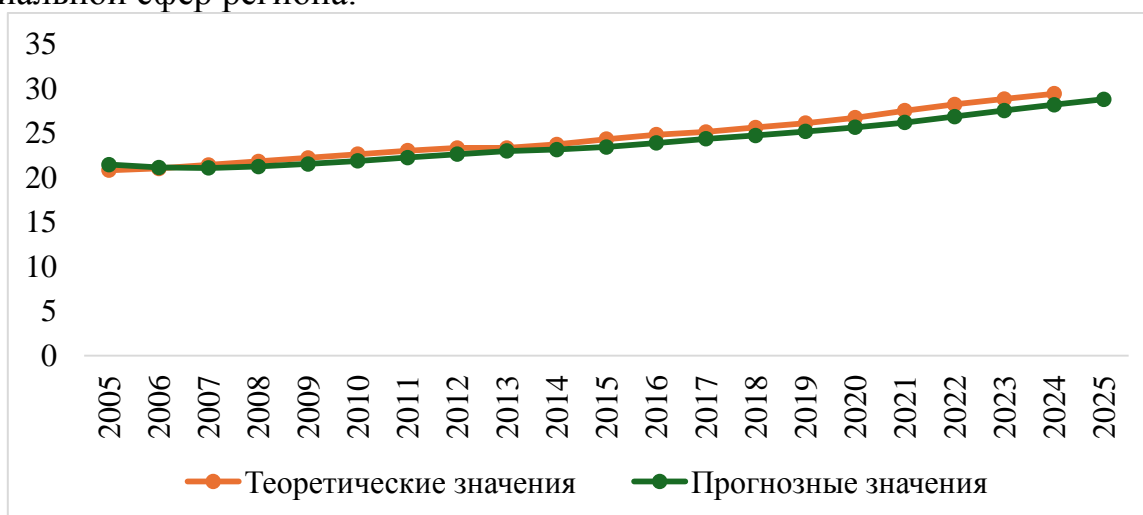
В частности, прогнозирование осуществлялось с применением метода экспоненциального сглаживания при параметре адаптации  $\alpha = 0,5$ , что позволило получить прогнозные значения обеспеченности жильём в 2025 году

на уровне 28,78 м<sup>2</sup> на человека. Низкая ошибка аппроксимации (3,21 %) свидетельствует о достаточной точности выбранной модели.

Дополнительно для нестационарного временного ряда была использована модель Холта, учитывающая наличие трендовой составляющей. Согласно результатам моделирования, прогнозное значение обеспеченности жильём на 2025 год по модели Холта составляет 29,89 м<sup>2</sup> на человека, что подтверждает устойчивость положительной динамики показателя.

Таким образом, результаты прогнозирования, полученные различными методами, находятся в близком диапазоне значений, что повышает надёжность прогноза и позволяет сделать вывод о дальнейшем росте обеспеченности населения жильём в Оренбургской области в краткосрочной перспективе.

Полученные расчёты показали, что при сохранении сложившихся тенденций ожидается дальнейший рост обеспеченности населения жильём. На основе линейной трендовой модели выполнен прогноз уровня обеспеченности жильём на 2025 год. Использование трендового прогнозирования позволяет оценить инерционное развитие показателя при отсутствии резких структурных изменений в жилищной политике и экономике региона. Согласно расчётам, прогнозное значение показателя демонстрирует дальнейший рост по сравнению с предыдущим периодом, что подтверждает сохранение положительной тенденции и создаёт предпосылки для улучшения жилищных условий населения Оренбургской области. Данные результаты подтверждают значимость доходов населения, государственной жилищной политики и объёмов строительства в формировании уровня обеспеченности жильём [4; 7]. Это подчёркивает необходимость согласованного развития экономической и социальной сфер региона.



Источник: Федеральная служба государственной статистики – [Электронные ресурсы] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/opendata>.

Рисунок 2 – Динамика обеспеченности населения жильём в Оренбургской области в 2005 – 2025 гг.

Проведённый статистический анализ и прогнозирование обеспеченности жильём формируют аналитическую основу для оценки эффективности

региональной жилищной политики. Материалы статьи могут быть использованы при разработке программ развития жилищного строительства, а также в учебных целях при изучении методов анализа временных рядов и прогнозирования социально-экономических показателей.

#### Список литературы

1. Жилищный кодекс Российской Федерации (ЖК РФ) – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. – 20.10.2025.
2. Афанасьев, В. Н. Анализ временных рядов и прогнозирование : учебник / В. Н. Афанасьев, М. М. Юбяшев - Москва: Финансы и статистика, 2012. – 320 с. – ISBN 978-5-279-03400-0.
3. Елисеева, И.И. Общая теория статистики: учебник / И. И. Елисеева, М.М. Юзбашев. – Москва : Финансы и статистика, 1998. – 480 с. – ISBN 5-279-01956-9.
4. Дуброва, Т. А. Статистические методы прогнозирования : учеб. пособие / Т. А. Дуброва. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 206 с. – ISBN 978-5-279-03401-7.
5. Косарева, Н. Б. Жилищная политика и экономика в России: результаты и стратегия развития : монография / Н. Б. Косарева, Т. Д. Полиди, А. С. Пузанов. – Москва : Высшая школа экономики, 2015. – 388 с. – ISBN 978-5-279-03410-9.
6. Оренбургская область в цифрах : статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области (Оренбургстат). – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа : [https://56.rosstat.gov.ru/storage/document/document\\_statistic\\_collection/2024-05/29/Оренбургская%20область%20в%20цифрах.pdf](https://56.rosstat.gov.ru/storage/document/document_statistic_collection/2024-05/29/Оренбургская%20область%20в%20цифрах.pdf). – 06.10.2025.
7. Волков, Д. Л. Экономика и финансы недвижимости / Ю. В. Пашкуст, Н. В. Комарова, Д. Л. Волков, Ю. Б. Ильина. Под ред. Петербург, 1999. – 185 р. гос. ун-т. Фак. менеджмента. – СПб.: Изд-во С.-СПб.: Питер, 2013. – 416 с. – ISBN 978-5-496-00057-4

## **СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕТОДОЛОГИЯ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ**

**Черненко Д.Д., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Развитие цифровых технологий повлекло огромное влияние на трансформацию промышленности, на «продукт» и все этапы его жизненного цикла: от проектирования, разработки техпроцесса и запуска в производство до эксплуатации, технического обслуживания и утилизации. Результатом влияния и всестороннего применения цифровых технологий является концепция цифрового двойника (ЦД).

Цифровой двойник – это цифровая (виртуальная) модель физического объекта или процесса, она точно воспроизводит форму и действия оригинала и синхронизирована с ним. Согласно концепции цифрового двойника, виртуальная модель остается активной одновременно с физическим объектом на протяжении всего периода его существования от этапа проектирования, тестирования и модернизации до эксплуатации и последующей утилизации. Необходимо отметить, что взаимодействие между реальной вещью и её цифровой версией сохраняется и после завершения производства, что даёт возможность наблюдать за изменениями характеристик изделия, учитывать проведённые ремонтные мероприятия и предупреждать отклонения в его работе, грамотно организуя техническое обслуживание. Следовательно, ЦД не ограничивается решением задач проектирования, но обеспечивает всестороннюю поддержку изделия на всех стадиях его жизненного пути. Так, при эксплуатации устройства можно собирать информацию о его функционировании благодаря датчикам и использовать полученные данные для последующего обновления цифровой модели. Основываясь на математическом моделировании, ЦД может диагностировать возникающие неполадки и определять оптимальный график техобслуживания [2].

Концепция цифрового двойника была впервые представлена Майклом Гривсом, профессором Университета штата Мичиган, в его научной публикации «The Origins of Digital Twins» («Происхождение цифровых двойников»), опубликованной в 2002 году. Учёный предложил трехкомпонентную структуру данной концепции, включающую реальный физический объект, его виртуальное представление и совокупность данных, обеспечивающих связь между этими двумя уровнями реальности. По мнению автора, идеальный вариант реализации подразумевает возможность полного восстановления всей необходимой информации о физическом изделии исключительно через его виртуальную модель.



Рисунок 1 – Схема взаимодействия между роботом-манипулятором в цеху и его виртуальной математической моделью

Ссылаясь на научную литературу, в любом статистическом исследовании, статистической работе можно выделить несколько этапов.

Статистическое изучение тех или иных явлений предполагает, как обязательное условие наличие информации, сведений об этих явлениях. Начало статистического исследования сводится к сбору необходимой информации.

Статистическая информация – это первичный статистический материал, формирующийся в процессе статистического наблюдения, который затем подвергается систематизации, сводке, обработке, анализу и обобщению.

Статистическое исследование включает в себя три этапа или стадии: - статистическое наблюдение; - первичная обработка, сводка и группировка результатов наблюдения; - анализ сводных данных с помощью обобщающих показателей и особых приемов (методов) [1].

Развитие информационных технологий (сбора, хранения, передачи и анализа больших массивов данных) достигло качественно нового уровня по сравнению с технологиями, применяемыми 7–10 лет назад. В то время идеи создания цифровых двойников объектов не получили широкой поддержки вследствие технического несовершенства информационных технологий. На сегодняшний день можно выделить следующие технологии и методы, позволяющие воплотить в реальность идеи создания ЦД объектов, процессов или систем: технологии высокоскоростных сетей передачи данных, технологии хранения и управления данными, математическое (в частности, имитационное) моделирование, искусственный интеллект и машинное обучение, распределенные, параллельные вычисления. Понятие ЦД продуктов, процессов и систем предполагает создание их виртуальных копий, с помощью которых можно с достаточной точностью моделировать поведение рассматриваемого объекта. Первоначально идея и концепция ЦД распространялась только на физические (материальные) объекты и предполагала создание виртуальных моделей, имеющих с ними двустороннюю связь. В настоящее время концепция ЦД охватывает сложные многоуровневые системы, а также физические и

химические процессы. Важно отметить, что построение ЦД любого объекта, процесса или системы должно осуществляться в соответствии с конкретными целями и задачами.

На обобщенной архитектуре ЦД объекта (продукта/процесса/системы) (Рисунок 2). Видно, что ЦД является своеобразной надстройкой над объектом, необходимой для анализа пользователем и обеспечения поддержки в принятии решений по управлению его конфигурацией.

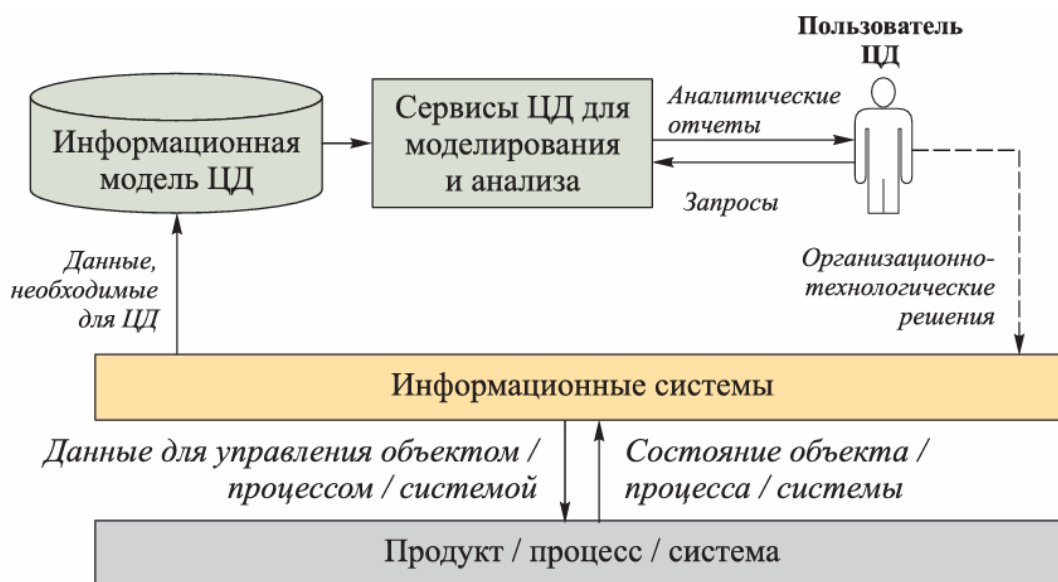


Рисунок 2 – Обобщенная архитектура ЦД

ЦД любого объекта состоит из трех уровней: непосредственный (продукт/процесс/ система) и виртуальный объекты, а также связи, обеспечивающие взаимодействие физической и виртуальной сущности. С учетом предложенной типовой архитектуры для построения ЦД необходимо обеспечить следующие параметры:

1) Взаимосвязь с продуктом/процессом/системой для получения его исходных данных, алгоритмов его функционирования, данных о текущем состоянии и статистике его работы. Взаимосвязь может осуществляться путем взаимодействия непосредственно с моделируемым материальным объектом и с использованием различных датчиков или через информационные системы, обслуживающие рассматриваемый нематериальный объект;

2) Создание информационной модели продукта/процесса/системы, при построении ЦД следует определить структуру информационной модели, позволяющей хранить все необходимые данные и алгоритмы для воспроизведения поведения рассматриваемой сущности;

3) Интеграцию сервисов ЦД для обработки данных информационной модели. В состав сервисов ЦД могут входить системы, решающие задачи обработки данных, анализа, моделирования, а также визуализации и представления данных конечному пользователю ЦД

Таким образом, пользователь взаимодействует с сервисами ЦД путем формирования необходимых запросов, получая по результатам их работы аналитические отчеты, которые могут содержать статистические данные о функционировании объекта, его фактическом и прогнозируемом состояниях. На основе сформированных отчетов пользователь ЦД может проанализировать фактическое или моделируемое состояние исследуемого объекта и при необходимости сформировать решения, направленные на корректирование работы [3].

Несмотря на первоначальные трудности, потенциал цифровых двойников огромен. По мере дальнейшего совершенствования технологий обработки больших объемов данных, их алгоритмизации посредством искусственного интеллекта, роль цифровых двойников в промышленном секторе будет расти. Они станут неотъемлемой частью современных производств, обеспечивая устойчивое развитие и конкурентоспособность.

#### Список литературы

1. Афанасьев, В.Н. А 94 Статистическая методология в научных исследованиях [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Афанасьев, Н.С. Еремеева, Т.В. Лебедева; Оренбургский гос. ун-т. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,9 Мб). Оренбург: ОГУ, 2024.

2. Черненко Д.Д. Цифровые двойники в промышленности / СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА. Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-практической конференции (г.-к. Анапа, 19 ян варя 2026 г.). – Анапа: НИЦ ЭСП в ЮФО, 2026. – 183 с.

3. Никищечкин П.А., Долгов В.А., Григорьев С.Н. Разработка типовых архитектур цифровых двойников про изводственно-логистических систем машиностроительных предприятий на разных стадиях их жизненного цикла. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2023, № 5, с. 37–48, doi: 10.18698/0536-1044 2023-5-37-48

# **СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ВЕРИФИКАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКАХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

**Черняков А.А., Афанасьев В.Н., д-р экон. наук, профессор  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

Современные автотранспортные компании функционируют в условиях высокой динамики внешней среды и возрастающей конкуренции. В таких условиях ключевым фактором успешности становится качество и оперативность управленческих решений. Для повышения их обоснованности в последние годы активно развиваются интеллектуальные системы поддержки принятия решений, основанные на концепции цифрового двойника [3, 4]. Технология цифрового двойника позволяет создавать виртуальные модели реальных объектов, процессов и систем. Для автотранспортной компании это открывает возможности моделирования и анализа производственных процессов, эксплуатации подвижного состава, логистики и управления персоналом в условиях, максимально приближенных к реальным [3]. Такие модели позволяют прогнозировать последствия управленческих решений, снижать риски и оптимизировать затраты. От того, насколько полно и корректно разработана модель цифрового двойника, зависит эффективность интеллектуальной системы поддержки решений. Гибкость, адаптивность и прозрачность модели напрямую влияют на качество управления транспортными потоками, техническим обслуживанием и ремонтом, экономическим планированием [4]. Таким образом, разработка моделей поддержки принятия управленческих решений для автотранспортных компаний на основе технологий цифрового двойника является актуальной научной задачей. Ее решение способствует повышению эффективности управления, снижению издержек и улучшению качества предоставляемых транспортных услуг.

Имитационное моделирование, являясь ключевым элементом архитектуры цифрового двойника, предполагает использование вероятностных параметров, стохастических процессов и случайных событий. Это обуславливает необходимость применения статистической методологии на всех этапах исследования — от предварительного анализа исходных данных и идентификации распределений до оценки достоверности результатов вычислительных экспериментов и проверки устойчивости формируемых выводов.

В научных исследованиях по моделированию автотранспортных систем широко представлены работы, посвящённые применению имитационного моделирования и аналитических методов оценки эффективности транспортных процессов. Вместе с тем вопросы статистического обеспечения исследований в

рамках цифровых двойников, включая методы анализа экспериментальных данных, статистическую валидацию имитационных моделей и оценку неопределённости результатов, остаются фрагментарно представленными и недостаточно систематизированными [1].

В большинстве публикаций статистические методы рассматриваются как вспомогательный инструмент, тогда как их методологическая роль в формировании достоверных научных выводов и принятии управленческих решений в цифровых двойниках требует более детального обоснования.

**Объект исследования** — процессы функционирования автотранспортного предприятия, представленные в виде цифрового двойника.

**Предмет исследования** — статистические методы анализа данных и верификации результатов имитационного моделирования в составе цифрового двойника автотранспортного предприятия.

Цель исследования заключается в обосновании роли статистической методологии при исследовании и использовании имитационных моделей в цифровых двойниках автотранспортных систем.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ особенностей применения статистических методов в исследованиях автотранспортных систем;
- определение роли статистического анализа на этапах построения и использования имитационной модели;
- систематизация статистических методов, применяемых для анализа входных данных и результатов моделирования;
- обоснование значимости статистической верификации и интерпретации результатов вычислительных экспериментов.

В ходе исследования использовались методы математической статистики, включая описательную статистику, методы анализа распределений случайных величин, корреляционный и регрессионный анализ, а также методы статистической проверки гипотез [2, 6]. Кроме того, применялись методы имитационного моделирования, сценарного анализа и вычислительных экспериментов [5].

Статистические методы использовались как для анализа исходных данных автотранспортного предприятия, так и для обработки и интерпретации результатов имитационного моделирования в составе цифрового двойника.

Таблица 1 – Статистические методы, применяемые в исследованиях цифровых двойников автотранспортных систем

Статистический метод	Назначение в научном исследовании	Применение в цифровом двойнике
Описательная статистика	Анализ структуры и вариативности исходных данных	Оценка параметров эксплуатации ТС, загрузки ресурсов, простоев
Анализ распределений	Идентификация	Формализация входных

случайных величин	вероятностных законов	параметров имитационной модели
Корреляционный анализ	Выявление взаимосвязей между показателями	Анализ влияния режимов эксплуатации на надёжность и простои
Регрессионный анализ	Построение эмпирических зависимостей	Аппроксимация зависимостей показателей эффективности
Статистическая проверка гипотез	Оценка значимости различий и эффектов	Сравнение сценариев моделирования
Анализ чувствительности	Оценка устойчивости модели к изменению параметров	Выявление критических факторов системы
Доверительные интервалы	Оценка неопределённости результатов	Интерпретация результатов вычислительных экспериментов
Методы планирования эксперимента	Рационализация вычислительных экспериментов	Снижение числа прогонов имитационной модели

Статистическая методология в исследованиях, основанных на цифровых двойниках, охватывает весь жизненный цикл научного исследования — от анализа исходных данных до интерпретации результатов вычислительных экспериментов [1]. Базовым этапом является применение методов описательной статистики, позволяющих получить обобщённые количественные характеристики параметров системы, таких как средние значения, дисперсии, коэффициенты вариации и экстремальные значения [6]. Данные методы обеспечивают первичное понимание структуры и состояния исследуемой системы и используются при формировании параметров цифровой модели.

Важное место занимает анализ распределений случайных величин, позволяющий установить вероятностную природу параметров эксплуатации, отказов и восстановлений. Использование статистических распределений обеспечивает корректный учёт стохастических факторов в имитационных моделях и повышает адекватность цифрового двойника реальному объекту.

Для выявления взаимосвязей между показателями функционирования системы применяются методы корреляционного анализа. Они позволяют определить степень и направление влияния отдельных факторов на результирующие показатели эффективности, а также выделить наиболее значимые параметры для последующего анализа и оптимизации [6].

Регрессионный анализ используется для построения формализованных зависимостей между входными и выходными параметрами системы. В контексте цифровых двойников данные методы применяются для аппроксимации результатов имитационного моделирования, формирования

прогнозных оценок и упрощённых аналитических представлений сложных процессов [2].

Методы проверки статистических гипотез обеспечивают научную обоснованность выводов, получаемых в результате моделирования и вычислительных экспериментов. Они позволяют количественно оценить значимость различий между сценариями, вариантами управленческих решений и конфигурациями системы, что особенно важно при принятии решений в условиях неопределённости [6].

Особую роль в исследованиях сложных систем играет анализ чувствительности, направленный на оценку влияния изменения параметров модели на результирующие показатели. Данный метод позволяет выявить критические параметры цифрового двойника, изменение которых приводит к существенным изменениям поведения системы, и тем самым повысить устойчивость и надёжность принимаемых решений [1].

Для рациональной организации вычислительных экспериментов используются методы планирования эксперимента, позволяющие сократить количество моделируемых сценариев при сохранении информативности результатов. Это особенно актуально для имитационных моделей с высокой вычислительной сложностью.

На завершающем этапе исследования применяются методы интервального и вероятностного анализа, обеспечивающие оценку неопределённости результатов, формирование доверительных интервалов и повышение достоверности научных выводов. Использование данных методов позволяет перейти от детерминированных оценок к вероятностному представлению результатов исследования [2, 6].

Статистическая методология будет играть ключевую роль на всех этапах научного исследования, основанного на использовании цифровых двойников. На этапе формирования модели статистические методы используются для анализа исходных данных, выявления закономерностей и определения вероятностных характеристик параметров системы. Это позволит обеспечить адекватность цифровой модели реальному объекту.

На этапе проведения вычислительных экспериментов будут обеспечивать корректное планирование эксперимента, анализ устойчивости результатов и оценку влияния отдельных факторов на показатели эффективности системы. Применение методов статистической проверки гипотез позволит обоснованно сравнивать различные сценарии и варианты решений.

На этапе интерпретации результатов статистическая методология будет обеспечивать количественную оценку неопределённости, формирование доверительных интервалов и повышение достоверности выводов исследования. В образовательной практике использование статистических методов в сочетании с цифровыми двойниками способствует формированию у обучающихся навыков научного анализа, критического мышления и работы с данными. Таким образом, статистическая методология является неотъемлемым элементом научных исследований, основанных на использовании цифровых

двойников и имитационного моделирования, обеспечивая их научную корректность и воспроизводимость.

Применение статистических методов в исследованиях, основанных на цифровых двойниках автотранспортных систем, позволит обеспечить достоверность результатов имитационного моделирования и повысить качество формируемых научных выводов. Статистическая методология может выступать связующим звеном между данными реальной системы и результатами вычислительных экспериментов, формируя основу для научно обоснованной поддержки управленческих решений.

#### Список литературы

1. Афанасьев, В. Н. Статистическая методология в научных исследованиях: учебное пособие / В. Н. Афанасьев, Н. С. Еремеева, Т. В. Лебедева. — Оренбург: ОГУ, 2017. — 245 с. — ISBN 978-5-7410-1703-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110604> (дата обращения: 08.01.2026)

2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов. — М.: Юрайт, 2021. — 479 с.

3. Головцова И. Г., Ким А. А. Цифровой двойник как инструмент повышения эффективности и качества бизнес-процессов // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2022. — № 11-1. — С. 45–50. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-dvoynik-kak-instrument-povysheniya-effektivnosti-i-kachestva-biznes-protsessov> (дата обращения: 08.01.2026).

4. Гордеев В. В., Абрамов В. И., Столяров А. Д. Цифровые двойники как инструменты повышения эффективности управления компанией // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. — 2024. — № 4 (52). — С. 112–120. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-kak-instrumenty-povysheniya-effektivnosti-upravleniya-kompaniey> (дата обращения: 08.01.2026).

5. Новиков Ф. А. Планирование эксперимента в исследованиях и разработках. — М.: ЛЕНАНД, 2019. — 384 с.

6. Орлов А. И. Прикладная статистика: основы теории и практики. — М.: Экзамен, 2020. — 89 с.