



Исследование показателей, влияющих на развитие предприятия по производству автобусов (на примере ПАО «НЕФАЗ»)

Наталья Александровна Богданова¹, Татьяна Валерьевна Кухарова^{2*},
Максим Юрьевич Напалкин³

^{1, 2} Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Россия

³ Северо-Кавказский федеральный университет, Пятигорский институт (филиал), г. Пятигорск, Россия

¹ natka111012@gmail.com

² Kukharova_TV@pers.spmi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5359-6763>

³ maksnapalkin@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку: Татьяна Валерьевна Кухарова, Kukharova_TV@pers.spmi.ru

Аннотация. Основная цель развития компании – это увеличение объема выпускаемых автобусов. В статье разработан прогноз объема выпуска автобусов на 2024-2025 годы на основе данных за последние 10 лет. Отмечена восходящая тенденция развития компании. Приводятся результаты системного анализа показателей автомобилестроительной компании ПАО «НЕФАЗ». Построен прогноз объема выпуска продукции на два отчетных периода с использованием тренд-моделей. Также с помощью метода экспертного оценивания и многомерного корреляционно-регрессионного анализа выявлены факторы, влияющие на основные показатели компании. Полученные результаты позволяют принимать обоснованные управленческие решения, снижать временные и денежные издержки, грамотно оценить риски, основываясь на прогнозы.

Ключевые слова: автобусное производство, корреляционно-регрессионный анализ, прогнозирование, экспертное оценивание, транспорт

Для цитирования: Богданова Н. А., Кухарова Т. В., Напалкин М. С. Исследование показателей, влияющих на развитие предприятия по производству автобусов (на примере ПАО «НЕФАЗ») // Современная наука и инновации. 2024. № 3. С. 29-42. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2024.4.3>

Research article

Research of indicators influencing the development of a bus manufacturing enterprise (using the example of PJSC NEFAZ)

Natalia A. Bogdanova¹, Tatyana V. Kukharova^{2*}, Maxim Yu. Napalkin³

^{1, 2} St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II, St. Petersburg, Russia

³ North-Caucasus Federal University, Pyatigorsk Institute (branch), Pyatigorsk, Russia

¹ natka111012@gmail.com

² Kukharova_TV@pers.spmi.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5359-6763>

³ maksnapalkin@mail.ru

* Corresponding author: Tatiana V. Kukharova, Kukharova_TV@pers.spmi.ru

© Богданова Н. А., Кухарова Т. В., Напалкин М. С., 2024

Abstract. The main goal of the company's development is to increase the volume of buses produced. The article has developed a forecast of the volume of bus production for 2024-2025 based on data from the last 10 years. The upward trend of the company's development is noted. The results of a systematic analysis of the indicators of the automotive company PJSC NEFAZ are presented. The forecast of output volume for two reporting periods using trend models is constructed. Also, using the method of expert assessment and multidimensional correlation and regression analysis, the factors influencing the main indicators of the company were identified. The results obtained make it possible to make informed management decisions, reduce time and money costs, and competently assess risks based on forecasts.

Keywords: bus production, correlation and regression analysis, forecasting, expert assessment, transport

For citation: Bogdanova NA, Kukharova TV, Napalkin MYu. Research of indicators influencing the development of a bus manufacturing enterprise (using the example of PJSC NEFAZ). Modern Science and Innovations. 2024;(4):29-42. <https://doi.org/10.37493/2307-910X.2024.4.3>

Введение. Автобусный транспорт выступает ключевым элементом городской инфраструктуры. Он имеет ряд преимуществ: экономичен и доступен для населения, снижает пробки на дорогах и уровень загрязнения окружающей от пользования личным автотранспортом. Основными поставщиками автобусов в регионы являются отечественные автозаводы. Их развитие напрямую влияет на ситуацию общественного транспорта в России. Также автомобилестроительные компании предоставляют рабочие места, часто являются градообразующими и напрямую влияют на экономическое развитие региона и страны в целом.

В связи с обозначенной значимостью развития отечественных заводов по производству автобусов необходимо повышать их производственные показатели, оптимизировать работу и улучшать качество выпускаемой продукции. Анализ работы компаний способствует определению направления её развития, способы рационального использования трудовых и материальных ресурсов. Системный анализ является ключевым подходом в стратегическом планировании, способствует выработке экономически обоснованных управленческих решений.

Постановка задачи. Транспортная система РФ имеет ряд проблем [1 2], среди которых несоответствие уровня транспортной инфраструктуры потребностям населения, технологическое отставание транспортного комплекса России в сравнении с иностранными конкурентами и высокая доля износа транспортного комплекса. Для решения поставленных проблем необходимо развивать отечественные заводы, оптимизировать их работу, внедрять новые технологии. ПАО «НЕФАЗ» занимает лидирующие позиции по поставке автобусов для городского общественного транспорта в России. Компания задействована в решении возникших транспортных проблем. Предприятие нацелено на производство лучших в России комфортабельных автобусов, путём соответствия международным тенденциям развития отрасли.

Для совершенствования работы предприятия важно применять взвешенные управленческие решения, грамотно распределять ресурсы, выделять нужные элементы системы и связи между ними. Для определения путей развития компании управляющие лица часто применяют методы системного анализа. Основной принцип системного анализа – представление сложных объектов в виде систем. Системный анализ включает в себя анализ структуры и функций системы, выявление связей между элементами, выработку решений по функционированию системы.

Предприятие ПАО «НЕФАЗ» является системой по производству автобусов, элементами которой выступают сотрудники завода, технология и средства производства, потребляемые ресурсы. Система обладает целостностью, при отсутствии одного из элементов сложно реализовать производственный цикл и получить готовый продукт, который и является целью функционирования системы. Для эффективного управления компанией необходимо понимать, как связаны элементы между собой, и какие факторы влияют на основные показатели системы. Для этого разработаны методы системного анализа. В статье применены методы статистического анализа – множественный корреляционно-регрессионный анализ, метод аналитического прогнозирования, метод экспертных оценок.

План реализации приведённых методов описан в статье [3]. Схема исследования приведена на рисунке 1. В настоящей статье рассмотрены этапы статистического анализа показателей компании.



Рисунок 1 – Основные этапы исследования работы ПАО «НЕФАЗ» / Figure 1 – The main stages of the research of the work of NEFAZ PTC

Прогнозирование – это процесс предугадывания состояния системы в будущем, основанный на анализе текущих показателей [4]. Прогнозирование на производстве необходимо для принятия управленческих решений, оптимизации реализации ресурсов и управления рисками. Прогнозные модели применяются в различных отраслях экономики и промышленности, системах здравоохранения, образовании. Использование тренд-моделей является главным методом технического анализа инвесторов [5].

Экспертные методы прогнозирования применяются к системам, для которых трудно разработать адекватную математическую модель [6]. В данной статье этот метод применен как вспомогательный перед многомерным корреляционно-регрессионным анализом. Задача метода выявить и количественно оценить связь между основным показателем и факторами, влияющими на него. В работе [7] отмечено об эффективности использования многофакторного математического моделирования процессов, работа которых характеризуется множеством сложных признаков.

Данная статья посвящена выявлению тенденции развития предприятия по производству автобусов и определению зависимостей между основными показателями работы компании и факторами, на них влияющими. Необходимость проведения исследования обусловлена значимостью принимаемых управленческих решений на основе данных показателей.

Материалы и методы исследований. Построение прогнозных моделей. Метод прогнозирования тенденций (использование тренд-моделей) заключается в определении формы зависимости показателя системы от времени в прошлом и настоящем для предсказания величины показателя в будущем. Основным показателем любого производства является объем выпускаемой продукции. Ключевая цель работы предприятия – это повышение качества и количества производимых товаров. Для успешного функционирования, в том числе увеличения выручки и прибыли, необходимо иметь плановое значение выпуска, на которое будут ориентированы закупки и инвестиционная политика предприятия. Прогнозирование на производстве необходимо для принятия управленческих решений, оптимизации реализации ресурсов и управления рисками.

Метод прогнозирования тенденций (использование тренд-моделей) заключается в определении формы зависимости показателя системы от времени в прошлом и настоящем для предсказания величины показателя в будущем. Процесс прогнозирования обычно включает в себя этапы:

- сбор данных: составление временного ряда значений показателя;
- выявление наличия трендовой составляющей;

- определение периода упреждения прогноза – временном промежутке, на который строится прогноз;
- выбор модели и разработка прогноза;
- проверка точности и адекватности прогноза

В качестве исследуемого показателя выбран объём производства автобусов на предприятии ПАО «НЕФАЗ». Целью прогнозирования является составление точечных и интервальных прогнозов объема выпуска автобусов на 2024-2025 годы.

Период упреждения прогноза – это временной интервал, на который требуется построить прогноз. Для исследуемого объекта взят период упреждения два года. Чтобы линия тренда на графике значительно не расходилась, необходимо правильно выбрать участок ретроспекции (количество значений параметра, на которых строится прогноз). Для этого проведена проверка условия достаточности данных для прогнозирования.

Средняя квадратическая ошибка уравнения k находится по формуле:

$$k = \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{3 \cdot (n+2 \cdot z - 1)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}}, \quad (1)$$

где z – количество единиц времени, на которое строится тренд; n – количество измерений, достаточных для упреждения прогноза.

Необходимо составить прогноз на $z = 2$ года (на 2024-2025). Средняя квадратическая ошибка k не должна превышать 1. Подставляя эти данные в формулу (1), получено:

$$\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{3 \cdot (n+2 \cdot 2 - 1)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}} \leq 1 \quad (2)$$

Решив неравенство (2), выявлено необходимое количество измерений $n = 9$ ($k = 0,93$). Следовательно, $n = 10$ выбранных лет хватит для прогнозирования объема производства автобусов на 2024-2025 годы.

Временной ряд ретроспективных данных составлен из показателей за 2014-2023 годы [8] и приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Исходный временной ряд для составления прогноза / Table 1 – Initial time series for forecasting

№ периода	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
год (x)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
объем (y)	586	612	823	720	785	970	1602	1787	1425	1449

Прогнозирование выполнено с использованием тренд-моделей среды MS Excel. Прежде чем приступить к прогнозированию, выполнена проверка динамического ряда на наличие трендовой составляющей. Она произведена методом разности средних уровней. Для этого исходный ряд разбивается на две частные выборки $n_1 = n_2 = 5$. Для метода разности средних уровней вызвана процедура «Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями» при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Результаты процедуры представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты процедуры «Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями» / Table 2 – Results of the procedure "Two-sample t-test with equal variances"

	Выборка 1	Выборка 2
Среднее	705,2	1446,6
Дисперсия	10839,7	91910,3
Наблюдения	5	5
Объединенная дисперсия	51375	
t-статистика	-5,17	
P(T<=t) одностороннее	0,0004	
t критическое одностороннее	1,86	
P(T<=t) двухстороннее	0,0009	
t критическое двухстороннее	2,31	

Полученный результат сравнен с критическим значением: критическое значение критерия Стьюдента равно 2,31, а расчетное значение равно 3,32. Так как $t_{\text{кр.}} > t_{\text{кр.}}$, то временной ряд содержит трендовую составляющую.

Разница между тренд-моделями заключается в виде представляемого уравнения зависимости. В статье применены линейный, параболический, степенной и логарифмические тренды. Для определения функций тренда использована функция Линия тренда в MS Excel. Найдены графики зависимости объема производства автобусов от времени, на них наложены линейный (рисунок 2), степенной (рисунок 3), логарифмический (рисунок 4), экспоненциальный (рисунок 5) тренд с прогнозом на 2 периода. Также на каждом графике выведен коэффициент детерминации R^2 .

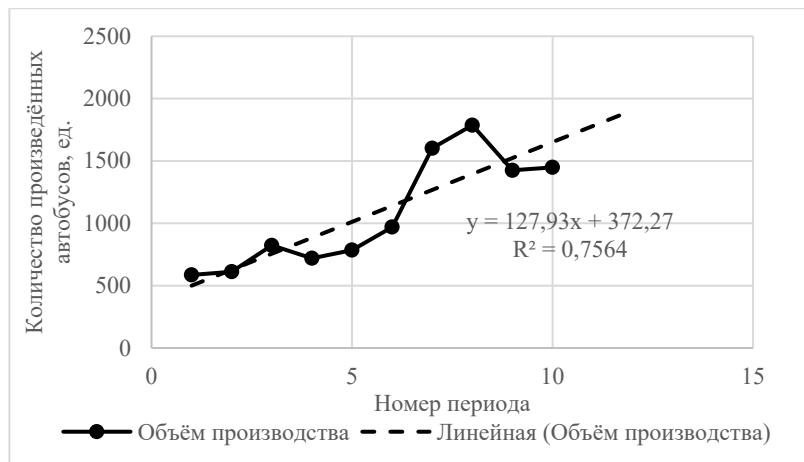


Рисунок 2 – Зависимость количества произведенных автобусов от номера периода (линейный тренд) / Figure 2 – Dependence of the number of produced buses on the period number (linear trend)

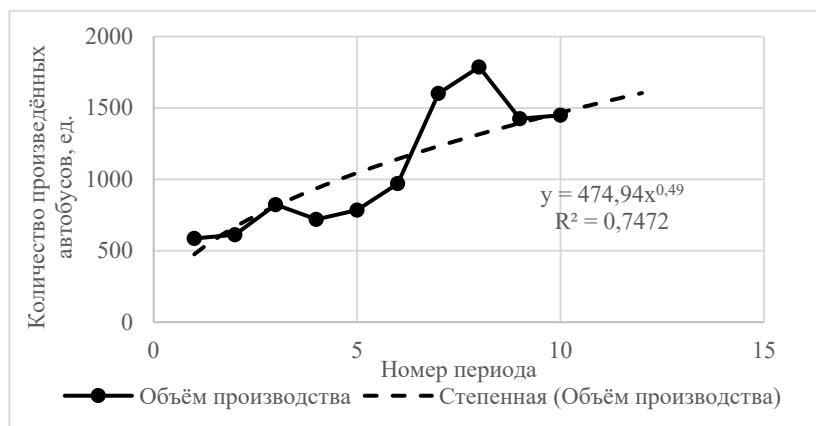


Рисунок 3 – Зависимость количества произведенных автобусов от номера периода (степенной тренд) / Fig. 3 – Dependence of the number of produced buses on the period number (power trend)

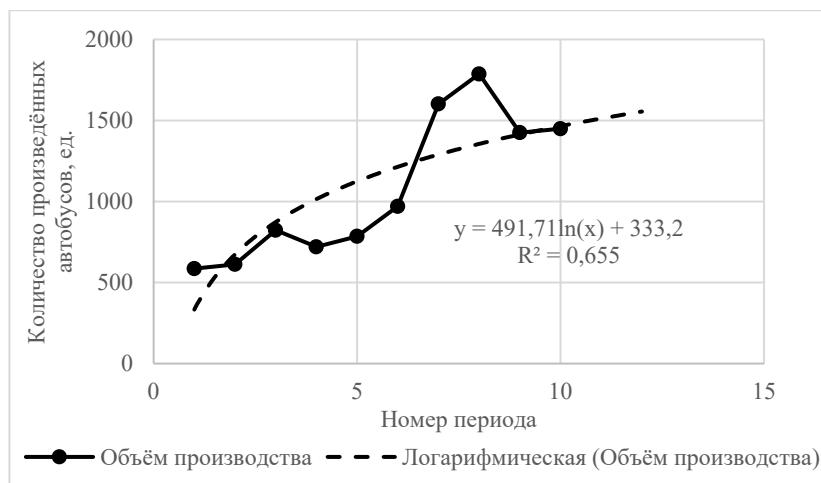


Рисунок 4 – Зависимость количества произведенных автобусов от номера периода (логарифмический тренд) / Figure 4 – Dependence of the number of produced buses on the period number (logarithmic trend)

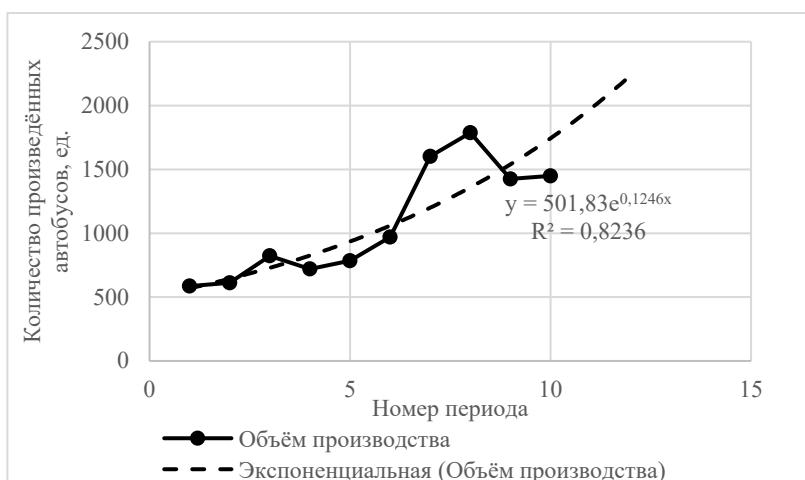


Рисунок 5 – Зависимость количества произведенных автобусов от номера периода (экспоненциальный тренд) / Figure 5 – Dependence of the number of produced buses on the period number (exponential trend)

Отмечена восходящая тенденция развития компании: объем выпускаемых автобусов постепенно растет. В 2022 году объем произведенной продукции снизился из-за внешнеэкономической и политической обстановки страны: санкционные ограничения, рост расходов на приобретение новых основных средств, затраты на сырье и логистику повлияли на производство. Однако, в 2023 году ПАО «НЕФАЗ» начало возвращаться к производству согласно плановым показателям: найдены новые поставщики, получены альтернативные технологии.

Для выявления лучшей тренд-модели используется коэффициент детерминации, показывающий долю объясняющей вариации зависимого показателя. Чем выше коэффициент детерминации, тем точнее трендовая модель Уравнения трендовых линий и полученные коэффициенты детерминации занесены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты моделирования / Table 3 – Modeling results

Тип линии тренда	Уравнение тренда	Коэффициент детерминации R ²
Линейная	y = 127,93t + 372,27	0,7564
Степенная	y = 474,94t ^{0,49}	0,728
Логарифмическая	y = 491,71ln(t) + 333,2	0,655
Экспоненциальная	y = 501,83e ^{0,1246t}	0,7244

Сравнив величины полученных коэффициентов детерминации выявлено, что линейная кривая является лучшей моделью, так как у этой кривой наибольший коэффициент детерминации R² = 0,7564.

После получение регрессионного уравнения проведена оценка значимости его коэффициентов с помощью F-критерия Фишера: выдвигается гипотеза H_0 о статистической незначимости уравнения регрессии и показателя тесноты связи.

F-критерий Фишера находится по формуле:

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot (n - m - 1), \quad (3)$$

где n – количество членов в динамическом ряду, m – количество коэффициентов при параметре уравнения регрессии.

Найдено значение F-критерия Фишера для полученного ряда по формуле (3):

$$F_{\text{факт}} = \frac{0,4031}{1-0,4031} \cdot (10 - 1 - 1) = 5,4.$$

Табличное значение F-критерия при уровне значимости $\alpha = 0,05$: $F_{\text{табл}} = 4,96$. Так как $F_{\text{факт}} > F_{\text{табл}}$, то гипотеза H_0 отклоняется, уравнение считается статистически значимым.

По способу представления прогнозируемого показателя разделяют:

- точечный прогноз – это предсказание будущего, которое выдаёт однозначное значение прогнозируемого показателя;
- интервальный прогноз — это предсказание будущего, которое предполагает некоторый диапазон значений прогнозируемого показателя.

Вычисление точечного прогноза производится по уравнению линейной тренд-модели:

$$y_p = 127,93t + 372,27. \quad (4)$$

По формуле (4) получены точечные прогнозы на 2024 и 2025 годы (11 и 12 периоды):

$$y_{2024} = 127,93 \cdot 11 + 372,27 = 1779 \text{ единиц},$$

$$y_{2025} = 127,93 \cdot 12 + 372,27 = 1907 \text{ единиц}.$$

Для нахождения доверительного интервала интервального прогноза использована стандартная ошибка прогноза s_{y_p} , которая находится по формуле:

$$s_{y_p} = s_{\text{ост}} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}, \text{ где } s_{\text{ост}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-m-1}} \quad (5)$$

В формулу (2) подставлены вычисленные переменные, получено:

$$s_{y_p} = \sqrt{\frac{434913}{10-1-1}} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{10} + \frac{(11-5,5)^2}{82,5}} = 282,4.$$

Для нахождения доверительных интервалов прогноза записывается соотношение:

$$y_p - t_{\text{табл.}} \cdot s_{y_p} \leq y_p \leq y_p + t_{\text{табл.}} \cdot s_{y_p}, \quad (6)$$

где $t_{\text{табл.}}$ – табличное значение t-критерия Стьюдента на уровне значимости α при числе степеней свободы $n-2$ ($t_{\text{табл.}} = 2,306$).

Тогда, согласно соотношению (6), интервальные прогнозы на 2024-2025 годы:

$$1128 \leq y_{2024} \leq 2430,$$

$$1256 \leq y_{2025} \leq 2558.$$

Таким образом, объём производства автобусов на заводе ПАО «НЕФАЗ» составит 1779 единиц в 2024 году и 1907 единиц в 2025 году согласно точечному прогнозу. Однако, возможны и значения в промежутках и [1256; 2558] согласно интервальному прогнозу. Нижняя граница интервального прогноза соответствует ухудшению экономического состояния предприятия или неконтролируемому вмешательству внешних негативных факторов. Верхняя граница интервального прогноза выполняется при благоприятных условиях рынка и успешной реализации инвестиционных программ.

Определение факторов, влияющих на объем производства. Для улучшения построенного прогноза необходимо выявить факторы, непосредственно или косвенно влияющие на исследуемый показатель. Метод априорного ранжирования (экспертных оценок) позволит выделить наиболее значимые факторы среди остальных на основе мнения специалистов (экспертов) в исследуемой области. В качестве экспертов выступили сотрудники различных подразделений предприятия. В данной статье метод использован как вспомогательный для исключения несущественных факторов перед множественным корреляционно-регрессионным анализом.

Объектом исследования является количество выпускаемых автобусов на заводе ПАО «НЕФАЗ». На объем производства продукции влияют внешние и внутренние факторы. К внешним

факторам относятся политические, природные и общеэкономические. К внутренним факторам относятся производственные факторы (технико-технологическое оснащение производства, организационные, экономические и социальные факторы).

Основные факторы, влияющие на объем производства автобусов:

X_1 – субсидирование отрасли государством, которое определяется расходами федерального бюджета на транспорт, млн. руб.;

X_2 – финансирование государством общественного транспорта в регионах, которое определяется расходами бюджетов регионов на транспорт, млн. руб.;

X_3 – доля импортных агрегатов и деталей для производства, %;

X_4 – доля импортных автобусов из Китая и Белоруссии, %;

X_5 – средняя заработанная плата сотрудников завода, руб.

X_6 – доля изношенного автотранспорта в регионах (срок службы более 15 лет), %;

X_7 – количество единиц продукции в номенклатуре, ед;

X_8 – доля семей без личного автомобиля, %.

Основные потребители автобусов большого класса - муниципальные предприятия автотранспорта общего пользования. Количество выпускаемых автобусов в основном зависит от заказов региональных властей. Поэтому учтены факторы, влияющие на финансирование отрасли государством (X_1 , X_2). Кроме того, важную роль имеют производственные факторы (X_3 , X_5 , X_7). Также учтены факторы, влияющие косвенно на спрос услугами общественного транспорта (X_6 , X_8).

Результаты исследований и их обсуждение. Пяти специалистам было предложено проранжировать 8 факторов, влияющих на объем выпускемых автобусов на заводе «НЕФАЗ». Чем ниже ранг, присуждаемый экспертом, тем большее влияние фактор оказывает на результирующий показатель. Полученная матрица рангов представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица рангов/ Table 4 – Rank matrix

Исследователи	Ранги по факторам							
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
1	1	3	2	4	5	7	6	8
2	1,5	1,5	5	4	3	7	8	6
3	1	2	3	7,5	5	4	6	7,5
4	2	1	4	7	6	3	5	8
5	1,5	3	1,5	5	6	4	7	8
Сумма рангов	7	10,5	15,5	27,5	25	25	32	37,5
Отклонение суммы рангов от средней суммы рангов	-15,5	-12	-7	5	2,5	2,5	9,5	15
Квадраты отклонений	240,25	144	49	25	6,25	6,25	90,25	225

В таблице 5 также рассчитаны суммы рангов для каждого фактора и определено отклонение Δ суммы рангов от средней суммы рангов для каждого из факторов. Значимость фактора определяется суммой рангов. Согласно проведённому анализу, на объём производства автобусов в значительной мере влияют фактор X_1 (субсидирование отрасли государством), X_2 (финансирование государством общественного транспорта в регионах) и X_3 (доля импортных агрегатов и деталей для производства).

Для проверки качества полученных результатов оценена согласованность мнений опрошенных специалистов с помощью коэффициента конкордации. Коэффициент выражает отношение оценки дисперсии полученных рангов к максимальному значению этой оценки. Таким образом выявляется насколько эксперты одинаково оценивают ситуацию. Чем ближе значение коэффициента конкордации к единице, тем объективнее результаты.

Коэффициент конкордации W рассчитывается по формуле

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(k^3-k)-m \sum_j T_j}, \quad (7)$$

где $T_j = \frac{1}{12} \sum_u (t_u^3 - t_u)$, где u – число групп, образованных фактором одинакового ранга в j – м ранжировании; t_u – число одинаковых рангов в u – й группе j – го ранжирования.

В первом и четвертом ранжировании нет повторяющихся рангов, поэтому $T_1 = T_4 = 0$. Второй, третий и пятый эксперты присвоили по одному связанному рангу, встречающемуся дважды. Следовательно, $T_2 = T_3 = T_5 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5$.

Вычислив T_j , найден коэффициент конкордации $W = 0,75$. Значимость коэффициента конкордации W рассчитана по формуле

$$\chi_p^2 = m(k-1)W = 5 \cdot (8-1) \cdot 0,75 = 26,25.$$

При 5%-ном уровне значимости и числе степеней свободы $f = k-1 = 8-1 = 7$ табличное значение χ^2 - критерия равно 14,1. Так как $\chi_p^2 = 26,25 > \chi_t^2 = 14,1$, то мнения опрошенных специалистов являются согласованными. Для выявления значимых факторов построена диаграмма рангов (рисунок 6).

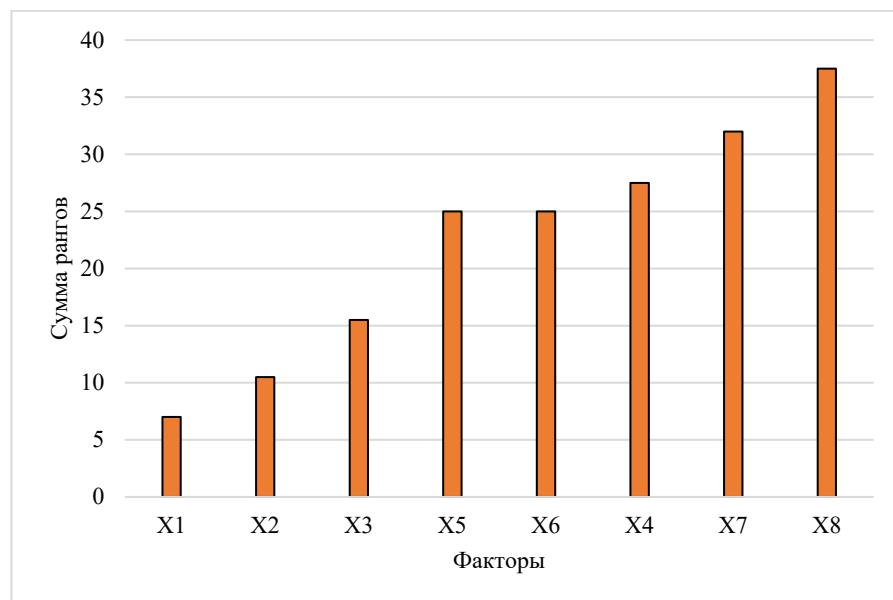


Рисунок 6 – Диаграмма сумм рангов / Figure 6 – Rank sum diagram

Фактор X_8 (доля семей без личного автомобиля) с наибольшим рангом исключается из дальнейшего исследования, так как имеет наименьшее влияние на объем производства автобусов.

Корреляционный анализ. После определения значимых факторов необходимо определить, как выявленные факторы связаны между собой, рассчитать количественную меру влияния их друг на друга и результирующий показатель. Корреляционная связь между явлениями возникает стохастически и показывает, как изменение одного признака влияет на изменение другого.

Корреляционная связь может возникать [9]:

- при зависимости одного признака от другого;
- при наличии явления, влияющего на оба признака;
- когда оба признака являются причиной или следствием друг друга.

Проведение корреляционного анализа начинается с определения выборки параметров и составления корреляционной таблицы. Статическая выборка данных составлена из показателей за 2010 – 2022 годы. Годовые показатели взяты из данных Росстата, исследований ВЦИОМ, годовых отчетов ПАО «НЕФАЗ».

Следующим шагом корреляционного анализа является нахождение коэффициентов корреляции для каждой пары признаков. Коэффициент корреляции – мера тесноты двух коррелирующих величин. Коэффициент корреляции варьируется в пределах $[-1; +1]$. При $r_{xy} = \pm 1$ зависимость является прямолинейной функциональной. Если связь между признаками отсутствует, то значение коэффициента будет близким к нулю. Знак коэффициента корреляции определяет вид связи: знак положительный при прямой связи между признаками, а при обратной – отрицательный. Для проведения корреляционного анализа выбрана надстройка Корреляция в пакете Анализ Данных программы MS Excel. Столбец Y показывает степень корреляции между факторами и

результатирующим параметром, а столбцы X₁-X₇ степень корреляции факторов между собой. Пары считаются коррелирующими, если |r| > 0,75.

Из матрицы выявлено, что факторы X₁ и X₂, X₁ и X₆, X₂ и X₅, X₂ и X₆, X₃ и X₆ мультиколлинеарны, так как коэффициенты корреляции превышают по модулю 0,75. Значит они дублируют друг друга.

Факторы X₁, X₂ и X₃ исключены из модели (как менее значимые относительно X₆), чтобы избежать сильной взаимной корреляции. Для дальнейшего анализа в прогнозной модели остаётся 4 фактора: X₄, X₅, X₆ и X₇.

Наибольшее влияние на результатирующий показатель оказывает фактор X₆ (-0,89), а наименьшее – фактор X₇ (-0,35).

Корреляционный анализ показал сильную связь между субсидированием автомобилестроительной области государством и финансированием регионов общественного транспорта, а также зависимость доли изношенного транспорта от этих двух факторов.

Регрессионный анализ. После определения наличия связи между признаками необходимо переходить к регрессионному анализу. Регрессионный анализ является одним из главных методов системного анализа. Он предназначен для нахождения формы связи между случайными величинами. Суть регрессионного анализа состоит в построении математических моделей объектов или явлений на основе данных, полученных в результате наблюдений или экспериментов [10]. В модель включаются лишь те факторы, которые тесно связаны с результатирующим признаком. Цель регрессионного анализа состоит в численном выражении вклада независимых признаков в вариацию зависимой для дальнейшего прогнозирования зависимого показателя.

Регрессионный анализ начинается с определения зависимого показателя Y от независимых факторов x₁, x₂, ..., x_m, обуславливающих поведение этого показателя. Для регрессионного анализа Y – объем производимых автобусов, X₄ – доля импортных автобусов из Китая и Белоруссии, X₅ – средняя заработанная плата сотрудников, X₆ – доля изношенных автобусов в регионах, X₇ – количество единиц продукции в номенклатуре.

Для проведения регрессионного анализа была выбрана надстройка Регрессия в пакете Анализ Данных программы MS Excel. Согласно полученным результатам, уравнение множественной регрессии будет иметь вид

$$Y = 0,48 - 0,396x_4 + 0,21x_5 - 5,43x_6 + 0,39x_7$$

Коэффициенты регрессии показывают изменение результативного признака при изменении на 1 единицу зависимого фактора.

Полученные результаты показывают, что повышение доли импортных автобусов на рынке способствуют снижению объема выпущенных автобусов ПАО «НЕФАЗ» на 0,396 единиц. На объем продукции значительнее влияет доля изношенных автобусов в регионах: если она растет, то показатель снижается в среднем на 5,43 единиц. Положительное влияние на объем выпущенных автобусов имеют рост заработной платы сотрудников или добавление числа единиц в номенклатуре.

На завершающей этапе корреляционно-регрессионного анализа проводят оценку качества модели и интерпретируют полученные данные. Необходимо выяснить, насколько надежна модель, следует ли её применять, или же она является случайностью.

Качество модели определено с помощью коэффициента детерминации R². В данной модели R² = 0,898. 89,8% количества выпущенных автобусов (Y) объясняется долей импортных автобусов X₄, заработанной платой сотрудников X₅, долей изношенных автобусов в регионах X₆ и количеством единиц продукции в номенклатуре X₇.

Оценка статической надежности модели выполнена с помощью F-критерия Фишера. На рисунке 7 F_{факт} = 17,69. По таблице значений F-критерия Фишера при уровне значимости α = 0,05 и степенях свободы k₁ = m = 4, k₂ = 13 – 4 – 1 = 8 получено F_{табл} = 3,84. Так как F_{табл} < F_{факт}, то уравнение является статистически значимым.

Статическая значимость модели определена с помощью t-критерия Стьюдента. Табличное значение при 13 измерениях и 0,05 уровне значимости равно 2,16. Для некоторых факторов значение t-критерия не удовлетворяет условию, значит не все коэффициенты статистически значимы.

Оценка качества уравнения выполнена исходя из расчёта средней ошибки аппроксимации, вычисляемый по формуле

$$A = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - y_x}{y} \right| \cdot 100\%, \quad (8)$$

где u – исходные данные по годам, u_x – прогнозное значение u по полученному уравнению, n – количество измерений. Исходя из полученных результатов, средняя ошибка аппроксимации $A = 12,2\%$. Следовательно, что качество данной модели удовлетворительно.

Выявлено, что деятельность предприятия значительно зависит от количества транспорта с высоким износом. Задача компании заменить такой транспорт, улучшать инфраструктуру городов.

Заключение. Основная цель развития компании – это увеличение объёма выпускаемых автобусов. В статье разработан прогноз объёма выпуска автобусов на 2024-2025 годы на основе данных за последние 10 лет, он составил соответственно 1779 и 1907 автобусов. Отмечена восходящая тенденция развития компании.

Для определения факторов, влияющих на этот показатель, выбраны методы системного анализа, позволяющие не только определить связь, но и количественно ее описать. Методы системного анализа позволяют выявить недостатки в производственном процессе предприятия, выработать рекомендации по оптимизации его работы, снижению рисков и повышению качества продукции. Из полученных результатов видно, что отрасль отечественного автомобилестроения в первую очередь зависит от ситуации в регионах России: степени износа автотранспорта и финансирования. Развитие крупнейших заводов по производству автобусов определяет состояние отрасли, и, как следствие, качество общественного транспорта. ПАО «НЕФАЗ» развивается, объём выпущенных автобусов растёт с каждым годом. При увеличении объёма и площадей производства, внедрении роботизированных технологий будут модернизироваться и другие предприятия в отрасли автомобилестроения.

Таким образом, проведённый анализ поможет оптимизировать работу компании. Он даёт более точную оценку показателей для дальнейшего стратегического и практического планирования, снижает время простоя оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверина Л. М., Матушкина Н. А., Лаврикова Ю. Г. Переход транспортного комплекса региона на инновационный путь развития // Экономика региона. 2010. № 4. С. 102–110. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perehod-transportnogo-kompleksa-regiona-na-innovatsionnyy-put-razvitiya> (дата обращения: 13.05.2024).
2. Ilyushin YuV, Asadulagi MAM. Development of a Distributed Control System for the Hydrodynamic Processes of Aquifers, Taking into Account Stochastic Disturbing Factors. Water. 2023. Vol. 15. No. 4. P. 770. EDN LVDYZZ. <https://doi.org/10.3390/w15040770>
3. Ушакова М.А., Свиридов Д.А. Проблемы эксплуатации устаревших транспортных средств на городском пассажирском транспорте // Символ науки. 2017. № 3. С. 123–125. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-ekspluatatsii-ustarevshih-transportnyh-sredstv-na-gorodskom-passazhirskom-transporte> (дата обращения: 13.02.2024).
4. Afanaseva O, Ilyushin Yu. Analysis and processing of the hydrolithospheric plasto information remote sensing through the theory of systems with distributed // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018: Conference proceedings, Albena, Bulgaria, 02–08 июля 2018 года. Vol. 18. Albena, Bulgaria: Общество с ограниченной ответственностью СТЕФ92 Технолоджи, 2018. P. 35–40. EDN VEJNBH. <https://doi.org/10.5593/sgem2018/2.2/S08.005>
5. Богданова Н. А. Обоснование направлений развития предприятия по выпуску автотранспорта с использованием прогнозных моделей (на примере ПАО «НЕФАЗ») // Анализ и прогнозирование систем управления в промышленности, на транспорте и в логистике: Труды XXIV Международной научно-практической конференции молодых ученых, студентов и аспирантов, Санкт-Петербург, 23-25 апреля 2024 г. / под ред. проф. И. Б. Арефьева. СПб: Медиапапир, 2024. 434 с.
6. Четыркин Е. М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977.
7. Prata M., Masi G., Berti L. et al. Lob-based deep learning models for stock price trend prediction: a benchmark study. Artif Intell Rev 57, 116 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10715-4>

8. Барсуков Д. П., Афанасьева О. В. Использование методов прогнозирования для решения задач информационно-статистического анализа деятельности предприятия в условиях риска // Петербургский экономический журнал. 2013. № 1. С. 73–77. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metodov-prognozirovaniya-dlya-resheniya-zadach-informatsionno-statisticheskogo-analiza-deyatelnosti-predp> (дата обращения: 13.05.2024).
9. Галкин В. И., Мартюшев Д. А., Пономарева И. Н., Черных И. А. Особенности формирования призабойных зон продуктивных пластов на месторождениях с высокой газонасыщенностью пластовой нефти // Записки Горного института. 2021. Т. 249. С. 386–392. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-prizaboynyh-zon-produktivnyh-plastov-na-mestorozhdeniyah-s-vysokoy-gazonaschennostyu-plastovoy-nefti> (дата обращения: 22.05.2024).
10. Eremeeva A. M., Ilyushin Yu. V. Automation of the control system for drying grain crops of the technological process for obtaining biodiesel fuels // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. No. 1. P. 14956. EDN ISDDNR. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41962-0>
11. Попова В. Б., Фецович И. В. Статистический анализ и прогнозирование с использованием пакетов прикладных программ: учебное пособие. Воронеж: Мичуринский ГАУ, 2021. 147 с. ISBN 978-5-94664-432-7. Лань: электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]. URL: <https://e.lanbook.com/book/253565> (дата обращения: 22.05.2024). Режим доступа: для авториз. пользователей.
12. Martirosyan A. V., Ilyushin Yu. V. The Development of the toxic and flammable gases concentration monitoring system for coalmines // Energies. 2022. Vol. 15. No. 23. P. 8917. EDN PEINNI. <https://doi.org/10.3390/en15238917>
13. Вуколов Э. А. Регрессионный анализ. Методические указания по курсу «Статистика». М.: МИЭТ, 2000. 52 с.: ил.
14. Fetisov V., Ilyushin Yu. V., Vasiliev G. G. et al. Development of the automated temperature control system of the main gas pipeline // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. No. 1. P. 3092. EDN QUNAMR. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29570-4>
15. Martirosyan A. V., Ilyushin Yu. V. Modeling of the natural objects' temperature field distribution using a supercomputer // Informatics. 2022. Vol. 9. No. 3. P. 62. EDN YTWMJM. <https://doi.org/10.3390/informatics9030062>
16. Ilyushin Yu. V., Pervukhin D. A., Afanasieva O. V. et al. The methods of the synthesis of the nonlinear regulators for the distributed one-dimension control objects // Modern Applied Science. 2015. Vol. 9. No. 2. P. 42-61. EDN UEJXZD. <https://doi.org/10.5539/mas.v9n2p42>
17. ПАО «НЕФАЗ»: Годовой отчет ПАО НЕФАЗ 2021: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://nefaz.ru/upload/iblock/5d3/5d31bb2ebda234c2477df5bec879c751.zip> (дата обращения: 10.05.2024).
18. Ilyushin Y., Afanaseva O. Spatial Distributed control system of temperature field: synthesis and modeling // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2021. Vol. 16. No. 14. P. 1491-1506. EDN NCXPIK.
19. Yury I, Martirosyan A. The development of the soderberg electrolyzer electromagnetic field's state monitoring system // Scientific Reports. 2024. Vol. 14. No. 1. P. 3501. EDN JQVCWF. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52002-w>
20. Чернышев А. Б., Антонов В. Ф., Ильюшин Ю. В., Чернышев А. Б., Антонов В. Ф., Ильюшин Ю. В. Моделирование релейно-импульсных распределенных систем: монография. Пятигорск: Пятигорский гос. гуманитарно-технологический ун-т, 2012. 247 с. ISBN 978-5-902050-67-4. EDN QMXAPN.
21. Мистров Л. Е., Первухин Д. А., Ильюшин Ю. В. Метод структуризации конфликтного взаимодействия организационно-технических систем // Записки Горного института. 2014. Т. 208. С. 263-266. EDN SJUDGN.

REFERENCES

1. Averina LM, Matushkina NA, Lavrikova YuG. Transition of the region's transport complex to an innovative path of development. Ehkonomika regiona = Economy of region. 2010;(4):102-110. [Electronic resource]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/perehod-transportnogo-kompleksa-regiona-na-innovatsionnyy-put-razvitiya> [Accessed 13 May 2024].
2. Ilyushin YuV, Asadulagi MAM. Development of a distributed control system for the hydrodynamic processes of aquifers, taking into account stochastic disturbing factors. Water. 2023;15(4):770. EDN LVDYZZ. <https://doi.org/10.3390/w15040770>
3. Ushakova MA, Sviridov DA. Problems of operation of obsolete vehicles in urban passenger transport. Simvol nauki = Symbol of Science. 2017;(3):123-125. [Electronic resource]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-ekspluatatsii-ustarevshih-transportnyh-sredstv-na-gorodskom-passazhirskom-transporte> [Accessed 13 February 2024].
4. Afanaseva O, Ilyushin Yu. Analysis and processing of the hydrolithospheric plas information remote sensing through the theory of systems with distributed. In 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018: Conference proceedings, Albena, Bulgaria, 02-08 iyulya 2018 goda. Vol. 18. Albena, Bulgaria: Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennostyu STEF92 Tekhnolodzhi; 2018;35-40. EDN VEJNBH. <https://doi.org/10.5593/sgem2018/2.2/S08.005>
5. Bogdanova NA. Justification of development directions of the enterprise for the production of motor vehicles using forecast models (on the example of PJSC NEFAZ). In Analysis and forecasting of control systems in industry, transport and logistics: Proceedings of the XXIV International scientific and practical conference of young scientists, students and postgraduates, St. Petersburg, April 23-25; 2024. Edited by prof. IB Arefyev. SPb: Mediapapi; 2024. 434 p.
6. Chetyrkin EM. Statistical methods of forecasting. Moscow: Statistics; 1977.
7. Prata M, Masi G, Berti L et al. Lob-based deep learning models for stock price trend prediction: a benchmark study. Artif Intell Rev 57, 116 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10715-4>
8. Barsukov DP, Afanas'eva OV. Use of methods of the system analysis and forecasting at the solution of tasks information and statistical analysis in the conditions of risk. Peterburgskii ehkonomicheskii zhurnal = Petersburg Economic Journal. 2013;(1):73-77. [Electronic resource]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metodov-prognozirovaniya-dlya-resheniya-zadach-informatsionno-statisticheskogo-analiza-deyatelnosti-predp> [Accessed 13 May 2024].
9. Galkin VI, Martyushev DA, Ponomareva IN, Chernykh IA. Features of the formation of bottom-hole zones of productive formations in fields with high gas saturation of reservoir oil. Journal of Mining Institute. 2021;249:386-392. [Electronic resource]. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-prizaboynyh-zon-produktivnyh-plastov-na-mestorozhdeniyah-s-vysokoy-gazonaschennostyu-plastovoy-nefti> [Accessed 22 May 2024].
10. Eremeeva AM, Ilyushin YuV. Automation of the control system for drying grain crops of the technological process for obtaining biodiesel fuels. Scientific Reports. 2023;13(1):14956. EDN ISDDNR. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41962-0>
11. Popova VB. Statistical analysis and forecasting using application packages: a tutorial. Voronezh: Michurinsk State Agrarian University; 2021. 147 p. ISBN 978-5-94664-432-7. Lan: electronic library system. [Electronic resource]. Available from: <https://e.lanbook.com/book/253565> [Accessed 22 May 2024].
12. Martirosyan AV, Ilyushin YuV. The Development of the toxic and flammable gases concentration monitoring system for coalmines. Energies. 2022;15(23):8917. EDN PEINNI. <https://doi.org/10.3390/en15238917>
13. Vukolov EA. Regression analysis. Guidelines for the course "Statistics". Moscow: MIET; 2000. 52 p.
14. Fetisov V, Ilyushin YuV, Vasiliev GG et al. Development of the automated temperature control system of the main gas pipeline. Scientific Reports. 2023;13(1):3092. EDN QUNAMR. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29570-4>
15. Martirosyan AV, Ilyushin YuV. Modeling of the natural objects' temperature field distribution using a supercomputer. Informatics. 2022;9(3):62. EDN YTWMJM. <https://doi.org/10.3390/informatics9030062>

16. Ilyushin YuV, Pervukhin DA, Afanasieva OV et al. The methods of the synthesis of the nonlinear regulators for the distributed one-dimension control objects. Modern Applied Science. 2015;9(2):42-61. EDN UEJXZD. <https://doi.org/10.5539/mas.v9n2p42>
17. PJSC NEFAZ: Annual report of PJSC NEFAZ 2021: official website. [Electronic resource]. Available from: <https://nefaz.ru/upload/iblock/5d3/5d31bb2ebda234c2477df5bec879c751.zip> [Accessed 10 May 2024].
18. Ilyushin Yu, Afanaseva O. Spatial Distributed control system of temperature field: synthesis and modeling. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2021;16(14):1491-1506. EDN NCXPIK.
19. Yury I, Martirosyan A. The development of the soderberg electrolyzer electromagnetic field's state monitoring system. Scientific Reports. 2024;14(1):3501. EDN JQVCWF. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52002-w>
20. Chernyshev AB, Antonov VF, Ilyushin YuV, Chernyshev AB, Antonov VF, Ilyushin YuV. Modeling of relay-pulse distributed systems: monograph. Pyatigorsk: Pyatigorsk State Humanitarian and Technological University; 2012. 247 p. ISBN 978-5-902050-67-4. EDN QMXAPN.
21. Mistrov LE, Pervukhin DA, Il'yushin YuV. A method of structuring the conflict interaction organizational and technical systems. Journal of Mining Institute. 2014;208:263-266. EDN SJUDGN.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья Александровна Богданова – студент Института базового инженерного образования, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, natka111012@gmail.com

Татьяна Валерьевна Кухарова – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры системного анализа и управления, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, <https://orcid.org/0000-0002-5359-6763>, Kukharova_TV@pers.spmi.ru

Максим Юрьевич Напалкин – аспирант, специалист 1 категории отдела редакционно-издательского отдела, Пятигорский институт (филиал), Северо-Кавказский федеральный университет, maksnapalkin@mail.ru

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию: 10.10.2024;

одобрена после рецензирования: 11.11.2024;

принята к публикации: 13.12.2024.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Natalia A. Bogdanova – Student of the Institute of Basic Engineering Education, Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, natka111012@gmail.com

Tatyana V. Kukharova – Associate Professor, Cand. Sci. (Techn.), Associate Professor of the Department of System Analysis and Management, Saint Petersburg Mining University of Empress Catherine II, <https://orcid.org/0000-0002-5359-6763>, Kukharova_TV@pers.spmi.ru

Maksim Yu. Napalkin – Postgraduate Student, 1st Category Specialist of the Editorial and Publishing Department, Pyatigorsk Institute (branch), North-Caucasus Federal University, maksnapalkin@mail.ru

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted: 10.10.2024;

approved after reviewing: 11.11.2024;

accepted for publication: 13.12.2024.