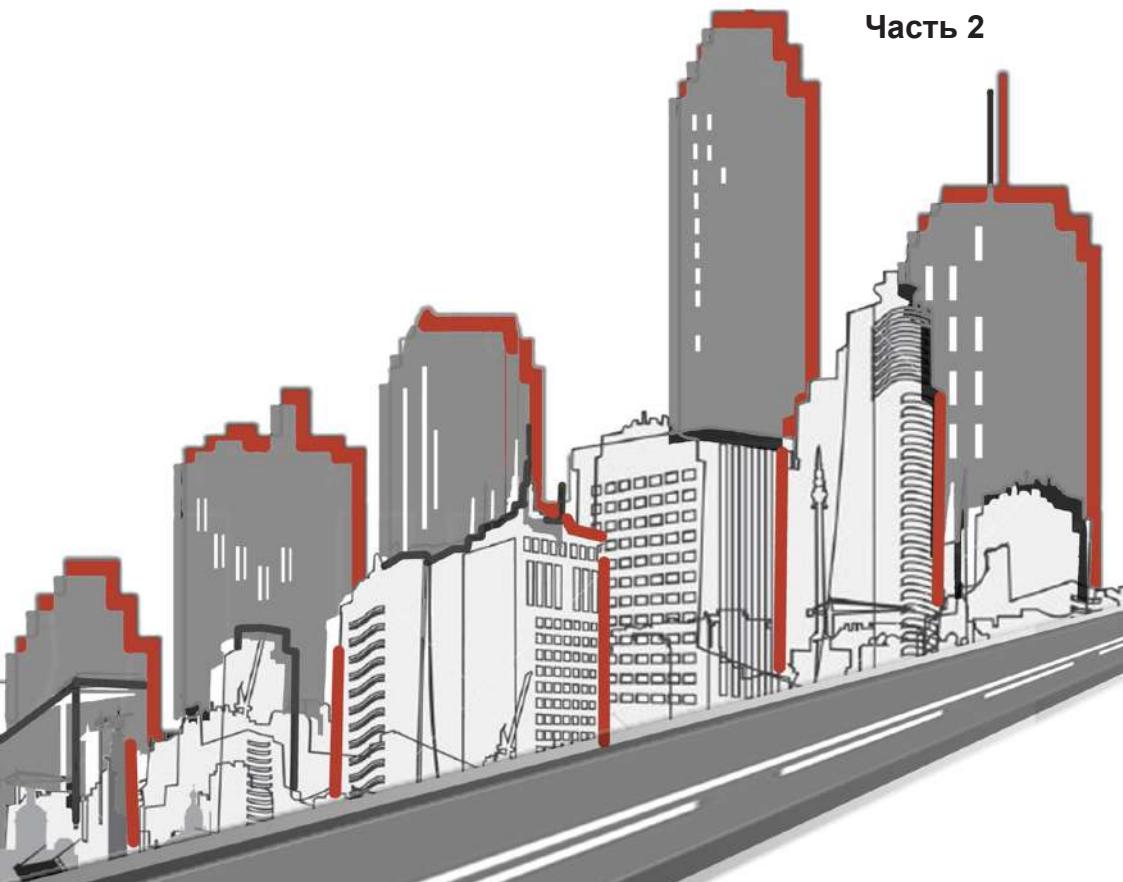




# АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Часть 2



2025

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **Часть 2**

Материалы LXXVII Национальной  
научно-практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых

15–18 октября 2024 года

Санкт-Петербург  
2025

УДК 69(063)  
А 437

*Рецензенты:*

д-р техн. наук *T. A. Белаши* (Научно-исследовательский центр «Строительство», Москва);

д-р архит. *O. С. Субботин* (Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар)

**Актуальные проблемы современного строительства : Материалы LXXVII Национальной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых [15–18 октября 2024 года] : в 2 ч. ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – СПб. : СПбГАСУ, 2025. – Ч. 2. – 209 с. – Текст : непосредственный.**

ISBN 978-5-9227-1459-4 (ч. 2)

ISBN 978-5-9227-1458-7

В сборнике представлены труды студентов, аспирантов и молодых ученых Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

*Редакционная коллегия:*

проректор по научной работе *Королев Е. В.* (председатель),

и. о. декана архитектурного факультета *Суровенков А. В.*,

декан автомобильно-дорожного факультета *Зазыкин А. В.*,

декан строительного факультета *Никулин А. Н.*,

декан факультета инженерной экологии и городского хозяйства *Ульрих Д. В.*,

декан факультета экономики и управления *Токунова Г. Ф.*,

декан факультета судебных экспертиз

в строительстве и на транспорте *Иванов Д. В.*,

начальник управления научной работы *Аверина М. В.*,

председатель Совета молодых ученых *Глухова А. В.*,

куратор СНО *Аблязов Т. Х.*,

специалист *Груба Л. В.* (ответственный редактор)

*Утверждено Научно-техническим советом СПбГАСУ*

ISBN 978-5-9227-1459-4 (ч. 2)

© Авторы статей, 2025

ISBN 978-5-9227-1458-7

© Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет, 2025

© Дизайн обложки: Е. Измайлова, Т. Попова

# ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

---

УДК 628.16

Дарья Андреевна Беляева,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: belyaevadarya31@mail.ru*

*Daria Andreevna Belyaeva,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: belyaevadarya31@mail.ru*

## ПРОБЛЕМЫ НОВОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

### PROBLEMS OF THE NEW REGULATIONS FOR WATER TREATMENT OF SWIMMING POOLS

В статье сформулирована проблема обеспечения гигиенической безопасности в плавательных бассейнах, приведена статистика несчастных случаев отравления реагентами. Был проведен анализ Постановления № 2 от 20 марта 2024 года, в котором внесли изменения в санитарные правила СП 2.1.3678-20. Выявлены недостатки данных нововведений и проведено сравнение новой нормативно-правовой базы с уже недействительными нормативными документами. Озвучены рекомендации к последующим изменениям в санитарном законодательстве в сфере обеззараживания воды плавательных бассейнов, а также по необходимости актуализации нормативно-правовой базы на регулярной основе, исходя из быстроизменящихся условий нашей жизни.

**Ключевые слова:** обеззараживание воды, хлорирование, плавательные бассейны, водоподготовка, санитарное законодательство.

The article formulates the problem of ensuring hygienic safety in swimming pools, provides statistics on accidents of reagent poisoning. An analysis of Resolution No. 2 of March 20, 2024, which amended the sanitary rules SP 2.1.3678-20, was conducted. The shortcomings of these innovations were identified and a comparison of the new regulatory framework with already invalid regulatory documents was made. The author gives recommendations for subsequent changes in the sanitary legislation in the field of disinfection of water in swimming pools, as well as the need to update the regulatory framework on a regular basis, based on the rapidly changing conditions of our lives.

**Keywords:** water disinfection, chlorination, swimming pools, water treatment, sanitary legislation.

В области водоподготовки хлорсодержащие препараты безусловно являются эффективным средством для дезинфекции и очистки воды. Однако, помимо своей эффективности, хлорреагенты представляют собой сильное токсическое соединение раздражающего действия, концентрация которого при малейшем отклонении от безопасной нормы для человека, способна вызвать физиологические реакции организма разной степени тяжести и даже привести к летальному исходу.

В научно-популярных источниках [1] имеется анализ данных статистики неблагоприятных исходов, взятые из средств массовой информации, которые показывают масштаб проблемы. Цифра в 90 % случаев, в которых пострадали люди от воздействия хлорсодержащих реагентов в плавательных бассейнах, от общего числа инцидентов говорит сама за себя. Основных причин случившегося две: 1) человеческий фактор, связанный с недосмотром и ошибочными действиями персонала; 2) неисправности оборудования, обусловленные его большим физическим и моральным износом. Соотношение между этими причинами 55 % на 45 % соответственно.

Постановлением Роспотребнадзора от 20 марта 2024 года № 2 [2] (далее – Постановление) установлены изменения к действующим санитарным правилам СП 2.1.3678-20 [3], касающиеся эксплуатации бассейнов и аквапарков. Большинство положений

Постановления не противоречит ранее действующим нормативам, но есть ряд важных дополнений и изменений касательно водоподготовки и обеззараживания воды плавательных бассейнов, которые необходимо рассмотреть и сравнить с уже недействительными нормативно-правовыми документами. После подробного изучения нововведений данного Постановления составлен список предложений для улучшения нормативно-правовой базы в сфере обеззараживания воды в плавательных бассейнах, так как новые изменения идут вразрез с удручающей статистикой несчастных случаев отравлений реагентами.

Первое важное изменение в санитарном законодательстве – это подпункт 6.2.20 пункта 6.2 [2], в котором прежняя редакция «концентрация связанного хлора – не более 0,2 мг/л» заменена на «концентрация связанного хлора – не более 2 мг/л». В Постановлении увеличена

концентрация связанного хлора в воде бассейнов в 10 раз по сравнению с предыдущей редакцией 2020 года [3].

Увеличение нормы по концентрации связанного хлора в воде бассейна до 2,0 мг/л создает следующие проблемы при эксплуатации:

- ухудшение органолептики воды и, связанную с этим, непривлекательность бассейна, обусловленную неприятным запахом, першением в горле, раздражением глаз и носа, появляющейся на коже аллергией, повышением заболеваемости бронхиальной астмой;
- увеличение негативного, вредного влияния на здоровье как взрослых, так и детей побочных продуктов хлорирования воды;
- ухудшение условий труда и повышение воздействия вредных производственных факторов для тренеров по плаванию, которые длительное время находятся в воде бассейна, а также подвергаются воздействию летучих соединений, присутствующих в воздухе над зеркалом воды – в зоне их дыхания.

Нормативное регулирование деятельности общественных бассейнов во всем мире направлено на обеспечение комплексной безопасности водной и воздушной среды водных объектов - как по санитарно-эпидемиологическим, так и токсикологическим показателям. Это подразумевает, в том числе, минимизацию последствий неизбежного использования хлорсодержащих реагентов и снижения рисков негативного воздействия продуктов их реакций на организм человека.

Особенному риску подвержены спортсмены и дети дошкольного и младшего школьного возраста, так как на занятиях в бассейне происходит активное вдыхание летучих соединений и непроизвольное заглатывание воды бассейна. Международные рекомендации Всемирной организации здравоохранения указывают на необходимость поддержания показателя связанного хлора в воде бассейнов на уровне не более 0,2 мг/л. Установление предела содержания связанного хлора 0,2 мг/л, как это было до внесенных изменений в санитарном законодательстве, служит защитой от более глубокого протекания процессов хлорирования и образования более опасных хлорприводных соединений.

Следующий важный аспект, на который следует обратить внимание, озвучен в Приложении 6 Постановления [2], где говорится, что

осуществление контроля за содержанием хлороформа (при хлорировании) и формальдегида (при озонировании) производится 1 раз в месяц.

Хлороформ и формальдегид – органические соединения, которые способные оказывать сильное раздражающее воздействие на глаза, центральную нервную систему, печень и почки. Содержание хлороформа служит оценочной концентрацией глубины хлорирования примесей воды, поэтому так важна регулярность контроля содержания именно хлороформа в воде бассейнов. Поэтому можно сделать вывод о необходимости установить кратность исследования воды бассейнов на показатель «хлороформ» и «формальдегид» не менее 2-х раз в месяц.

Следующее изменение, представлено в подпункте 6.2.25 пункта 6.2 [2], в котором говориться о нормировании концентраций свободного (остаточного) хлора и озона над поверхностью воды на высоте до 1 метра. Здесь обращает на себя внимание введенная норма для концентрации озона не более 0,1 мг/м<sup>3</sup>. В прежней редакции [3] содержание озона в воздухе над поверхностью воды не допускалось вовсе, т. е. в Постановлении увеличена концентрация озона в воздухе в «зоне пловца» до 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

Озон с формулой O<sub>3</sub> – очень токсичный газ, влияющий, прежде всего, на органы дыхания человека. Благодаря его химическим особенностям, озон проявляет высокую активность, что определяет его токсическое действие на человека уже при достаточно минимальном его содержании. Попадая в организм этот газ вызывает раздражение дыхательных путей, провоцирует появление кашля и одышки. В группе риска находятся люди с легочными заболеваниями, а также дети и пожилые люди.

Человек начинает ощущать обонянием присутствие озона при его концентрации в 0,01 мг/м<sup>3</sup>. Сравним это с введенной [2] нормой, которая в 10 раз выше. Следует отметить, что озон в Российской Федерации отнесен к самому высокому первому классу опасности вредных веществ с предельно допустимой концентрацией в воздухе рабочей зоны (ПДК р. з.) 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Это совпадает с границей, указанной в новом Постановлении. При этом необходимо учитывать, что озон тяжелее воздуха и он будет опускаться вниз, а пловцы вдыхают воздух непосредственно над поверхностью воды. У профессиональных

пловцов тренировки могут проходить по 10 часов в сутки 6 дней в неделю. Концентрация озона в воздухе в «зоне пловца» 0,1 мг/м<sup>3</sup> недопустима, и она непременно скажется на здоровье человека.

Также следует отметить, что диапазон измерения концентрации озона в атмосферном воздухе некоторых приборов российских производителей составляет до 0,05 мг/м<sup>3</sup>, что в 2 раза ниже введённой максимальной нормы. Поэтому разумным было бы решение вернуть прошлую редакцию этого пункта 2020 года.

К сожалению, изменения в нормативно-правовой базе санитарного законодательства не всегда способны объективно отразить потребности и направления развития общества. Актуализация нормативно-правовой базы нашего государства должна проводиться постоянно на регулярной основе, исходя из быстроизменяющихся условий нашей жизни. Если взять во внимание факт, что российская политика Указом Президента Российской Федерации определила одной из национальных целей до 2030 года комфортную и безопасную среду для жизни, то введение в марте 2024 года новых нормативных документов касательно обработки воды в плавательных бассейнах идет с ней в разрез. Статистика случаев отравления парами реагентов, таких как хлор и озон, показывает необходимость ужесточения контроля и норм санитарного законодательства в сфере водоподготовки плавательных бассейнов.

### **Литература**

1. Беляев А. Н., Фалалеев А. В. Технологические риски при эксплуатации плавательных бассейнов // Общество. Наука. Инновации (НПК–2020): сб. ст.: XX Всерос. науч.-практ. конф., 17 февр. – 26 апр. 2020 г. В 2 т. Т. 2. Химико-биологические и технические науки. Киров : Вятский государственный университет, 2020. С. 213–219.

2. О внесении изменений в санитарные правила СП 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг»: постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 20.03.2024 № 2; вступает в силу с 01.03.2025, действует до 01.01.2027. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202407120010> (дата обращения: 15.10.2024).

3. СП 2.1.3678-20. Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 24 декабря 2020 года №44; введен в действие 01.01.2021, дата окончания действия 01.01.2027. URL: [https://www.rosпотребнадзор.ru/files/news/SP2.1.3678-20\\_uslugi.pdf](https://www.rosпотребнадзор.ru/files/news/SP2.1.3678-20_uslugi.pdf) (дата обращения: 15.10.2024).

**УДК 628.1**

*Николай Витальевич Смирнов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: koliasmirnov2001@gmail.com*

*Nikolay Vitalevich Smirnov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: koliasmirnov2001@gmail.com*

**ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.  
ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
И РАБОЧЕГО ДИАПАЗОНА НАСОСА**

**FREQUENCY CONTROL OF THE ELECTRIC DRIVE.  
CHANGING THE CHARACTERISTICS  
AND OPERATING RANGE OF THE PUMP**

Насосные станции – системы, работающие на переменных нагрузках, возникающих в процессе водопотребления. Значительные перепады потребления влекут за собой повышение износа оборудования, потери энергии в двигателе и жидкости в негерметичных стыках, а следовательно, растут расходы на эксплуатацию. Отсюда вытекает необходимость регулирования работы насосов. Регулирование может основываться на изменении либо сопротивления трубопровода, либо характеристики насоса. Регулирование задвижкой – наиболее простой, не требующий установки дополнительного оборудования метод, однако в результате подобного регулирования в системе возникает повышенное давление при неизменной скорости вращения рабочего колеса насоса. Таким образом, КПД насоса падает, а в системе увеличиваются потери воды. Регулирование преобразователем частоты позволяет избежать подобного падения эффективности насоса. Плавное изменение характеристики насоса в ответ на изменение водопотребления решает проблему перерасхода электроэнергии и возможных гидроударов. Встроенные системы защиты оберегают двигатель от пусковых токов, перегрузок, коротких замыканий и перегрева. А комплектные контроллеры дают возможность программирования режимов и удаленного управления. Перечисленные преимущества делают применение частотных преобразователей перспективным для регулирования работы насосов, а задачу определения границ рабочего диапазона насоса при изменении частоты актуальным.

*Ключевые слова:* насосы, регулирование, частотный преобразователь, рабочий диапазон, водопотребление, напор.

Pumping stations are systems operating under variable loads arising from the process of water consumption. Significant consumption fluctuations lead to increased wear of equipment, loss of energy in the engine and fluid in leaky joints, and consequently operating costs increase. This implies the need to regulate the operation of pumps. Regulation can be based on a change in either the resistance of the pipeline or the characteristics of the pump. Valve control is the simplest method that does not require installation of additional equipment, however, as a result of such regulation, increased pressure occurs in the system at a constant speed of rotation of the pump impeller. Thus, the efficiency of the pump decreases, and water losses increase in the system. Frequency converter regulation avoids such a drop in pump efficiency. A smooth change in the pump characteristics in response to a change in water consumption solves the problem of over expenditure of electricity and possible hydraulic shocks. Built-in protection systems protect the motor from inrush currents, overloads, short circuits and overheating. And the complete controllers make it possible to program modes and remote control. These advantages make the use of frequency converters promising for regulating the operation of pumps, and the task of determining the limits of the pump operating range when frequency changes becomes relevant in this case.

*Keywords:* pumps, regulation, frequency converter, operating range, water consumption, pressure.

Изменение рабочей зоны насоса при частотном регулировании может быть рассчитано по формулам точек подобных режимов [1–5]:

$$Q_2 = Q_1 \times \left( \frac{n_2}{n_1} \right)$$
$$H_2 = H_1 \times \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2$$

где  $H_1$ ,  $Q_1$  – значения напора и потребления для граничной точки рабочего диапазона при номинальной частоте вращения вала  $n_1$ ,  $H_2$ ,  $Q_2$  – то же, при частоте  $n_2$ .

Пример 1:

Центробежный насос двустороннего входа типа Д: 1Д1250-1256 с рабочим диапазоном от 195 л/с при напоре 94 м до 350 л/с при напоре 79 м,  $n = 1450$  об/мин;  $Q_{\text{н}} = 1030$  м<sup>3</sup>/ч;  $P_{\text{н}} = 340$  кВт

Рабочая характеристика насоса представлена на рис. 1.

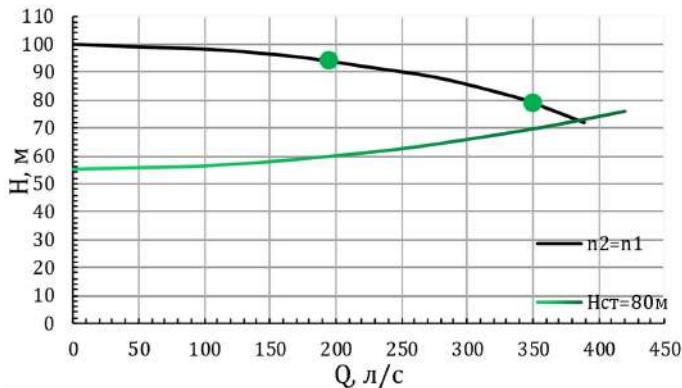


Рис. 1. Рабочая характеристика насоса 1Д1250-1256

Рассчитаем рабочую характеристику при частоте  $n_2 = 0,78n_1$ .  
Для точки 1:

$$Q_{22} = 195 \cdot \left( \frac{0,78}{1} \right) = 151,7 \text{ л/с}$$

$$H_{22} = 94 \cdot \left( \frac{0,78}{1} \right)^2 = 57,2 \text{ м}$$

Для точки 2:

$$Q_{22} = 350 \cdot \left( \frac{0,78}{1} \right) = 273 \text{ л/с}$$

$$H_{22} = 79 \cdot \left( \frac{0,78}{1} \right)^2 = 273 \text{ м}$$

Результаты аналогичных расчетов для остальных точек сведены в таблицу.

**Результаты расчета точек подобных режимов**

n2 = n1		n2 = 0,92n1		n2 = 0,88n1		n2 = 0,78n1		n2 = 0,65n1	
q	h	q2	h2	q2	h2	q2	h2	q2	h2
0,0	100,0	0,00	84,64	0,0	64,0	0,00	60,84	0,00	42,25
55,6	99,0	51,11	83,79	44,4	63,4	43,33	60,23	36,11	41,83
111,1	98,0	102,22	82,95	88,9	62,7	86,67	59,62	72,22	41,41
166,7	96,0	151,80	81,25	133,3	61,4	128,70	58,41	107,25	40,56
194,4	94,0	178,89	79,56	155,6	60,2	151,67	57,19	126,39	39,72
222,2	92,0	204,44	77,87	177,8	58,9	173,33	55,97	144,44	38,87
277,8	88,0	255,56	74,48	222,2	56,3	216,67	53,54	180,56	37,18
333,3	82,0	306,67	69,40	266,7	52,5	260,00	49,89	216,67	34,65
350,0	79,0	322,00	66,87	280,0	50,6	273,00	48,06	227,50	33,38
388,9	72,0	357,78	60,94	311,1	46,1	303,33	43,80	252,78	30,42

По результатам расчетов был построен график (рис. 2). На нем видно, что изменение частоты вращения влияет на многие параметры системы, такие как НQ характеристика и рабочая зона насоса.

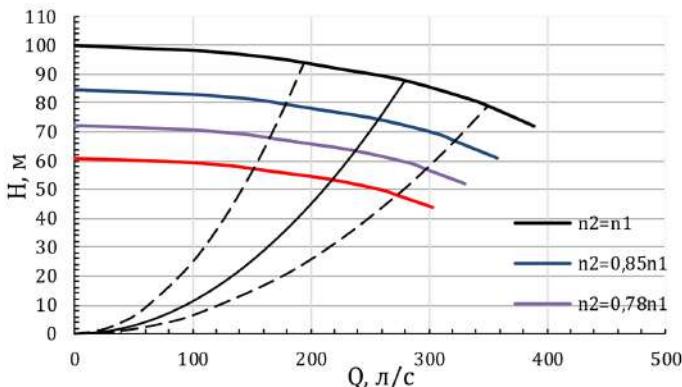


Рис. 2. График изменения рабочего диапазона насоса при изменении частоты вращения ротора

Где черными кривыми обозначены границы рабочего диапазона насоса при различных частотах.

Данные кривые являются функциями от напора и подачи, и формально могут быть обозначены как:

$$H_i = k_i \cdot Q_i^2,$$

где  $k$  – коэффициент кривизны, определяется как отношение напора в граничной точке рабочего диапазона квадрата к соответствующему ему потреблению:

$$k_i = H_i / Q_i^2.$$

Рассмотрим сеть:

$L = 10$  км – длина трубопровода;  $D = 500$  мм (труба стальная электросварная);  $H_{ct} = 55$  м – статический напор;  $S_c = 0,0001176$  – кривизна характеристики.

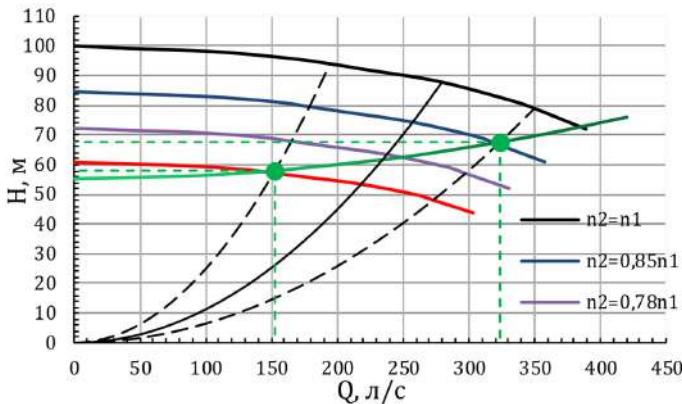


Рис. 3. Совмещенный график рабочей характеристики насоса и характеристики сети

Как видно из графика (рис. 3) эффективное регулирование работы насоса в данной сети ограничено точками пересечения кривой сети с границами рабочего диапазона насоса.

Кривая сети может быть описана уравнением:

$$H_{ct} = H - S_c \times Q^2.$$

Отсюда:

$$H = H_{ct} + S_c \times Q^2.$$

Кривая границы рабочего диапазона формульно отображается в виде:

$$H_i = k_i \times Q_i^2.$$

Отсюда точка пересечения данных характеристик:

$$Q = \sqrt{\frac{H_{ct}}{k_i - S_c}}$$

$$H = \frac{H_{ct} \times k_i}{k_i - S_c}.$$

Проведем вычисления для рассматриваемого примера.

Для нижней границы:

$$k_{\min} = 94/194,4^2 = 0,002486$$

$$Q_{\min} = \sqrt{\frac{55}{0,002486 - 0,000118}} = 152 \text{ л/с}$$

$$H_{\min} = \frac{55 \times 0,002486}{0,002486 - 0,000118} = 58 \text{ м.}$$

Частота вращения вала насоса, для данной граничной точки:

$$n_{\min} = \frac{Q_{\min} \times n_{\text{ном}}}{Q_{\text{пд.1}}} = \frac{152 \times 1450}{194,4} = 1135 \text{ об/мин}$$

где  $Q_{\text{пд.1}}$  – минимальное значение подачи насоса в рабочей зоне при номинальной частоте вращения.

Для верхней границы:

$$k_{\max} = 79/350^2 = 0,006449$$

$$Q_{\max} = \sqrt{\frac{55}{0,0006449 - 0,000118}} = 324 \text{ л/с.}$$

$$H_{\max} = \frac{55 \cdot 0,002486}{0,0006449 - 0,000118} = 68 \text{ м.}$$

Частота вращения вала насоса, для данной граничной точки:

$$n_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot n_{\text{ном}}}{Q_{\text{пд.2}}} = \frac{324 \cdot 1450}{350} = 1340 \text{ об/мин,}$$

где  $Q_{\text{пд.2}}$  – максимальное значение подачи насоса в рабочей зоне при номинальной частоте вращения.

Из проведенных выше вычислений становится видно, что изменением частоты вращения рабочего колеса от  $n_{\min} = 1135$  об/мин до  $n_{\max} = 1340$  об/мин можно регулировать подачу и напор насоса в границах:

Подача:

$$Q_{\min} = 152 \text{ л/с}; Q_{\max} = 324 \text{ л/с.}$$

Напор:

$$H_{\min} = 58 \text{ м}; H_{\max} = 68 \text{ м.}$$

Таким образом область эффективного регулирования работы насоса частотным преобразователем зависит от характеристик системы и может быть различна. Поэтому определение её является важным пунктом для выбора метода регулирования.

### **Литература**

1. Лезнов Б. С. Технологические основы использования регулируемого электропривода в насосных установках // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2012. № 5. С. 2–8
2. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуховых установках. М. : Энергоатомиздат, 2006. 360 с.
3. Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции. М. : Стройиздат, 1986. 320 с.
4. Товстолес Фл. П. Гидравлика и насосы. Часть III. Насосы. М. : ГОНТИ.Л. 1938. 399 с.
5. Лобачев П. В. Насосы и насосные станции. М. : Стройиздат, 1983. 191 с.

**УДК 628.162**

*Илья Витальевич Суворов,*

аспирант

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: suvorov\_ilyav@mail.ru*

*Ilya Vitalievich Suvorov,*

postgraduate student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: suvorov\_ilyav@mail.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ**

### **FEATURES OF THE STRUCTURE AND OPERATION OF WATER IRON REMOVAL STATIONS**

Станции обезжелезивания играют ключевую роль в водоподготовке, обеспечивая качественной водой население и промышленность. На станциях используют безреагентные и реагентные методы для удаления излишков железа. Важным этапом подготовки воды нормативного качества является её фильтрация, при которой необходима регулярная промывка фильтров. Расход промывных вод составляет до 10–15 % очищаемой воды. Для уменьшения потерь воды применяют сооружения повторного использования воды, возвращающие до 90 % воды. В процессе очистки воды образуются осадки. Шламонакопители обеспечивают обезвоживание осадков. Проблема утилизации шлама остаётся актуальной: требуется разработка экологически чистых методов для его переработки и использования в качестве вторичного сырья.

В настоящей статье рассмотрены особенности устройства и эксплуатации станций обезжелезивания воды, сооружения повторного использования воды, шламонакопители, а также актуальные проблемы утилизации осадка.

**Ключевые слова:** станция обезжелезивания, водоподготовка, безреагентные и реагентные методы обезжелезивания воды, фильтрация, сооружения повторного использования воды, шламонакопители, обезвоживание осадка, вторичное сырье.

Iron removal stations play a key role in water treatment, providing high-quality water for both the population and industry. The stations use reagent-free and reagent-based methods to remove excess iron. An important stage in the preparation of water of standard quality is its filtration, which requires regular washing of filters. Washing water consumption is up to 10-15% of treated water. To reduce water losses, water reuse facilities are used, which return up to 90 per cent of water. Sludge collectors ensure the dewatering of sludge generated during the treatment process. The issue of sludge disposal remains pressing: environmentally friendly methods need to be developed for its processing and use as secondary raw material.

This article examines the features of the design and operation of iron removal stations, water reuse facilities, sludge collectors, and the current challenges of sludge disposal.

*Keywords:* iron removal station, water treatment, non-reagent and reagent iron removal methods, filtration, water reuse facilities, sludge collectors, sludge dewatering, secondary raw material.

При высоком содержании железа в воде станции обезжелезивания являются основным технологическим этапом для обеспечения качественной питьевой водой населения и промышленных предприятий. Их правильное проектирование, эксплуатация и обслуживание необходимы для эффективной работы и поддержания нормативного уровня качества воды.

Для эффективной работы станций обезжелезивания кроме основного технологического оборудования необходимы вспомогательные сооружения, на которых происходят процессы обработки промывных вод и переработки шламов.

### **Станция обезжелезивания воды**

Принцип действия сооружений основан на безреагентных и реагентных методах [1]. Важным этапом процесса обезжелезивания является фильтрация воды, которая проходит через специальные фильтры, очищающие воду от загрязнений.

На рис. 1 показана технологическая схема станции обезжелезивания воды. В процессе эксплуатации фильтров обезжелезивания при фильтрации воды происходит загрязнение фильтрующей загрузки. Поэтому в технологическом процессе предусмотрены операции промывки фильтров. Для эффективной промывки используются высокие скорости подачи воды, поэтому количество воды, затрачиваемой на промывку, может достигать до 10–15 % от всей производительности системы [2]. Промывные воды содержат высокие концентрации железа и других взвешенных веществ, что создаёт повышенную нагрузку на городские очистные системы, кроме того, в воде присутствуют соединения, не предусмотренные в расчетах для обработки на традиционных очистных сооружениях [3].

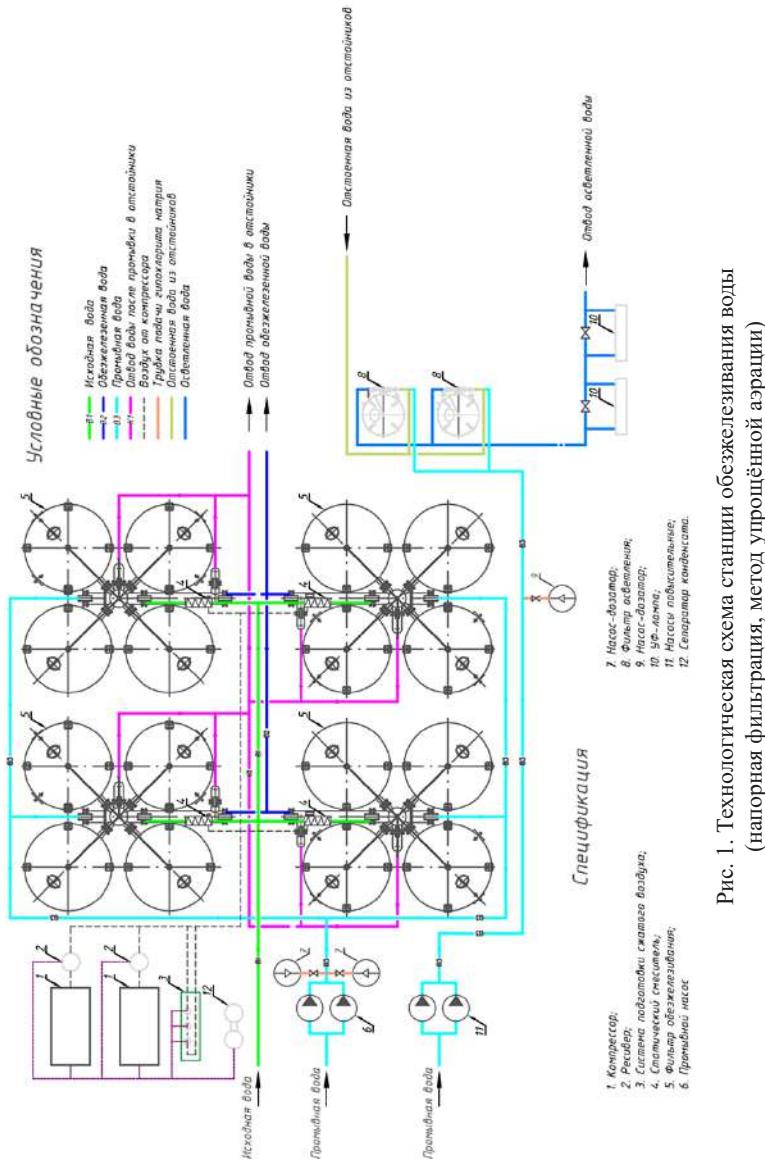


Рис. 1. Технологическая схема станции обезжелезивания воды  
(напорная фильтрация, метод упрощённой аэрации)

## Сооружения повторного использования воды

Для уменьшения объёмов сброса промывных вод применяют специальные технологии повторного использования воды. Сооружения включают насосное отделение, отстойники промывной воды и шламонакопители (рис. 2).

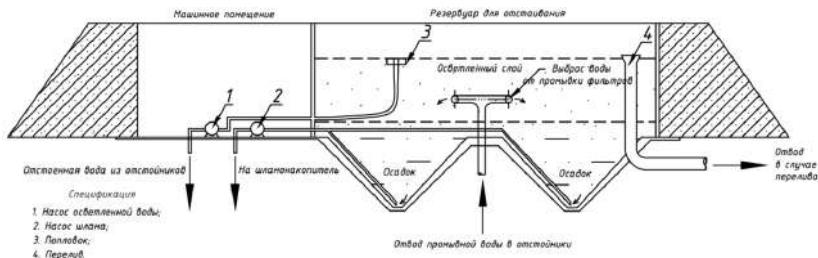


Рис. 2. Сооружения повторного использования воды

Промывная вода поступает в отстойники, где происходит её разделение на осветленную воду и осадок. Осветлённая вода повторно направляется на станцию для обезжелезивания, что позволяет сократить использование воды на собственные нужды системы. Около 88–90 % промывной воды может быть возвращено в процесс очистки, что значительно снижает общие затраты воды. Оставшиеся 10–12 % воды с осадком сбрасывается на шламонакопители.

## Шламонакопители

Шламонакопители представляют собой земляные емкости, предназначенные для хранения и обезвоживания осадков, образующихся в процессе очистки воды на станциях обезжелезивания. Ёмкости обычно расположены выше уровня грунтовых вод и частично выполнены в выемке, частично – в насыпи (рис. 3). В процессе эксплуатации сооружений осадок оседает на дно шламонакопителя, где постепенно уплотняется. Основная цель этой стадии обработки шламов – снижение объема осадка за счет удаления избыточной влаги.

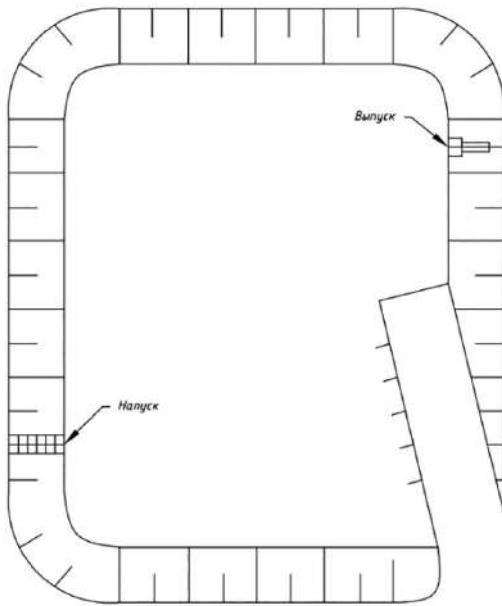


Рис. 3. Шламонакопитель для хранения и обезвоживания осадков

Гравитационное уплотнение продолжается в течение нескольких лет, в результате чего происходит обезвоживание осадка. Вода, выделившаяся при уплотнении, отводится в систему канализации. Периодичность очистки шламонакопителей зависит от их заполнения и принимается в соответствии с проектным решением. Для удаления осадка используется экскаватор, после чего осадок транспортируют на специализированные полигоны для захоронения или дальнейшей переработки [4].

### **Проблемы утилизации осадков станций обезжелезивания**

Шлам, образующийся на станциях обезжелезивания, относится к малоопасным отходам 3-го класса и может складироваться в шламонакопителях. Однако длительное хранение осадков без специальной утилизации создает экологические риски, связанные с возможным

загрязнением окружающей среды. Химический состав осадков изучен недостаточно полно, поэтому необходимо проведение дополнительных исследований для точной оценки их экологической опасности в каждом конкретном случае.

Методом микрорентгеноспектрального анализа был исследован осадок станций обезжелезивания, полученный при обезжелезивании воды безреагентным методом упрощённой аэрации с последующим фильтрованием, одного из подземных водозаборов Республики Беларусь. На микрофотографии (рис. 4), полученной на электронном микроскопе JEOL JSM6400, усреднённая пробы шлама, отобранного из различных зон шламонакопителя.

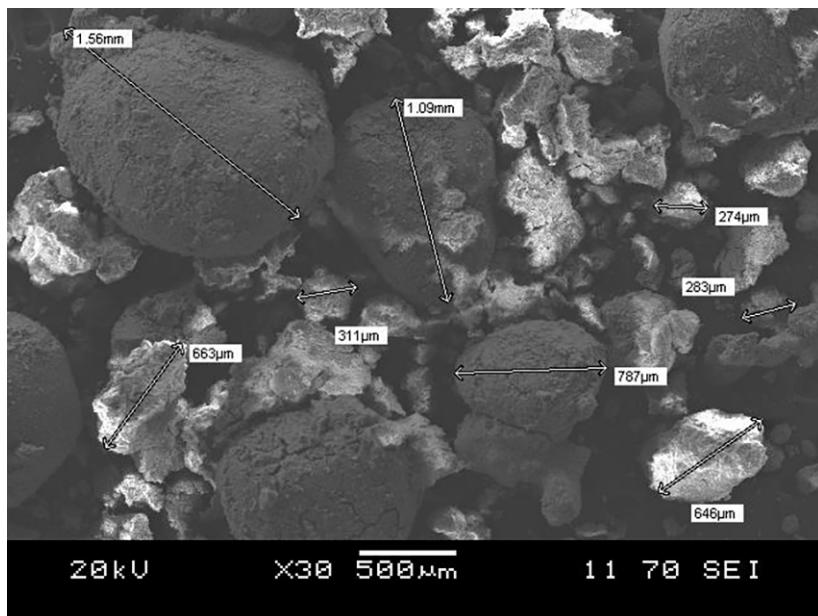


Рис. 4. Микрофотография шлама водоподготовки, размеры частиц, форма и структура (увеличение  $\times 30$ , масштаб: 500 мкм)

Исследованием установлено, что размер частиц шлама варьируется от более мелких частиц размером 311 мкм до более крупных

размер которых достигает 1560 мкм. Видны как плотные, так и пористые частицы. Наличие частиц шлама с развитой поверхностью и высокой пористостью является предпосылкой для анализа сорбционных свойств отхода.

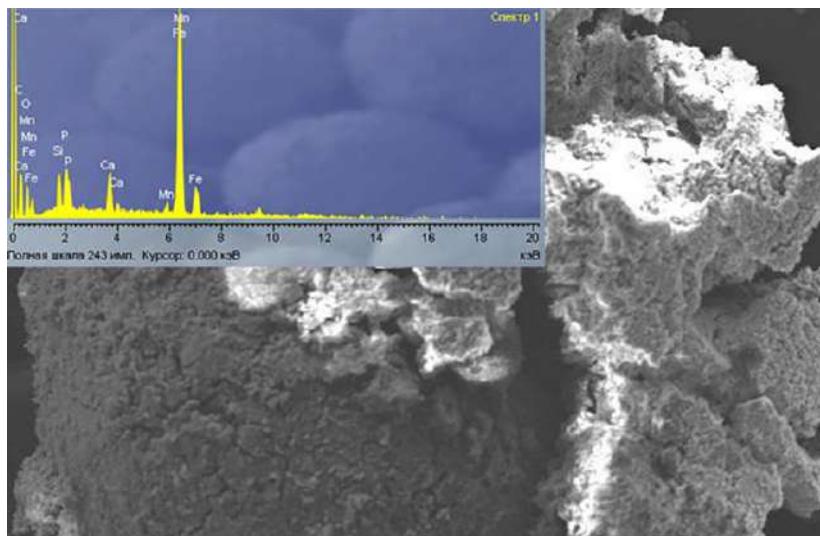


Рис. 5. График микрорентгеноспектрального анализа с микрофотографией поверхности шлама

В таблице приведен химический состав шлама по результатам микрорентгеноспектрального анализа, график и микрофотография которого представлены на рис. 5.

#### Химический состав усреднённой пробы шлама

Элемент	C	O	Si	P	Ca	Mn	Fe
Содержание элемента, мас. %	27,4	32,1	2,3	1,2	2,5	1,3	33,1

Полученные результаты указывают на то, что в составе осадка содержатся элементы, образующие водорастворимые соединения, способные к миграции в поверхностные источники воды и почвы. Это может свидетельствовать о достаточно высоком влиянии осадков на окружающую среду, так как существующие технологические схемы утилизации осадков предусматривают лишь их захоронение, что в свою очередь, не решает проблемы обезвреживания осадков и их минимизации, а также вопросы ресурсосбережения.

Высокое содержание железа в шламе подтверждает, что в результате аэрации большая часть растворенного железа осаждается на слоях зернистой загрузки в виде оксидов и гидроксидов железа.

### **Заключение**

Станции обезжелезивания воды обеспечивают важный этап подготовки питьевой воды для населения и промышленности. Однако их эксплуатация сопровождается образованием значительных объемов осадков и промывных вод, утилизация которых остаётся сложной задачей. Полученные данные исследования показывают сложный состав осадка, который образуется в процессе фильтрации воды с высоким содержанием тяжёлых металлов. Пористая структура шлама позволяет предположить наличие сорбционных свойств у материала. Одним из перспективных направлений решения проблемы утилизации осадков является их использование в качестве вторичного сырья. Привлечение отходов в хозяйственный оборот позволит снизить объём их захоронения, сократить потребление природных ресурсов и обеспечить новые сырьевые источники для различных отраслей промышленности.

### **Литература**

1. Суворов И. В., Ульрих Д. В. Современные безреагентные и реагентные методы удаления железа из воды // Современные технологии в инженерных системах и городском хозяйстве: сборник материалов Национальной (всероссийской) научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 18–22 марта 2024 года. СПб. : СПбГАСУ, 2024. С. 251–262. EDN GIUGUE.
2. Воронин М. В., Кюберис Э. А. Экологические аспекты обработки промывных сточных вод после станции обезжелезивания // II Международная научно-практическая конференция «Экологическая безопасность и устойчивое развитие

урбанизированных территорий»: сб. докладов. Н. Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. С. 195–197.

3. *Войтов Е. Л., Сколубович Ю. Л.* Исследование очистки и утилизации промывных вод станций водоподготовки // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. № 33(52). С. 151–156. EDN RUGSRV.

4. *Новикова О. К.* Обработка осадков сточных вод: учеб.-метод. пособие. Гомель : БелГУТ, 2015. 96 с.

**УДК 543.523**

*Антон Сергеевич Богданов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: bogdanovanton53@gmail.com*

*Anton Sergeevich Bogdanov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: bogdanovanton53@gmail.com*

## НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

### A NEURAL NETWORK APPROACH TO THE TASKS OF CLASSIFYING SAW MATERIALS

В данной статье представлен нейросетевой подход к задаче классификации пиломатериалов, основанный на использовании сверточных нейронных сетей (CNN). Основная цель работы – автоматизация процесса классификации различных видов пиломатериалов для повышения точности и снижения затрат на производство. Описаны этапы сбора и предобработки данных, особенности архитектуры модели, процесс обучения и результаты экспериментов. Полученные результаты демонстрируют высокую точность предлагаемого метода и его пригодность для автоматизированного производства в деревообрабатывающей промышленности.

*Ключевые слова:* нейронные сети, классификация, пиломатериалы, сверточные нейронные сети, автоматизация.

This article presents a neural network approach to the task of classifying saw materials based on the use of convolutional neural networks (CNN). The main purpose of the work is to automate the classification process of various types of lumber to increase accuracy and reduce production costs. The stages of data collection and preprocessing, the features of the model architecture, the learning process and the results of experiments are described. The results obtained demonstrate the high accuracy of the proposed method and its suitability for automated production in the woodworking industry.

*Keywords:* neural networks, classification, lumber, convolutional neural networks, automation.

В деревообрабатывающей промышленности классификация и сортировка пиломатериалов играют ключевую роль в обеспечении качества продукции и её соответствия требованиям заказчиков. Однако традиционные методы визуальной оценки пиломатериалов подвержены субъективным факторам, требуют значительных временных затрат

и влияют на производительность. Автоматизация этих процессов при помощи методов машинного обучения и, в частности, нейросетевых технологий, позволяет значительно повысить точность и производительность [1, 2].

Наиболее перспективным методом для автоматической классификации изображений является использование сверточных нейронных сетей (CNN), которые доказали свою эффективность при обработке визуальных данных, таких как изображения и видео [2, 3]. Основная цель данного исследования – разработать и обучить CNN для автоматической классификации пиломатериалов по различным категориям, что позволит повысить качество сортировки и минимизировать процент дефектных изделий.

Задача классификации пиломатериалов предполагает определение категорий и качества древесины по её изображению. Основные параметры, влияющие на классификацию, включают:

- Сорт древесины: каждый сорт может иметь различное количество и тип дефектов.
- Дефекты: сучки, трещины, цветовые пятна и искажения поверхности, которые определяют пригодность материала для различных целей [3].
- Формат и размеры: важно учитывать не только дефекты, но и размер и форму досок для точной классификации.

Для выполнения задачи необходима модель, которая может автоматически выделять признаки, такие как текстура и наличие дефектов на изображениях досок, и на основе этих признаков принимать решения о сортировке.

Для обучения нейронной сети требуется обширный набор данных, содержащий изображения пиломатериалов, собранные при различных условиях освещения, под разными углами и в разных форматах. В рамках исследования был собран набор данных, включающий несколько тысяч изображений досок разных сортов и типов. Чтобы избежать переобучения модели и улучшить её способность к обобщению, изображения были дополнительно обработаны методами аугментации, такими как вращение, масштабирование, зеркальное отображение и изменение яркости [4].

Для задачи классификации была выбрана классическая архитектура сверточной нейронной сети (CNN), состоящая из нескольких типов слоев:

1. Сверточные слои: используются для автоматического выделения признаков, таких как текстура и узоры на поверхности древесины. В этих слоях применялись фильтры с размером ядра  $3 \times 3$ , что позволяет выявлять локальные особенности изображения.

2. Pooling (подвыборка): слои подвыборки, например MaxPooling, уменьшают размерность данных, сохраняя наиболее важные признаки и уменьшая количество параметров для обучения. В нашей архитектуре использовались слои подвыборки размером  $2 \times 2$  [5].

3. Полносвязные слои: применяются для окончательной классификации на основе выделенных признаков. Они помогают сети принимать решения, классифицируя изображения по типам.

4. Функция активации: использовалась функция ReLU, которая ускоряет обучение модели за счёт устранения негативных значений и ускорения сходимости [6].

5. Регуляризация: добавлен слой Dropout, отключающий случайные нейроны в процессе обучения для предотвращения переобучения. Параметр Dropout равнялся 0,5 [8].

Модель была обучена с использованием алгоритма градиентного спуска и оптимизатора Adam, который обеспечивает быструю сходимость и стабильное обучение. В качестве функции потерь была выбрана кросс-энтропия, поскольку она хорошо подходит для многоклассовой классификации. Обучение проводилось на 50 эпохах с начальной скоростью обучения 0,001, а размер батча составлял 32 [6].

Для валидации использовалась кросс-валидация с разбиением набора данных на тренировочные и тестовые подмножества, что позволило оценить устойчивость модели к изменению данных и её способность к обобщению [4]. Модель показала высокую точность классификации на тестовом наборе данных, достигая 92 % правильных предсказаний. Точность классификации для каждого класса изображений также была высокой. Ниже приведены основные результаты тестирования:

- Классификация дефектов: модель правильно идентифицировала дефекты с точностью до 90 %.

- Общая точность классификации: составила 92 %, что свидетельствует о том, что модель может эффективно различать классы пиломатериалов.

- Скорость обработки: модель способна классифицировать одно изображение менее чем за 0,1 секунды, что позволяет её использовать в реальном времени на производственных линиях [5, с. 532].

Таблица показывает точность и F-меру по классам. График обучения (рис. 1, 2) демонстрирует изменение точности и потерь по эпохам, что подтверждает устойчивую сходимость модели.

#### Метрики классификации по классам древесины

Класс древесины	Точность	<i>F</i> -мера
Класс А	91 %	0,89
Класс В	92 %	0,91
Класс С	93 %	0,92

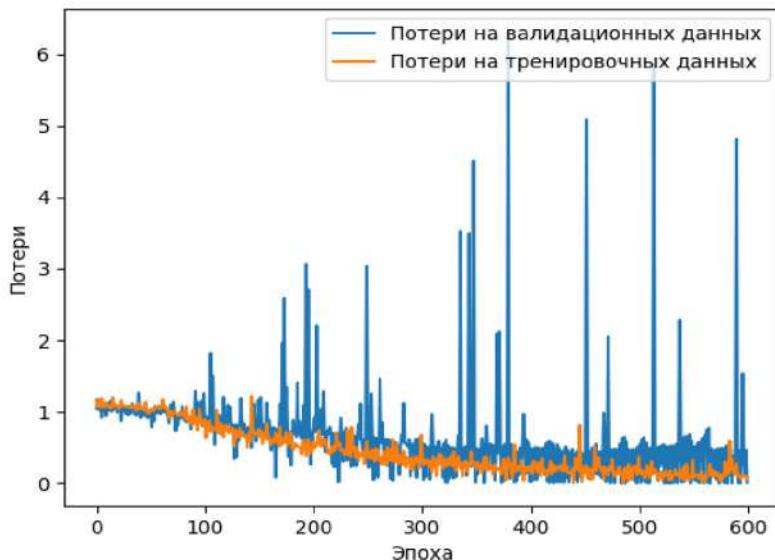


Рис. 1. График зависимости потерь от количества эпох

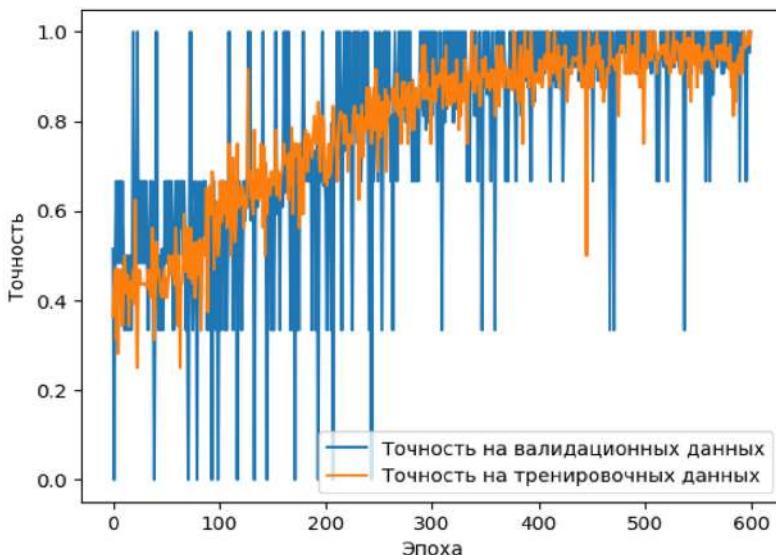


Рис. 2. График зависимости точности от количества эпох

Предложенная модель классификации пиломатериалов на основе CNN продемонстрировала высокую точность, устойчивость и возможность применения в условиях реального производства. Использование модели позволяет значительно снизить затраты на ручную сортировку, повысить точность и производительность процессов. В будущем возможны улучшения модели за счёт использования более сложных архитектур, таких как ResNet и Inception, а также увеличения объёма и разнообразия обучающих данных для повышения способности к обобщению [7, 8].

### Литература

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge, MA : MIT Press, 2016. 775 p.
2. Bashir S. Neural Networks and Deep Learning: A Primer. London: Pearson, 2019. 350 p.
3. Герон А. Практическое машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow. Санкт-Петербург: Питер, 2019. 704 с.

4. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016. P. 770–778.
5. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. Imagenet classification with deep convolutional neural networks // Advances in neural processing systems, 2012. P. 1097–1105.
6. Ren S., He K., Girshick R., et al. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks: arXiv:1506.01497v1. 2015. URL: <https://arxiv.org/abs/1506.01497> (accessed on: 20.09.2024).
7. Simonyan K., Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition // Proceedings of ICLR-2015. 2015. P. 1–14.
8. Rumelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J. Learning representations by back-propagating errors // Nature. 1986. № 323. P. 533–536.

**УДК 004.8:004.932.72:004.94**

*Nikita Dmitrievich Bushuev,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: nikita-1707@yandex.ru*

*Nikita Dmitrievich Bushuev,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: nikita-1707@yandex.ru*

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

### COMPARATIVE ANALYSIS OF NEURAL NETWORKS FOR SPEECH SIGNAL PROCESSING

В статье проведен сравнительный анализ архитектур нейронных сетей, применяемых для обработки речевых сигналов в условиях активного развития технологий искусственного интеллекта. Основное внимание удалено трем типам нейронных сетей: рекуррентным сетям (RNN), сверточным сетям (CNN) и трансформерам. Описаны ключевые особенности каждой архитектуры, их преимущества и ограничения при использовании для задач распознавания, синтеза и анализа речи. Приведены примеры применения таких моделей, как DeepSpeech, WaveNet и BERT, и даны рекомендации по выбору оптимальной архитектуры в зависимости от задач и доступных вычислительных ресурсов. Особое внимание удалено перспективам развития гибридных моделей, сочетающих сильные стороны различных архитектур.

*Ключевые слова:* нейронные сети, обработка речи, RNN, CNN, трансформеры, DeepSpeech, WaveNet, BERT, синтез речи, анализ контекста, искусственный интеллект.

The article presents a comparative analysis of neural network architectures used for speech signal processing in the context of advancing artificial intelligence technologies. The focus is on three types of neural networks: recurrent networks (RNN), convolutional networks (CNN), and transformers. Key features, advantages, and limitations of each architecture are described for tasks in speech recognition, synthesis, and analysis. Examples such as DeepSpeech, WaveNet, and BERT are provided, with recommendations on selecting the optimal architecture based on tasks and available computational resources. Special attention is given to the prospects of hybrid models that combine the strengths of various architectures.

*Keywords:* neural networks, speech processing, RNN, CNN, transformers, DeepSpeech, WaveNet, BERT, speech synthesis, context analysis, artificial intelligence.

Современные достижения в области искусственного интеллекта и глубокого обучения внесли значительный вклад в развитие методов обработки естественного языка и анализа речи. Речь является основным способом коммуникации, и ее автоматическая интерпретация открывает новые возможности для создания удобных и полезных технологий. Нейронные сети, благодаря своей гибкости и обучаемости, стали основой для множества приложений: от виртуальных ассистентов и систем автоматического распознавания речи до переводчиков. В основе таких систем лежат разнообразные архитектуры нейронных сетей, каждая из которых обладает уникальными характеристиками и применима к решению различных задач [1].

Среди наиболее популярных архитектур можно выделить рекуррентные сети (RNN), сверточные сети (CNN) и трансформеры. Каждая из них предназначена для работы с определенными типами данных и выполняет специфические функции при анализе речевых сигналов. Например, RNN хорошо подходят для работы с последовательностями, CNN – для выделения локальных признаков, а трансформеры – для понимания контекста.

Выбор подходящей архитектуры нейронной сети для обработки речи зависит от множества факторов, включая тип задачи, требуемую точность и доступные вычислительные ресурсы. Таким образом, целью данной статьи является проведение сравнительного анализа трех основных архитектур нейронных сетей, используемых для обработки речевых данных, и предоставление рекомендаций по их применению в зависимости от конкретных условий и задач.

Технологии обработки речи сегодня находят широкое применение в автоматизированном обслуживании клиентов, медицине, образовании и системах безопасности. В этих областях нейронные сети позволяют создавать высокоточные системы для анализа и интерпретации речевых данных. Выбор подходящей архитектуры нейронной сети – рекуррентных сетей (RNN), сверточных сетей (CNN) или трансформеров – играет ключевую роль в эффективности таких решений, поскольку каждая из них оптимизирована для разных задач: RNN – для последовательных данных, CNN – для выявления локальных признаков, а трансформеры – для анализа контекста [1].

Цель данной статьи заключается в сравнительном анализе архитектур RNN, CNN и трансформеров. На основе выявленных преимуществ и ограничений каждой из них будут предложены рекомендации по выбору оптимальной архитектуры для обработки речевых данных. Для успешного анализа речевых данных используются три основных архитектуры нейронных сетей: рекуррентные сети (RNN), сверточные сети (CNN) и трансформеры. Каждая из них имеет уникальные свойства, что делает их пригодными для различных задач обработки речи.

Рекуррентные нейронные сети (RNN) предназначены для работы с последовательными данными, что делает их подходящими для обработки речи, представляющей собой времененную последовательность звуков. Способность RNN учитывать временные зависимости позволяет моделям «запоминать» предыдущие состояния, сохраняя информацию на протяжении всей последовательности. Это свойство особенно полезно при анализе длинных фраз и предложений, где важен контекст. Однако стандартные RNN могут сталкиваться с проблемой исчезающих градиентов, что затрудняет обучение на длинных последовательностях. Для решения этой проблемы были разработаны модификации, такие как LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Units), которые позволяют сети запоминать данные на длительный срок [1]. Архитектура рекуррентной нейронной сети представлена на рис. 1.

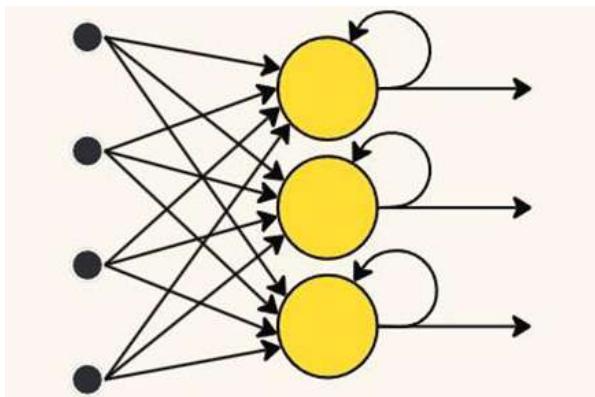


Рис. 1. Архитектура рекуррентной нейронной сети (RNN)

Сверточные нейронные сети (CNN) были разработаны для обработки изображений, их способность выделять локальные признаки нашла применение и в обработке аудиоданных. Преобразование звукового сигнала в спектрограммы позволяет представлять его в виде изображений частотных компонентов. CNN эффективно обрабатывают такие визуализированные данные, обнаруживая локальные особенности, что делает их полезными для задач классификации и анализа речи. Этот подход был впервые предложен для обработки текстовых данных [2], но нашел применение и для распознавания звуковых паттернов в речи, особенно при наличии фонового шума [3]. Архитектура сверточной нейронной сети показана на рис. 2.

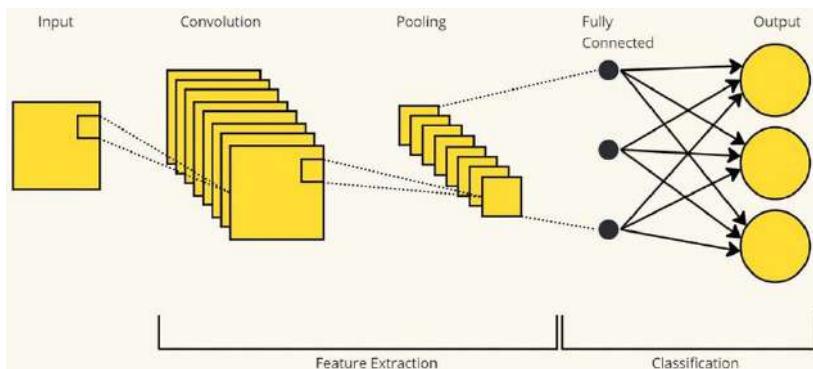


Рис. 2. Архитектура сверточной нейронной сети (CNN)

Трансформеры стали прорывом в обработке последовательных данных благодаря механизму внимания (attention), который позволяет эффективно учитывать связи между любыми элементами последовательности, независимо от их расстояния. В отличие от RNN, трансформеры способны обрабатывать данные параллельно, что делает их более производительными и точными для анализа длинных текстов и сложных предложений. Эти свойства делают трансформеры особенно эффективными в задачах понимания контекста и синтаксического анализа речи [4]. Архитектура трансформера представлена на рис. 3.

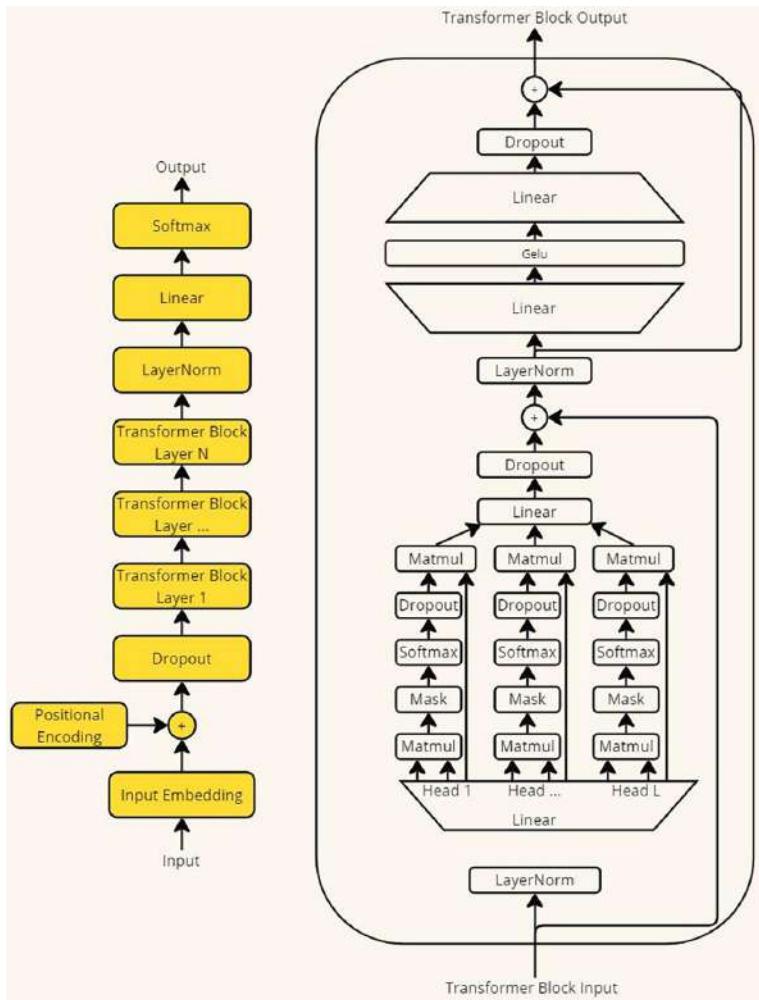


Рис. 3. Архитектура трансформера

Нейронные сети разных архитектур находят применение в различных областях обработки речи. Рассмотрим три модели – DeepSpeech (RNN), WaveNet (CNN) и BERT (трансформер) – чтобы

показать, как каждая из них решает конкретные задачи, учитывая особенности архитектуры.

DeepSpeech является одной из первых моделей для распознавания речи, разработанных на основе рекуррентных нейронных сетей (RNN). Благодаря способности рекуррентной нейронной сети учитывать временные зависимости, DeepSpeech эффективно работает с последовательными аудиоданными, «запоминая» предыдущие элементы, что важно для анализа звуковых сигналов. Модель поддерживает технологии с открытым исходным кодом, что делает ее доступной для научных исследований и коммерческих приложений. В частности, активно используется в системах автоматического распознавания речи для колл-центров и голосовых помощников, где требуется высокая точность в режиме реального времени [1].

WaveNet, представляет собой сверточную нейронную сеть, ориентированную на генерацию естественного звучания речи. В отличие от DeepSpeech, WaveNet фокусируется не на распознавании, а на синтезе и воспроизведении звуков, передавая такие тонкие нюансы, как интонации и тембр. Это делает модель особенно полезной для создания реалистичных голосовых помощников и систем синтеза речи. WaveNet используется в приложениях, таких как Google Assistant, где важно качество и естественность звучания синтезированного голоса [3].

BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), разработанный Google, представляет собой модель на базе трансформера, предназначенную для задач обработки естественного языка. Благодаря механизму внимания BERT способен учитывать контекст, анализируя связь между словами во всей фразе. Это делает его подходящим для более глубокого анализа речи, особенно в задачах, связанных с пониманием смысла и тональности высказываний [4]. BERT активно используется в задачах машинного перевода, анализа тональности и других задачах, требующих высокой точности и понимания контекста [5].

Таким образом, каждая из моделей находит применение в определенных областях, обеспечивая оптимальную производительность для своих задач. Сравнение основных характеристик и ограничений моделей представлено в таблице.

**Сравнительный анализ моделей,  
применимых для анализа речевых данных**

Модель	Тип сети	Основная область применения	Точность	Потребление ресурсов	Преимущества	Недостатки
DeepSpeech	RNN	Распознавание речи	Высокая	Среднее	Учитывает временные зависимости	Ограничения при длинных последовательностях
WaveNet	CNN	Генерация и обработка речи	Очень высокая	Высокое	Отлично работает с частотными характеристиками	Требует много ресурсов
BERT	Transformer	Люминание и преобразование речи	Очень высокая	Высокое	Гибкость и масштабируемость	Высокая сложность и затраты ресурсов

Таким образом, сравнительный анализ трех ключевых архитектур нейронных сетей – рекуррентных нейронных сетей, сверточных нейронных сетей и трансформеров – показывает, что каждая из них обладает уникальными преимуществами: RNN эффективны для обработки последовательных данных, CNN – для анализа локальных признаков в спектrogramмах, а трансформеры – для глубокого анализа контекста.

Выбор архитектуры зависит от требований задачи и доступных ресурсов. Для задач реального времени оптимальны RNN, тогда как для синтеза высококачественной речи подойдут CNN. Трансформеры же предпочтительны для задач, связанных с анализом контекста и сложных высказываний.

Перспективы развития лежат в создании гибридных моделей, объединяющих сильные стороны различных архитектур, а также в оптимизации существующих моделей для работы в условиях ограниченных ресурсов, что открывает возможности для использования нейронных сетей на мобильных устройствах.

### **Литература**

1. Гудфеллоу И., Бенджисо Й., Курвилль А. Глубокое обучение. М. : ДМК Пресс, 2018. 716 с.
2. Collobert R., Weston J., Bottou L., et al. Natural Language Processing (almost) from Scratch // Journal of Machine Learning Research. 2011. V. 12. P. 2493–2537.
3. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М. : Вильямс, 2006. 1104 с.
4. Jurafsky D., Martin J. H. Speech and Language Processing. 3rd ed. Pearson, 2021. 1024 p.
5. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. Attention Is All You Need // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. V. 30. P. 5998–6008.

**УДК 721.021.23+004.946**

*Екатерина Владимировна Морева,*

студент

*Дмитрий Сергеевич Петров,*

ст. преподаватель

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: moreva.ev2@yandex.ru,*

*gsm1990@mail.ru*

*Ekaterina Vladimirovna Moreva,*

student

*Dmitry Sergeevich Petrov,*

senior lecturer

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: moreva.ev2@yandex.ru,*

*gsm1990@mail.ru*

## **ПРИМЕНЕНИЕ PBR-ТЕКСТУР В АРХИТЕКТУРНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

### **APPLICATION OF PBR-TEXTURING IN ARCHITECTURAL VISUALISATION**

При моделировании объектов в BIM среде можно столкнуться с нехваткой инструментов для создания архитектурных элементов зданий, что может сказаться на качестве последующей визуализации. Кроме того, модель, созданная для демонстрации, должна быть оптимизирована для удобства использования. Оптимизированная модель может быть легче обработана при вычислении характеристик изображения во время рендеринга, а также к такой модели проще применить приемы создания текстур. Таким образом, в статье рассматривается применение методов полигонального моделирования для создания детализированных элементов, а также возможности применения PBR-текстур, их создание и настройка.

**Ключевые слова:** BIM, PBR-текстурирование, архитектурная визуализация, полигональное моделирование, фотorealism.

When modeling objects in an BIM environment, you may encounter a lack of tools for creating architectural elements of buildings, which may affect the quality of subsequent visualization. In addition, the model created for the demonstration should be optimized for ease of use. An optimized model can be more easily processed when calculating image characteristics during rendering, and it is also easier to apply texture creation techniques to such model. Thus, the article discusses the application of polygonal modeling methods to create detailed elements, as well as the possibilities of using PBR textures, their creation and configuration.

**Keywords:** BIM, PBR texturing, architectural visualization, polygonal modeling, photorealism.

BIM-технологии позволяют создавать не только будущие здания, но и сохранять историческое наследие архитектуры. Цифровые двойники могут быть использованы в целях реставрации, при создании виртуальных музеев, в образовательных целях. Однако создать точную копию здания со всеми декоративными элементами в специализированном BIM ПО в настоящее время не представляется возможным, поэтому появляется необходимость применения иных подходов в создании 3D-графики. Важно, чтобы дополнительные модели имели высокую степень детализации, но при этом не оказывали большого влияния на производительность устройств пользователей и не повышали сложность рендера модели в сцене с BIM-компонентами. Возникает потребность в создании оптимизированного объекта с высокой детализацией, что можно обеспечить низкополигональным моделированием с применением PBR-текстур.

PBR (physically based rendering) – наиболее распространенный подход рендеринга, следующий законам физики. В реальном мире мы видим и отличаем друг от друга материалы вследствие разного поведения отраженного от их поверхности света. PBR заимствует этот принцип. Материалы делятся на металлы и неметаллы, поверхности которых имеют разные характеристики, при этом учитываются закон сохранения энергии и закон Френеля: металлы отражают электромагнитную волну определенной длины и практически не имеют диффузной составляющей, в то время как диэлектрики отражают весь спектр падающего излучения и обладают подповерхностным рассеиванием и диффузным отражением [1]. Таким образом, при создании PBR-текстур необходимо корректно настроить материал: точное определение его характеристик дает возможность сделать текстуры универсальными и корректно использовать их в любом типе освещения.

В PBR существуют два основных способа задания характеристик материалов – *specular* и *metalness*. В настоящей работе будет использован второй подход ввиду большей автоматизации.

Текстуры представляют собой программное совмещение нескольких параметров поверхности, представленных на изображениях-картах для материала конкретного объекта. Среди данных параметров выделим основные для подхода Metal-Rough:

1. Metalness: ключевая характеристика, задающая тип материала.
2. Roughness: категория, определяющая характер блеска поверхности.
3. Normal map: задает неровности рельефа поверхности.
4. Ambient occlusion (AO): имитирует глобальное освещение на поверхности.
5. Base color / Albedo map: задает цвет излучения, которое отражается от объекта и воспринимается нами как цвет самого объекта.

Карта Normal может быть создана в любом способе задания характеристик материала, поскольку определяет характер поверхности смоделированного объекта. В ней содержится информация о направлении нормалей поверхностей полигонов объекта. Угол, образованный нормалью полигона и лучом программного источника освещения, задает степень затененности полигона (рис. 1). Таким образом, чем больше количество полигонов модели, тем выше ее детализация. Карта нормалей позволяет оптимизировать геометрию модели. Механизм основан на возможности сохранения нормалей исходного объекта. Таким образом, детализация объекта с большим количеством полигонов может быть спроецирована на объект с гораздо меньшим количеством полигонов, но имеющим схожую геометрию общей формы.

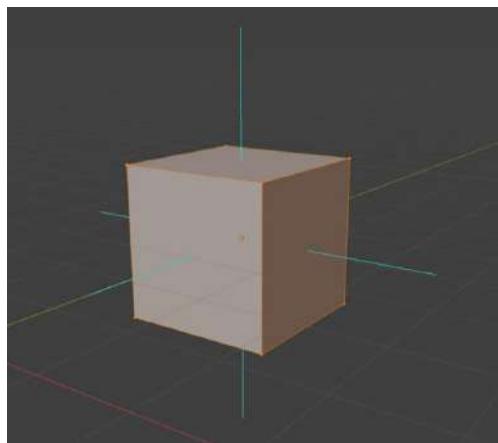


Рис. 1. Нормали объекта

Создание комплекта карт для текстуры зависит от способа создания самих текстур:

- 1) создание текстур на основе фотографий (Materialize);
- 2) создание процедурных текстур материалов, не привязанных к объекту (Substance 3D Designer);
- 3) создание процедурных и hand-paint текстур материалов, привязанных к модели, на основе UV-развертки (Substance 3D Painter).

В данной статье применен процедурный метод создания PBR-материала в Substance 3D Painter, а также методы анализа и сравнения. Для демонстрации выбран элемент фасада главного корпуса СПбГАСУ – фронтон над окном [2]:

Высокополигональная модель создана в Zbrush на основе блочного элемента, описывающего форму объекта (3dsMax). Ретопология и развертка модели были произведены в 3dsMax и RizomUV.

Создание текстур, привязанных к UV-развертке, начинается с проецирования нормалей высокодетализированного объекта на модель, полученную в ходе ретопологии. В результате проецирования создается карта нормалей объекта, карта АО, толщины и другие карты, на основе которых будут созданы PBR-текстуры. Карты и низкополигональная модель являются исходными данными для проекта текстурирования в Substance 3D Painter (рис. 2).

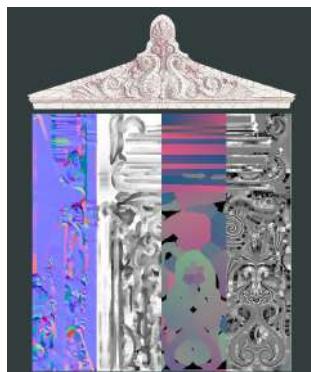


Рис. 2. Low-poly модель и набор основных текстур:  
Normal map, Ambient occlusion, Position, Cavity

Создание PBR-текстур позволяет решить следующие задачи:

1. Оптимизировать модель: как было отмечено ранее, PBR-текстуры имеют несколько составляющих, в том числе карту нормалей для передачи высокого разрешения исходной модели.

2. Создать исходный материал объекта.

3. Смоделировать изменение объекта со временем.

4. Смоделировать взаимодействие материалов.

Рассмотрим пункты 2–4 на примерах.

Создание материала гипса фронтона может быть необходимо для визуализации натурального вида здания. В данном случае, при подходе Metal-Rough, прежде всего задается значение параметра Metallic – 0. Все остальные характеристики материала задаются слоями с использованием процедурных масок и разных свойств наложения (рис. 3).



Рис. 3. Материал: гипс

Возможно также создание любого другого материала для объекта. Это может быть удобным инструментом при согласовании элемента с заказчиком – несколько визуализированных вариантов дают возможность принять согласованное решение. Данный аспект, а также разница металлов и неметаллов в программном комплексе, продемонстрирован с помощью материала золота на фронтоне, значение Metallic которого – 1 (рис. 4).



Рис. 4. Материал: золото

Кроме того, возможно использовать реалистичные текстуры для демонстрации старения материала. Оно может быть вызвано различными факторами, каждый из которых возможно отразить при помощи PBR-текстур, не прибегая к изменению геометрии модели (рис. 5).



Рис. 5. Материал: состаренный гипс

Взаимодействие материалов может быть реализовано в случае, если объект требует сложную структуру наложения материалов. Например, возможно создать имитацию покрашенного фронтона и регулировать старение и отслаивание окрашенного слоя за счет возможностей процедурных текстур (рис. 6).



Рис. 6. Материал: покрытие краской разной степени износа

Метод, продемонстрированный в данной работе, может быть использован как дополнительный инструмент архитектурной визуализации при необходимости моделирования элементов, обладающих сложной геометрией или требующих специфических материалов. Обработка высокодетализированной геометрии не всегда может быть произведена вследствие ограничения вычислительной мощности техники. Использование PBR-текстур может быть преимуществом: составленная с их использованием сцена проекта будет обрабатываться в течение нескольких минут благодаря оптимизации геометрии. В ходе практической части настоящего исследования время рендера не превышало 1 минуты. Сцена без оптимизации, напротив, может быть не просчитана в процессе рендера: нагрузка на процессор, вызванная большим количеством полигонов для обработки, может привести к значительному увеличению времени рендера (до суток), а также к невозможности его завершения. Кроме того, широкий спектр настроек и несколько вариантов создания текстур могут обеспечить создание фотoreалистичного материала под любую задачу.

Преимущества использования PBR-текстур:

- 1) возможность оптимизации модели и проекта за счет проектирования нормалей;
- 2) фотoreалистичность готовых текстур, достигающаяся благодаря физически корректному рендерингу;
- 3) возможность создания любых материалов и демонстрация их изменения: старение, окрашивание, воздействие внешних факторов.

Недостатки метода:

- 1) необходимость владения дополнительными средствами ПО, кроме имеющихся BIM-инструментов;
- 2) создание самих элементов в сторонних ПО и текстур к ним требует времени, которое необходимо учитывать при планировании проекта;
- 3) невозможность изменения экспорттированных текстур: точная настройка возможна только в файле проекта создания текстур.

Таким образом, PBR-текстуры могут быть использованы для решения нестандартных задач архитектурной визуализации.

### **Литература**

1. *Brian Yu. Physically Based Rendering Encyclopedia* [Электронный ресурс]. URL: <https://www.studocu.com/en-us/document/full-sail-university/shading-and-lighting/physically-based-rendering-encyclopedia/5962413> (дата обращения: 05.10.2024).
2. *Морева Е. В., Петров Д. С. Применение методов графики компьютерных игр для визуализации архитектурных объектов // Научный аспект. 2024. Вып. № 6. Том № 48. С. 6079–6088.*

**УДК 004.4**

*Александра Владиславовна Соколова,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: alex.sokolovva@gmail.com*

*Aleksandra Vladislavovna Sokolova,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: alex.sokolovva@gmail.com*

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА  
ДЛЯ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ И УСПЕВАЕМОСТИ  
ОБУЧАЮЩИХСЯ В РАМКАХ ПРОЕКТА РАЗВИТИЯ  
СПбГАСУ «ОТКРЫТЫЙ ЦИФРОВОЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC STUDENTS  
ATTENDANCE AND PROGRESS REGISTER WITHIN  
THE FRAMEWORK OF SPbGASU “OPEN DIGITAL  
UNIVERSITY” DEVELOPMENT PROJECT**

В условиях стремительной цифровизации в сфере образования возникает необходимость внедрения в высших учебных заведениях современных решений, способствующих автоматизации различных аспектов учебной деятельности. Автор статьи изложил необходимость и цели разработки программного модуля электронного журнала для учета посещаемости и успеваемости обучающихся в рамках проекта развития СПбГАСУ. Статья включает описание возможностей электронного журнала, в особенности возможность сбора аналитических данных, позволяющих более эффективно отслеживать ситуацию в образовательной деятельности и принимать обоснованные решения для ее оптимизации. В статье подробно рассмотрены функциональные возможности модуля, роли пользователей системы и перспективы улучшения образовательного процесса на основе получаемой статистики.

**Ключевые слова:** электронный журнал, мониторинг успеваемости, мониторинг посещаемости, образовательный процесс, высшее учебное заведение, автоматизированная информационная система.

In the context of the rapid digitalization of education, the need for modern solutions in higher education institutions is constantly growing, as these solutions contribute to the automation of various aspects of academic activities. The author of the article discusses the necessity and goals of developing a software module for an electronic register to track student attendance and academic progress within the framework of the SPbGASU development project. The article outlines the features of the electronic

register, particularly its ability to collect analytical data, which allows for more effective monitoring of the educational process and informed decision-making for its optimization. The article also thoroughly examines the module's functional capabilities, user roles within the system, and the prospects for improving the educational process based on the collected statistics.

*Keywords:* electronic register, progress monitoring, attendance monitoring, educational process, higher education institution, automated information system.

Для достижения цели цифровой трансформации в СПбГАСУ реализуется проект «Открытый цифровой университет», направленный на создание современной цифровой образовательной среды, включающей использование бизнес-аналитики и отчётности для поддержки решений, разработки и мониторинга образовательных программ, расчёта нагрузки и распределения поручений сотрудникам, автоматизацию расписания и электронного документооборота, переход от традиционных принципов организации образовательного процесса к цифровым при обеспечении качества образования и проведение технической модернизации [1]. Разработка программного модуля электронного журнала для учета посещаемости и успеваемости обучающихся является встраиваемой частью в экосистеме Личного кабинета пользователя (обучающегося, преподавателя, сотрудника) СПбГАСУ, в рамках реализации проекта развития «Открытый цифровой университет» [2].

Как отмечает в своей работе Богданов, «современное образование сталкивается с множеством проблем, включая необходимость повышения качества образовательного процесса, улучшение мониторинга успеваемости и посещаемости студентов и оптимизацию административных процедур» [3, с. 13]. Таким образом, разработка автоматизированной информационной системы становится актуальной и значимой задачей.

Подобные технологии хорошо зарекомендовали себя в учреждениях общего среднего образования (школьный электронный журнал). Одним из примеров успешного внедрения является система РИСО «Электронный журнал», разработанная в рамках регионального проекта «Цифровая образовательная среда» в г. Севастополь. Она предоставляет участникам образовательного процесса – учителям, школьникам и родителям – доступ к актуальной и достоверной информации

о результатах текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, а также о посещаемости и расписании уроков. Кроме того, система информирует о содержании образовательного процесса, описывая темы уроков и изучаемый материал и домашние задания [4].

Специфика организации образовательного процесса высшей школы усложняет внедрение единой автоматизированной системы на региональном уровне. Отсутствие общепризнанного программного обеспечения требует значительных дополнительных ресурсов и разработки гибких решений. В связи с этим во многих высших учебных заведениях проводятся работы по разработке индивидуальных проектов, учитывающих особенности их учебного процесса [5–6].

В СПбГАСУ также активно ведутся работы по созданию электронного журнала, что обусловлено необходимостью обеспечить эффективное взаимодействие между администрацией университета, профессорско-преподавательским составом и обучающимися в электронном формате в рамках организации образовательной деятельности. Реализация проекта позволит осуществить интеграцию элементов образовательных программ (нагрузка, расписание, списки групп, перечень дисциплин, аттестация) общим комплексом в систему Личного кабинета пользователя.

Целями выполнения работы по разработке программного модуля «Журнал посещаемости и успеваемости студента» является повышение эффективности управления и организации образовательной деятельности, в том числе:

- совершенствование механизмов контроля и мониторинга учебных процессов и информационного взаимодействия его участников;
- повышение качества аналитики и отчетов для поддержки и обоснования принятия решений;
- разработка критериев и системы мониторинга эффективности корректирующих действий;
- расширение возможностей взаимодействия с информационной системой дистанционного обучения (на платформе Moodle);
- предоставление деканатам доступа с возможностью получения метрик и аналитики по группам;
- автоматизация расписания учебных занятий;

- автоматизация текущей аттестации.

На данный момент, подразумевается включение в систему следующих компонентов: персональное расписание пользователя, журналы посещаемости и успеваемости, технологические карты и статистика.

В СПбГАСУ уже реализована автоматизированная система, позволяющая выполнять поиск расписания по конкретной группе, преподавателю, дисциплине и перемещаться по структуре кафедр и уровням образования в поисках группы [7] (рис. 1). После авторизации пользователя в системе становится доступным его персональное расписание. Таким образом, из расписания возможно перейти в журнал выбранной дисциплины, проводимой для соответствующей группы.

Для навигации по доступным журналам реализован интерфейс списка журналов, отсортированных по формам обучения и семестрам с возможностью фильтрации по группе, дисциплине и курсу обучения (рис. 2).

Журнал посещаемости и успеваемости представлен таблицей, в заголовках столбцов которой стоят занятия по выбранной дисциплине, а в заголовках строк – ФИО студентов группы. Преподаватель отмечает посещаемость студентов в формате «присутствовал/отсутствовал» на дату текущего занятия. Не менее важным аспектом является возможность использования журнала в мобильной версии, что было реализовано с учетом удобства интерфейса (рис. 3).

## Актуальные проблемы современного строительства

Поиск	Аудитория	Преподаватели	Структура
<b>Актуальные проблемы современного строительства</b>			
11.11.2024 16:45-18:15	Бакалавриат Магистратура Краснодарский филиал Факультета Специального образования	Аудитория Библиотека Специалисты библиотеки	Факультет специального образования и профессионального образования
6 пары 18:30-20:00	Краснодарский филиал Факультета Специального образования	2 курс 1 курс 1 курс/2 1 курс/3-4 1 курс/5-6 1 курс/7-8 1 курс/9-10 1 курс/11-12	Специалисты библиотеки
7 пары 20:15-21:45	Ректорат Представительство	Проектирование и исследование по профилью подготовки (пр.)	Неделя №11: Численность с 11.11.2024 по 17.11.2024
12.11.2024 16:45-18:15	Бакалавриат Магистратура Краснодарский филиал Факультета Специального образования	Проектирование и исследование по профилью подготовки (пр.)	Матюнина К. Л.
13.11.2024 16:45-18:15 18:30-20:00	Бакалавриат Магистратура Краснодарский филиал Факультета Специального образования	Проектирование и исследование по профилью подготовки (пр.)	Лякина П.И., Золотарева М.В., Кекина О.В., Бончарова Г.В., Шестынина И.Г., Лякина П.И., Золотарева М.В., Кекина О.В., Бончарова Г.В., Шестынина И.Г., Морозов К.Л.
<b>BT</b>			
13.11.2024 16:45-18:15	Бакалавриат Магистратура Краснодарский филиал Факультета Специального образования	Проектирование и исследование по профилью подготовки (пр.)	509/А
13.11.2024 18:30-20:00	Бакалавриат Магистратура Краснодарский филиал Факультета Специального образования	Проектирование и исследование по профилью подготовки (пр.)	605/А
<b>CP</b>			
13.11.2024 16:45-18:15	Бакалавриат Магистратура Краснодарский филиал Факультета Специального образования	Проектирование и исследование по профилью подготовки (пр.)	700/Д.

Рис. 1. Интерфейс системы расписания СПбГАСУ

Группа		Дисциплина	Курс	
Очная форма		Очно-заочная форма	Заочная форма	
Группа	Время	Осень	Весна	
ПМиС-4		ИСТБ-4	15-С6(ПГС)-2	Информационные технологии графического проектирования 2 курс
		Программирование в графических пакетах 4 курс		
12-С6(ПГС)-2		ИСТБ-4	14-С6(ПГС)-2	Информационные технологии графического проектирования 2 курс
		Информационные технологии графического проектирования 2 курс		
13-С6(ПГС)-2		ИСТБ-4	3-АБ-1	Компьютерное проектирование 1 курс
		3D-печать и основы работотехники 4 курс		
1-ДАС6-1		1-ГБ-1	3-ЛБ-1	Компьютерное проектирование 1 курс
		Компьютерное проектирование 1 курс		

Рис. 2. Интерфейс списка журналов

The screenshot shows a mobile application interface with a red header bar containing three horizontal lines, the text 'ЛК СПбГАСУ', and a square icon. Below the header, the text 'Журналы / 3-СДПГС-2' is displayed. The main content is a table titled 'Информационные технологии графического проектирования' with the subtitle '(2 курс, 3 семестр)'. The table has four columns representing dates: '29 ОКТ пр', '6 НОЯБ пр', '14 НОЯБ пр' (which is highlighted in brown), and '26 НОЯБ пр'. The rows list student names: 1 Александров А.А., 2 Андреев Л.М., 3 Васильев О.Г., 4 Васнецов И.И., 5 Викторов Т.В., 6 Кузнецов Е.Д., 7 Михайлов П.С., 8 Мишин М.А., and 9 Николаев Е.А. Each row has a green checkmark in the first three columns and either a red 'Н' or a green checkmark in the fourth column.

3-СДПГС-2	29 окт пр	6 нояб пр	14 нояб пр	26 нояб пр
1 Александров А.А.			✓	
2 Андреев Л.М.			✓	
3 Васильев О.Г.			✓	
4 Васнецов И.И.			✓	
5 Викторов Т.В.			Н	
6 Кузнецов Е.Д.			✓	
7 Михайлов П.С.			✓	
8 Мишин М.А.			Н	
9 Николаев Е.А.			Н	
—	—	—		

Рис. 3. Мобильная версия интерфейса журнала

Успеваемость студентов проставляется в дополнительных столбцах занятий посредством выбора балла/оценки/зачета в соответствующей ячейке. Преподавателю предоставляется возможность предварительно заполнить технологическую карту, выбрав нужную систему оценивания каждой работы, а также установить параметр, характеризующий успешность сдачи работы. На основании полученных зачетных единиц и количества посещений автоматически выставляются аттестации.

Одной из целей разработки системы является обеспечение прозрачности хода образовательной деятельности, поэтому помимо преподавателей, в журнале должны быть дополнительные роли. Студентам доступен просмотр журналов своей группы и статистика собственных посещений и успеваемости по дисциплинам на текущий семестр. На практике, зачастую, по просьбе преподавателя посещаемость отмечает староста группы, и, учитывая это, в электронном журнале предусмотрено назначение преподавателем ответственного с правами редактирования посещаемости на текущем занятии.

Еще одной дополнительной ролью является заведующий кафедры, в задачи которого входит мониторинг работы ее преподавателей, а в случае выпускающей кафедры – успеваемости закрепленных за ней студентов. Следовательно, пользователь данной роли имеет доступ как к своим журналам, так и к журналам преподавателей и групп для просмотра и получения статистик.

Деканату предоставляется общий взгляд на образовательный процесс: журналы и статистики преподавателей, групп и отдельно взятых студентов. Это позволит своевременно обнаружить ситуации снижения эффективности, возможно требующие вмешательства и последующих корректирующих действий. Также, в случае наличия у студента уважительной причины непосещения или неуспеваемости, деканат может внести изменения в журналы на выбранные даты в автоматизированном режиме.

Таким образом, создание электронного журнала позволит повысить эффективность управления и организации образовательного процесса в СПбГАСУ посредством мониторинга деятельности преподавателей и учета успеваемости и посещаемости студентов в режиме реального времени.

На основании аттестаций деканат сможет своевременно выявлять незаинтересованность некоторых студентов в обучении или возможную некомпетентность преподавателей. После внедрения модуля, в перспективе, полученная статистика позволит обнаружить проблемные места в структуре учебного процесса, что даст возможность принять обоснованные решения о необходимости совершенствования методических материалов, корректировки учебных планов, пересмотра

распределения учебных часов или изменения последовательности изучения дисциплин.

### **Литература**

1. Программа развития федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования СПбГАСУ на 2023–2032 годы // Развитие. 2023. С. 26–27. URL: <https://doc.spbgasu.ru/LNA/Razvitie.pdf> (дата обращения: 13.11.2024).
2. Портал СПбГАСУ. URL: <https://portal.spbgasu.ru/> (дата обращения: 02.11.2024).
3. Богданов Р. А. Разработка автоматизированной информационной системы «Электронный журнал» // Лучшая исследовательская работа 2024: сборник статей XII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 10 апреля 2024 года. Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г. Ю.), 2024. С. 13.
4. Методические рекомендации по ведению в образовательных организациях города Севастополя электронных журналов успеваемости. Севастополь, 2021. URL: <https://www.sev-iro.ru/files/29.09.2021-metodicheskie-rekomendatsii-po-vvedeniyu-v-oo-goroda-sevastopolya-elektronnykh-zhurnalov-uspevaemosti.pdf> (дата обращения: 11.11.2024).
5. Молчанов Д. А. Разработка информационной системы «Электронный журнал преподавателя» // Североэкотех – 2022: Материалы ХХIII Международной молодежной научной конференции, Ухта, 16–18 марта 2022 года. Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2022. С. 584–587.
6. Бородулин В. В., Казаков В. Е. Разработка front-end приложения «Электронный журнал преподавателя» // Материалы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, Витебск, 27 апреля 2022 года: в 2 т. Витебск : Витебский государственный технологический университет, 2022. Т. 2. С. 3–5.
7. Электронное расписание Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. URL: <https://rasp.spbgasu.ru/> (дата обращения: 13.11.2024).

**УДК 51**

*Anastasija Vladimirovna Makusheva,*

студент

*Dar'ja Igorevna Sylka,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: nastyamakysheva@gmail.com,*

*s.dazha@list.ru*

*Anastasia Vladimirovna Makysheva,*

student

*Daria Igorevna Sylka,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: nastyamakysheva@gmail.com,*

*s.dazha@list.ru*

## ИСТОРИЯ РАСХОДЯЩИХСЯ РЯДОВ

### THE HISTORY OF DIVERGENT ROWS

Проблема истории расходящихся рядов связана с тем, как математическое сообщество долгое время рассматривало концепцию бесконечных рядов и их сумм. В истории математики долгое время считалось, что расходящиеся ряды нельзя использовать для вычислений, так как их сумма не имеет смысла в традиционном понимании. Проблема расходящихся рядов стала катализатором для пересмотра фундаментальных понятий математики. Хотя классическая теория рядов утверждает, что расходящиеся ряды не имеют смысла, были разработаны новые методы, которые позволили использовать их в расчетах. Это показало, что, несмотря на парадоксальность, такие ряды могут быть инструментом решения реальных математических и физических задач.

*Ключевые слова:* суммирование рядов, теория рядов, теория расходимости, анализ, линейные операторы.

The problem of the history of divergent series is related to the way the mathematical community has long considered the concept of infinite series and their sums. In the history of mathematics, divergent series have been long seen as useless for calculations because their sum does not make sense in the traditional sense. The problem of divergent series was the catalyst for a revision of fundamental concepts of mathematics. Although classical series theory states that divergent series do not make sense, new methods were developed that allowed them to be used in calculations. This showed that, despite their paradoxical nature, such series can be a tool for solving practical mathematical and physical problems.

*Keywords:* series summation, series theory, divergence theory, analysis, linear operators.

Математический анализ, являющийся важной частью математики, активно изучает ряды – бесконечные суммы последовательностей. При изучении ряда основной задачей является вопрос о его сходимости. Однако существуют ряды, которые, при всей их математической значимости, не удовлетворяют стандартным критериям сходимости. Эти ряды называют расходящимися. История изучения расходящихся рядов полна парадоксов, инновационных идей и глубоких размышлений, сыгравших ключевую роль в развитии современной математики. Данная статья посвящена истории возникновения и развития концепции расходящихся рядов.

Расходящийся ряд – это бесконечная сумма, члены которой не стремятся к нулю при увеличении их номера, либо сумма ряда не имеет конечного предела [1].

Ряд – это выражение вида:

$$S = a_1 + a_2 + a_3 + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} a_n,$$

где  $a_n$  – члены ряда. Если сумма частичных сумм ряда стремится к конечному пределу при увеличении числа членов, то ряд называется сходящимся. Если же такой предел не существует, ряд называется расходящимся.

Первое систематическое изучение бесконечных рядов было начато математиками в эпоху Возрождения. В работах таких ученых, как Николай Орезмский (XIV век), появляются идеи, схожие с изучением рядов.

Французский математик Николай Орезмский (1323–1382) получил много результатов, исследуя ряды, и первым доказал, что гармонический ряд, то есть ряд, составленный из членов, обратных числам натурального ряда, для  $r = 1$  является расходящимся [2]. Следовательно, сумма большого числа членов стремится к бесконечности. В то время доказательства приводили в буквальном виде, описывая шаги, которые нужно сделать, но мы рассмотрим это искусное рассуждение, пользуясь более привычными символами. Орезмский определенным образом сгруппировал члены ряда, то есть у него был первый член, два следующих, четыре следующих, восемь следующих и так далее:

$$\begin{aligned}\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \dots &= \frac{1}{2} + \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \right) + \left( \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{1}{7} + \frac{1}{8} \right) + \dots = \\ &= \frac{1}{2} + \frac{7}{12} + \frac{533}{840} \dots\end{aligned}$$

Так получается ряд дробей, каждая из которых больше  $1/2$ , то есть сумму ряда можно сделать больше любого указанного числа, просто взяв достаточное число членов ряда.

Индийский математик и астроном Мадхава из Сангамаграма (1350–1425) [3] описал среди прочих бесконечных рядов ряды тригонометрических функций синуса и косинуса. Он также нашел ряд арктангенса:

$$\arctan x = x - \frac{x_3}{3} + \frac{x_5}{5} - \frac{x_7}{7} + \dots$$

Через несколько лет шотландский математик Джеймс Грегори (1638–1675) [3] первым в Европе открыл этот ряд, о нем узнал Лейбниц и воспользовался им для выведения первого ряда для приближенного вычисления числа  $\pi$ , недостатком которого было то, что он очень медленно приближается к истинному значению. Он известен как ряд Грегори – Лейбница, хотя другие авторы сегодня его называют рядом Мадхавы – Лейбница [3]:

$$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \dots + \frac{(-1)n}{2n+1} \dots$$

И Ньютона, и Лейбница также вычисляли ряды степеней других тригонометрических функций [4].

Вычисление числа было постоянным предметом поиска математиков всех времен. Это число определяется как отношение между длиной окружности и ее диаметром.

Многие пытались найти наибольшее количество десятичных знаков данного числа, и одним из использованных методов был метод числовых рядов. Он подразумевает, что по мере того, как вычисляется больше членов, появляется большее количество точных знаков после запятой.

XVII век был временем популярности сумм бесконечных рядов степеней, которые служили для поиска квадратуры фигур, ограниченных различными типами кривых, то есть площади сегмента какой-либо кривой.

В начале XIX века Огюстен-Луи Коши и Карл Вейерштрасс [4] внесли значительный вклад в строгое определение понятий сходимости и ряда. Коши [4] ввел строгие критерии сходимости, согласно которым сумма бесконечного ряда считается сходящейся, если частичные суммы ряда стремятся к определенному пределу.

Работы Коши значительно усложнили использование расходящихся рядов, так как они не соответствовали введенным строгим критериям. Однако это не означало отказ от их использования. Математики продолжали искать методы работы с такими рядами, не нарушая строгих принципов анализа.

Во второй половине XIX века некоторые математики начали разрабатывать методы, позволяющие работать с расходящимися рядами в более формальном ключе. Такие ученые, как Жан-Батист Фурье и Нильс Хенрик Абель, использовали асимптотические разложения [4], которые включали расходящиеся ряды для решения дифференциальных уравнений. Эти методы оказались особенно полезны в прикладных задачах механики и физики.

Жан-Батист Фурье [4] в начале XIX века разработал метод разложения функций в бесконечные ряды синусов и косинусов, что привело к появлению рядов Фурье. Этот метод оказался крайне важным для физики, так как позволил описывать тепловые процессы и другие волновые явления.

Применение работ Фурье в механике:

1. Механика твердых тел. Расходящиеся ряды могут быть использованы для решения уравнений движения твердых тел, особенно в задачах, связанных с малыми углами поворота или малой деформацией.

2. Электромагнитная механика. В задачах, связанных с взаимодействием механических систем и электромагнитных полей, могут возникать расходящиеся ряды при решении уравнений Максвелла в контексте механики.

3. Методы численного анализа. В численных методах могут возникать расходящиеся ряды при аппроксимации решений дифференциальных уравнений [4].

Нильс Хенрик Абель внёс значительный вклад в понимание сходимости и расходимости рядов. В XIX веке возникла необходимость в строгом математическом подходе к рядам, особенно в свете работ Эйлера. Абель разработал строгие критерии для определения сходимости ряда и ввёл методы, которые позволяли анализировать и получать результаты для расходящихся рядов с использованием различных формул и методов суммирования [5].

Применение работ Абеля в астрономии:

1. Космология. В космологии используются расходящиеся ряды для описания различных аспектов расширения Вселенной. Например, ряды могут применяться в расчетах, связанных с флуктуациями плотности материи и энергии в ранней Вселенной.

2. Астрономические наблюдения. При анализе данных, полученных от телескопов, такие как спектры звезд и галактик, могут возникать расходящиеся ряды при использовании методов разложения функций для аппроксимации сложных сигналов.

3. Светимость и расстояние. Расходящиеся ряды могут применяться для оценки светимости далеких объектов. Например, ряд может использоваться для расчета интеграла по светимости, что позволяет оценить расстояние до звезд и галактик.

4. Теория поля. В рамках квантовой теории поля, которая используется для описания элементарных частиц и их взаимодействий, часто возникают расходящиеся ряды при вычислении амплитуд рассеяния. Эти расходимости требуют применения регуляризации и renormalization techniques.

5. Гравитационные волны. При анализе гравитационных волн могут возникать расходящиеся ряды в процессе вычисления их формы и амплитуды, что требует применения специальных методов обработки данных.

Леонард Эйлер (1707–1783) был первым математиком, который активно начал использовать расходящиеся ряды в своих работах. Хотя он осознавал, что некоторые ряды не удовлетворяют классическим

критериям сходимости, это не мешало ему применять их для вычислений. Эйлер предложил методы «суммирования» таких рядов, что позволило ему получать осмысленные результаты даже в случае расходящихся рядов.

Одним из самых известных примеров является ряд, который, очевидно, расходится. Однако Эйлер предложил способ присвоить ему конечное значение через введение аналитических продолжений и других математических приемов. В некоторых случаях эти приемы приводили к удивительно правильным результатам, что вызвало интерес к таким методам.

Чезаро (Чезаре Арццели) внес значительный вклад в теорию суммирования расходящихся рядов. Его подход к решению задачи суммирования расходящихся рядов связан с введением метода, который сейчас называется суммированием Чезаро [1].

Основная идея суммирования Чезаро:

Представим, что у нас есть ряд:

$$S = a_1 + a_2 + a_3 + \dots$$

Этот ряд может быть расходящимся, то есть его сумма в обычном смысле не существует. Однако метод Чезаро предлагает альтернативный способ рассмотрения суммы ряда. Вместо того чтобы смотреть на прямую сумму ряда, мы смотрим на усредненные частичные суммы.

1. Пусть  $S = a_1 + a_2 + \dots + a_n$  – частичная сумма ряда.

2. Рассматриваем последовательность средних значений этих частичных сумм:

$$\sigma_n = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{n}$$

3. Если последовательность сходится к некоторому значению  $S_{\text{Чезаро}}$ , то говорят, что ряд суммируется по Чезаро (Cesàro summable), и его сумма равна  $S_{\text{Чезаро}}$ .

Важность метода Чезаро:

– метод суммирования Чезаро позволил исследовать и придавать значение рядам, которые ранее считались «бесполезными» из-за их расхождения;

– он открыл новые пути для работы с рядами в анализе и физике, где расходящиеся ряды встречаются часто, например, в квантовой теории и теории функций.

Таким образом, вклад Чезаро в изучение расходящихся рядов оказался фундаментальным для развития математического анализа и связанных областей.

Реализация расходящихся рядов на персональном компьютере возможна, но для этого потребуется применение специальных математических методов, так как обычное суммирование терминов расходящегося ряда не даст конечного результата. В зависимости от того, какой именно расходящийся ряд рассматривается, существуют различные подходы.

Реализация расходящихся рядов на ПК требует применения методов суммирования, которые могут дать осмысленные результаты. Выбор метода зависит от конкретного ряда и задачи.

История развития теории расходящихся рядов отражает сложный путь от первоначального скептицизма к осознанию их ценности и применимости. Изначально воспринимаемые как математически противоречивые, расходящиеся ряды вызвали много споров среди ученых. Однако со временем, благодаря трудам таких математиков, как Лейбниц, Эйлер, Коши и Соммерфельд [6], концепция расходящихся рядов получила строгое теоретическое обоснование. Они стали важным инструментом в различных областях науки, включая физику и инженерные дисциплины.

В результате расходящиеся ряды сыграли ключевую роль в развитии анализа и теоретической физики, показав, что даже кажущиеся на первый взгляд бессмысленными математические объекты могут быть полезны и обладать точными математическими свойствами при правильной интерпретации.

### **Литература**

1. Харди Г. Расходящиеся ряды // Уч. издат. № 1994. СССР. 1951. 511 с.
2. Депман И. Я. История арифметики. М., 1965. 416 с.
3. История математики. С древнейших времен до начала Нового времени // История математики; под ред. А. П. Юшкевича, в трёх томах. М. : Наука, 1970. 353 с.

4. Высшая математика для технических университетов. IV. Ряды: учебное пособие / В. Н. Задорожный, В. Ф. Зальмеж, А. Ю. Трифонов, А. В. Шаповалов. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2006. 343 с.
5. Рябикова Т. В., Уразаева Л. Ю. Решение задач математического анализа с использованием Matlab: учебно-методическое пособие. М. : Общество с ограниченной ответственностью «ФЛИНТА», 2021. 108 с.
6. Ярославцев В. П. Обобщение классических методов суммирования рядов // Математика в высшей школе. 2022. 27(4). 343 с.

**УДК 338**

Татьяна Андреевна Мальгина,  
студент

Камила Равилевна Ярмухомедова,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail:* malginatanya007@gmail.com,  
kami.yar2202@mail.ru

Tatiana Andreevna Malgina,  
student

Kamilla Ravilevna Yarmukhomedova,  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail:* malginatanya007@gmail.com,  
kami.yar2202@mail.ru

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ

### THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF DETERMINANTS

Статья посвящена истории развития теории определителей – одного из фундаментальных разделов линейной алгебры. Определители играют ключевую роль в решении систем линейных уравнений, анализе свойств матриц и других математических структур. В работе рассмотрены основные этапы становления и эволюции концепции определителей, начиная с ранних исследований до дальнейшего развития в трудах А. Т. Вандермонда, К. Г. Я. Якоби и других математиков. Особое внимание удалено ключевым открытиям и идеям, которые способствовали формализации теории, таким как правило Крамера, разложение Лапласа и другие важные результаты. Отдельно обсуждаются современные вычислительные методы, включая блочные алгоритмы и использование специализированных программных пакетов, а также прикладное значение определителей в различных областях науки – от дифференциальных уравнений и криптографии до компьютерной графики и экономики.

*Ключевые слова:* определитель, формирование теории определителей, исторические сведения, матрица, детерминант, обратная матрица.

The article is devoted to the history of the development of determinant theory, one of the fundamental branches of linear algebra. Determinants play a key role in solving systems of linear equations, analyzing the properties of matrices and other mathematical structures. The paper considers the main stages of the formation and evolution of the concept of determinants, starting from early research to further development in the works of A. T. Vandermonde, K. G. Ya. Jacobi and other mathematicians. Special attention is paid to key discoveries and ideas that contributed to the formalization of the theory, such as Kramer's rule, Laplace's decomposition, and other important results. Modern numerical methods, including block algorithms and the use of

specialized software packages, as well as the applied value of determinants in various fields of science, from differential equations and cryptography to computer graphics and economics, are discussed separately.

*Keywords:* determinant, formation of the theory of determinants, historical information, matrix, determinant, reciprocal matrix.

Определители (результатирующие величины) были открыты более чем за два столетия до появления матриц. Определитель матрицы – это произведение всех возможных её элементов, взятых по одному в каждой строке и столбце, с учётом чётности перестановки. Эта величина определяет многие свойства матрицы, в частности матрица обратима (невырождена) тогда и только тогда, когда её определитель не равен нулю. В случае, когда определитель матрицы равен нулю, матрица является необратимой (вырожденной), то есть системы строк и столбцов матрицы являются линейно зависимыми.

В 1683 году идея детерминанта появилась в Японии благодаря Секи Такакасу [1]. Его концепция детерминанта дала общие методы вычисления матриц  $2 \times 2$  с помощью процесса, который он назвал «сворачивание». С другой стороны, в то же время [2] немецкий математик Готфрид Лейбниц предложил метод, позволяющий решать системы линейных уравнений с использованием комбинаций коэффициентов. Определитель представлялся как функция, ассоциированная с квадратной матрицей, которая позволяла решать системы уравнений, проверять их совместимость и определять количество решений. Важным этапом стало открытие правила знаков для перестановок [3], что существенно упростило вычисление определителей для матриц любых порядков.

На протяжении долгого времени результаты Лейбница оставались неизвестными широкому кругу математиков. Наверное, поэтому было распространено убеждение в том, что создание теории определителей принадлежит математику Габриэлю Крамеру [4], впервые изложившему свои результаты в так и не опубликованном мемуаре «Об исчезновении неизвестных величин».

Габриэль Крамер (1704–1752) – швейцарский математик, известный своим вкладом в теорию уравнений и аналитическую геометрию.

Родился в Женеве, учился в Женевском университете, где позже стал профессором математики. Наиболее известен за разработку «метода Крамера».

Он был первым, кто систематически применил определители для решения систем линейных уравнений. Хотя идеи, связанные с определителями, возникали и раньше, именно он ввел их использование в алгебраических исследованиях для вычисления решений систем уравнений. Крамер использовал определители для того, чтобы выразить решение системы линейных уравнений в терминах коэффициентов этой системы. Это он подробно описал в 1750 г. в трактате «Введение в анализ алгебраических кривых».

В 1772 году Александр Теофил Вандермонд и Пьер-Симон Лаплас, два выдающихся математика того времени, внесли существенный вклад в развитие теории определителей. Определитель Вандермонда – это особый вид определителя, который получается, когда числа в таблице образуют геометрическую прогрессию. Он первым подметил результат перестановки двух строк (или двух столбцов) внутри определителя, из чего сделал вывод, что определитель с двумя идентичными строками (или двумя идентичными столбцами) равен нулю и предложил алгоритм для вычисления определителя, который впоследствии был расширен и обобщен Лапласом.

Лаплас ввел в важную технику разложения определителя по строке или столбцу, называемую разложением по минору, что стало фундаментальным инструментом при вычислении определителей. Это позволяет вычислять определители рекурсивно, уменьшая размер матрицы на каждом шаге.

Заметную роль в алгебраических расчетах играет «определитель Коши», он не равен нулю, таким образом, матрицы Коши являются обратимыми [5, 6].

Определитель Коши широко применяется в линейной алгебре и теории матриц, а также имеет значительное применение в различных областях математики и её приложениях. Одно из направлений применения – теория кодов и комбинаторика – при анализе структур и симметрий в комбинаторных задачах, таких как построение кодов и решеток. Также применим при анализе случайных матриц, где

исследуются статистические свойства определителей матриц, элементы которых подчиняются различным распределениям.

$$\begin{vmatrix} \frac{1}{a_1 + b_1} & \frac{1}{a_1 + b_2} & \cdots & \frac{1}{a_1 + b_n} \\ \frac{1}{a_2 + b_1} & \frac{1}{a_2 + b_2} & \cdots & \frac{1}{a_2 + b_n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{1}{a_n + b_1} & \frac{1}{a_n + b_2} & \cdots & \frac{1}{a_n + b_n} \end{vmatrix} = \frac{\prod_{1 \leq j \leq i \leq n} [(a_j - a_i) \cdot (b_j - b_i)]}{\prod_{j,i=1} (a_j + b_i)}$$

Следующей важной фигурой, внесшей ощутимый вклад в развитие теории детерминантов, стал известный немецкий математик К. Г. Я. Якоби (1804–1851) с его именованным определителем Якобианом [7]. Значение этого функционального определителя велико, особенно в области математического анализа, где с его помощью можно переходить от одной системы координат к другой, что часто приходится делать при вычислении двойных интегралов.

Именно после работ Якоби термин «детерминант» окончательно вошёл в математический лексикон.

Ещё одним важным детерминантом, который находит своё применение как в алгебре, так в математическом анализе, является «определитель Грама» («грамиан»).

Элементами определителя Грама являются скалярные произведения, причем они могут иметь различную природу. Например, это попарные скалярные произведения системы векторов  $e_1, e_2, \dots, e_n$ ,  $n$ -мерного евклидова пространства, кроме того, это могут быть попарно скалярные произведения семейства функций  $f_1, f_2, \dots, f_n$  какого-либо функционального пространства.

В таком случае определитель Грама выглядит так:

$$G = \begin{vmatrix} (e_1, e_1) & (e_1, e_2) & \dots & (e_1, e_n) \\ (e_2, e_1) & (e_2, e_2) & \dots & (e_2, e_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (e_n, e_1) & (e_n, e_2) & \dots & (e_n, e_n) \end{vmatrix},$$

где  $(e_i, e_j)$  – скалярное произведение векторов  $e_i$  и  $e_j$ .

Определитель Грама не бывает отрицательным, для системы линейно независимых векторов он положителен, а для линейно зависимых – равен нулю.

Вклад в развитие теории определителей внесли и российские академики, такие как Ляпунов А. М., Александров П. С., Каган В. Ф., Ващенко-Захарченко М. Е., Парфентьев Н. Н. Некоторые ученые работали над этим в рамках в Санкт – Петербургского государственного университета, например Костяков А. Г., Виноградов И. Н., Бурбаки А. А.

Михаил Ващенко-Захарченко (1825–1912) был одним из первых русских математиков, которые внесли существенный вклад в развитие теории определителей. Он работал над упрощением методов вычисления определителей, в частности, ввел новую форму записи определителей, которая сделала их более удобными для практического использования. Стандартное разложение определителя по строке или столбцу, которое мы сейчас знаем, использовалось и до него, однако Ващенко-Захарченко предложил конкретные приемы для упрощения вычислений.

Для матрицы  $A$  порядка  $n \times n$  определитель  $\det(A)$  можно разложить по элементам любой строки или столбца, например по первой строке:

$$\det(A) = \sum_{i=1}^n (-1)^{1+i} a_{1i} \det(A),$$

где  $a_{1i}$  – элементы первой строки, а  $A_{1i}$  – это минор матрицы, полученный из  $A$  удалением первой строки и  $i$ -го столбца.

Ващенко-Захарченко также содействовал распространению и более глубокому пониманию тождества Лапласа, которое связывает определители матриц меньшего порядка (миноров) с определителем

исходной матрицы. Это тождество облегчает вычисление определителей для больших матриц:

$$\det(A) = \sum_{j=1}^n a_{ij} C_{ij},$$

где  $C_{ij}$  – алгебраическое дополнение, равное:

$$C_{ij} = (-1)^{i+j} \det(A_{ij}),$$

где  $A_{ij}$  – минор, полученный из матрицы А удалением  $i$ -й строки и  $j$ -ого столбца.

Так, он оказал влияние на развитие техники работы с определителями и алгебраическими системами. Его работы упростили вычисления, что сделало использование определителей более удобным для применения в линейной алгебре, геометрии и других областях математики.

Вслед за Михаилов Егоровичем, Ляпунов А. М. также внёс вклад в алгебру и, косвенно, в теорию определителей, поскольку его работы включали использование матричных методов и определителей в задачах устойчивости и динамических систем.

Каган Вениамин Федорович (1869–1953) занимался развитием геометрии, однако его исследования касались также теории матриц и определителей. Он способствовал применению определителей в дифференциальной геометрии и других областях, связанных с пространственными трансформациями. Он исследовал вопросы инвариантности определителей при различных преобразованиях, что важно для изучения симметрий и инвариантов геометрических объектов.

Парфентьев Николай Николаевич (1881–1971) не был исключительно известен своими работами по теории определителей, его вклад в использование матричных методов и определителей в различных областях математики и физики был заметным. При решении систем линейных уравнений Парфентьев использовал определители для нахождения решений. Один из важных методов, который он применял и разрабатывал, основывался на формуле Крамера — стандартном методе решения систем линейных уравнений с использованием определителей.

Формула Крамера для решения системы уравнений вида:

$$A \cdot x = b,$$

где  $A$  – квадратная матрица коэффициентов,  $x$  – вектор неизвестных,  $b$  – вектор свободных членов, дает решение через определители:

$$x_i = \frac{\det(A_i)}{\det(A)},$$

где  $A_i$  – матрица, полученная заменой – ого столбца матрицы  $A$  на вектор  $b$ .

Этот метод использует определители матриц, что делало теорию определителей важной частью решений подобных систем.

Таким образом, вклад Николая Николаевича Парфентьева в теорию определителей заключался в активном применении и развитии методов линейной алгебры, включая использование матриц и определителей в различных прикладных задачах механики и физики.

Помимо вышеперечисленных, в этой области работал Андрей Александрович Бурбаки – это собирательный псевдоним группы французских математиков, созданный в 1930-х годах. Хотя сам Бурбаки как человек не существует, «он» оказал значительное влияние на развитие многих областей математики, включая линейную алгебру и теорию определителей.

Бурбаки внёс значительный вклад в систематизацию и формализацию этой теории в рамках аксиоматического подхода, что стало характерным для его математического стиля. Они предложили единые и строгие методы изложения различных разделов математики, включая теорию определителей, что позволило строить более строгие доказательства и понимать взаимосвязи между различными разделами науки.

Следующий выдающийся советский математик, который внёс значительный вклад в развитие теории матриц и определителей – Андрей Григорьевич Костяков (1907–1982).

Костяков занимался изучением свойств и вычислением определителей матриц различных типов, включая симметричные, кососимметричные и блочные матрицы. Одним из важных направлений его работы стало обобщение классических методов вычисления определителей

и создание новых алгоритмов, позволяющих упростить и ускорить процесс вычисления для матриц большого размера.

Одной из значимых областей его исследований стали блочные матрицы – это матрицы, состоящие из меньших матриц, сгруппированных в блоки. Для блочных матриц Костяков разработал и применял специальные формулы для вычисления их определителей, используя свойства блоков. Например, для блочной матрицы вида:

$$A = \begin{bmatrix} B & C \\ D & E \end{bmatrix},$$

где  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $E$  – это подматрицы, если  $B$  и  $E$  квадратные и невырожденные, то определитель  $A$  можно вычислить по формуле:

$$|A| = \begin{vmatrix} B & C \\ D & E \end{vmatrix} = |B| |E - DB^{-1}C| = |E| |B - CE^{-1}D|.$$

Эта формула используется для упрощения вычислений в случаях, когда матрица может быть разложена на блоки.

Работы А. Г. Костякова по теории определителей и матриц имеют большое значение для алгебры и численных методов. Его исследования позволили усовершенствовать существующие методы вычисления определителей и найти эффективные алгоритмы для решения практических задач, связанных с большими матрицами, что нашло применение в различных областях математики, физики и инженерии.

В современных расчетах определителя, особенно при наличии больших данных и матриц, стал популярен способ поиска определителя блочным методом [8].

Разбивая большую матрицу на блоки, мы получаем подзадачи с меньшим количеством элементов, что значительно ускоряет процесс вычисления определителя. Это особенно важно для современных задач, где часто приходится работать с огромными матрицами, возникающими в машинном обучении, анализе больших данных, моделировании физических систем и т. д.

Блочная матрица – вид квадратной матрицы, каждый элемент которой является квадратной подматрицей меньшей, кратной размерно-

сти. Некоторые из таких матриц велики, что осложняет вычисление их определителей. Но процесс можно облегчить путем разбиения матриц на несколько блоков.

Определитель блочных матриц можно вычислять, используя свойства определителей и блоков матрицы.

Например, существует матрица

$$F = \begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix},$$

элементы каждого из которых выглядят как:

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \end{vmatrix} \quad B = \begin{vmatrix} a_{15} & a_{16} \\ a_{25} & a_{26} \end{vmatrix}$$

$$C = \begin{vmatrix} a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} \end{vmatrix} \quad D = \begin{vmatrix} a_{35} & a_{36} \\ a_{45} & a_{46} \\ a_{55} & a_{56} \\ a_{65} & a_{66} \end{vmatrix}.$$

Следовательно, матрица F имеет вид:

$$F = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & a_{36} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} & a_{46} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & a_{66} \end{vmatrix}.$$

Таким образом, обычные правила умножения матриц выполняются, даже если блочные матрицы не являются квадратными. Это существует при условии, что размеры блоков соответствуют.

В целом популярность блочного метода вычисления определителя обусловлена его эффективностью, простотой реализации, гибкостью

и широкой применимостью. Примером вычисления определителя, используя блоки, может послужить следующая матрица A:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 7 \\ 1 & 5 & 6 & 2 \\ 3 & 3 & 4 & 5 \\ 3 & 3 & 6 & 7 \end{pmatrix}.$$

Данную матрицу можно представить в блочном виде:

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix},$$

где каждый элемент – это блоки, размерностью  $2 \times 2$ :

$$A_{11} = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 5 \end{pmatrix}, A_{12} = \begin{pmatrix} 2 & 7 \\ 6 & 2 \end{pmatrix}, A_{21} = \begin{pmatrix} 3 & 3 \\ 3 & 3 \end{pmatrix}, A_{22} = \begin{pmatrix} 4 & 5 \\ 6 & 7 \end{pmatrix}.$$

Теперь применим блочный метод для вычисления определителя этой матрицы. Этот метод заключается в использовании следующей формулы для блочной матрицы, если  $A_{21} = 0$ :

$$\det(A) = \det(A_{11}) \cdot \det(A_{22}).$$

Но поскольку  $A_{21} \neq 0$ , мы используем более общую формулу, которая включает нахождение обратной матрицы для одного из блоков:

$$\det(A) = \det(A_{11}) \cdot \det(A_{22} - A_{21} \cdot A_{11}^{-1} \cdot A_{12}).$$

Найдем определитель матрицы  $A_{11}$ :

$$\det(A_{11}) = 1 \cdot 5 - 1 \cdot 2 = 3.$$

Найдем обратную матрицу  $A_{11}^{-1}$ .

Для матрицы  $2 \times 2 A_{11}$  её обратная матрица вычисляется по формуле:

$$\det(A_{11}^{-1}) = \frac{1}{\det(A)} \cdot \begin{pmatrix} d & -b \\ -c & a \end{pmatrix}.$$

Подставляем:

$$A_{11}^{-1} = \frac{1}{3} \cdot \begin{pmatrix} 5 & -2 \\ -1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{5}{3} & -\frac{2}{3} \\ -\frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{pmatrix}.$$

Найдем произведение  $A_{21} \cdot A_{11}^{-1}$ :

$$A_{21} = \begin{pmatrix} 3 & 3 \\ 3 & 3 \end{pmatrix}, A_{11}^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{5}{3} & -\frac{2}{3} \\ -\frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{pmatrix}.$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} A_{21} \cdot A_{11}^{-1} &= \begin{pmatrix} 3 & 3 \\ 3 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \frac{5}{3} & -\frac{2}{3} \\ -\frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 3 \cdot \frac{5}{3} + 3 \cdot -\frac{1}{3} & 3 \cdot -\frac{2}{3} + 3 \cdot \frac{1}{3} \\ 3 \cdot \frac{5}{3} + 3 \cdot -\frac{1}{3} & 3 \cdot -\frac{2}{3} + 3 \cdot \frac{1}{3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & -1 \\ 4 & -1 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Теперь найдем  $A_{22} - A_{21} \cdot A_{11}^{-1} \cdot A_{12}$ :

$$\begin{aligned} A_{21} \cdot A_{11}^{-1} \cdot A_{12} &= \begin{pmatrix} 4 & -1 \\ 4 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 2 & 7 \\ 6 & 2 \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 4 \cdot 2 + (-1) \cdot 6 & 4 \cdot 7 + (-1) \cdot 2 \\ 4 \cdot 2 + (-1) \cdot 6 & 4 \cdot 7 + (-1) \cdot 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 26 \\ 2 & 26 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Теперь вычтем их:

$$\begin{aligned} A_{22} - A_{21} \cdot A_{11}^{-1} \cdot A_{12} &= \begin{pmatrix} 4 & 5 \\ 6 & 7 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 2 & 26 \\ 2 & 26 \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 4-2 & 5-26 \\ 6-2 & 7-26 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & -21 \\ 4 & -19 \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Теперь найдем определитель матрицы  $A_{22} - A_{21} \cdot A_{11}^{-1} \cdot A_{12}$ :

$$\det \begin{pmatrix} 2 & -21 \\ 4 & -19 \end{pmatrix} = 2 \cdot (-19) - (-21) \cdot 4 = 46.$$

Таким образом, определитель исходной матрицы  $4 \times 4$ :

$$\det(A) = \det(A_{11}) \cdot \det(A_{22} - A_{21} \cdot A_{11}^{-1} \cdot A_{12}) = 3 \cdot 46 = 138.$$

Но, выбор оптимального метода зависит от конкретной задачи и характеристик матрицы. Блочный метод не всегда является идеальным решением, иногда для некоторых типов матриц могут быть более эффективные методы. Если блоки имеют сложную структуру (например, содержат много ненулевых элементов) или матрица имеет «неудобное» разбиение на блоки, то операции с блоками могут быть очень трудоемкими. В таких случаях более эффективным может оказаться другой метод, например метод Гаусса.

Учитывая современные технологии, определитель матрицы можно найти в пакетах разных программ.

В реальных задачах с большими матрицами рекомендуется использовать специализированные пакеты (например, NumPy в Python) для ускорения вычислений.

Пример вычисления определителя в Python (NumPy) может выглядеть так:

Существует матрица А размером  $3 \times 3$ :  
>>> A = np.matrix(' -5 -1 3; 11 5 -1; 5 3 2')  
>>> print(A)  
[[ -5 -1 3]  
 [11 5 -1]  
 [ 5 3 2]]

Для вычисления определителя этой матрицы можно воспользоваться функцией `det()` из пакета `linalg`.

```
>>> np.linalg.det(A)
-14.000000000000009
```

Поиск определителя сводится к одной строке кода, что делает процесс крайне простым. Он использует высокооптимизированные алгоритмы на языке С, что обеспечивает высокую скорость вычислений, особенно для больших матриц. Модуль `linalg.det()` работает с матрицами различной размерности и типов данных.

Кроме того, определитель можно найти с использованием SCILAB, WolframAlpha и WPS Office.

Scilab – это программа для численных вычислений, специально предназначена для работы с большими объемами данных и вычислений. Она использует эффективные алгоритмы, такие как разложение LU или разложение на блочные матрицы, что позволяет вычислять определители матриц больших порядков, у него нет ограничения.

WolframAlpha и WPS Office ориентированы на более простые и быстро выполняемые вычисления. WolframAlpha – это облачная система, где существуют ограничения на время выполнения вычислений, так как каждый запрос требует серверных ресурсов, поэтому с ее помощью можно вычислить определитель матрицы только до 7 порядка. В WPS Office для предотвращения ошибок округления или потери точности введены ограничения на размер матрицы до 10 порядка. Так, для поиска определителя в матрицах выше 7 порядка рекомендуется использовать пакеты специализированных математических программ, такие как Scilab или NumPy в Python.

Также вычислить определитель можно в MATLAB. MATLAB – широко известный востребованный математический пакет, де-факто основной инструмент для проведения инженерных расчётов [9].

Пример вычисления определителя в MATLAB может выглядеть так:

```
A = [2 1 3 0 1; 4 0 1 2 3; 1 2 1 0 2; 3 1 0 4 1; 0 3 2 1 5];
detA = det(A);
disp(detA); detA = 105.
```

В данном пакете нет жесткого ограничения на максимальный порядок определителя матрицы, который можно вычислить. Он использует

эффективные алгоритмы для вычисления определителя, но для очень больших матриц время вычисления может быть значительным. При работе с очень большими матрицами, например, миллионы строк и столбцов, может быть необходимо использовать распределенные вычисления или специализированные библиотеки, чтобы разбить задачу на несколько частей. Так, на обычном компьютере можно вычислить определитель матрицы порядка 1000–2000, но для матрицы порядка 10000 и более может потребоваться значительно больше времени и памяти.

В заключение можно отметить, что в настоящее время определители (детерминанты) применяются в различных отраслях науки, например в дифференциальных уравнениях и динамических системах, компьютерной графике и робототехнике, физике, криптографии и экономике. Они играют важную роль во множестве прикладных задач в различных научных и инженерных дисциплинах.

### **Литература**

1. Юшкевич А. П. История математики с древнейших времен до начала XIX столетия. М. : Изд-во наука, 1972. Т. 3. 495 с.
2. Лейбниц Г. В. Избранные отрывки из математических сочинений / сост. и пер. А. П. Юшкевич // Успехи математических наук. 1948. Т. 3. Вып. 1(23). С. 197–198.
3. Muir T. The Theory of Determinants in the Historical Order of Development. London, 1890. Vol. 1: The period 1841–1860. 475 p.
4. Cramer G. La teoria dei determinanti le sue principali applicazioni [Электронный ресурс]. URL: <https://books.google.ru> (дата обращения: 18.09.2024).
5. Cauchy A. L. Sur les fonctions qui ne peuvent obtenir que deux valeurs égales et de signes contraires par suite des transpositions opérées entre les variables qu'elles renferment // J. Ec. Polyteh. 1815. V. 10. Cah. 17.
6. Ананьева М. С. Развитие теории детерминантов до середины XIX века: автореф. ... канд. физ.-мат. наук. Пермь : ПГПУ, 2003. 20 с.
7. Jacobi K. G. J. De formatione et proprietatibus determinantum // J. für reine und angew. Math. 1841. Bd. 22.
8. Sylvester J. R. Determinants of Block Matrices // Math. Gaz. 2000. № 84(501). P. 460–467. doi:10.2307/3620776. JSTOR 3620776.
9. Рябикова Т. В., Уразаева Л. Ю. Решение задач математического анализа с использованием Matlab: учебно-методическое пособие. М. : Общество с ограниченной ответственностью «ФЛИНТА», 2021. 108 с.

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

---

**УДК 621.878.23**

*Денис Александрович Анисимов,  
аспирант*

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: den\_anisimov\_2001@mail.ru*

*Denis Aleksandrovich Anisimov,  
postgraduate student*

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: den\_anisimov\_2001@mail.ru*

## **АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗА ХОДОВЫХ МОДУЛЕЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН**

### **ANALYZING CAUSES OF FAILURE OF RUNNING MODULES AND EQUIPMENT OF EARTHMOVING MACHINES**

В наше время количество строительной техники растет, соответственно, появляется множество проблем по уменьшению срока ремонта, увеличению производительности и долговечности машины. Отказ ходовых модулей является одной из ключевых проблем в сфере эксплуатации тяжелой техники. Данные модули играют важную роль в обеспечении мобильности и стабильности машин в различных условиях работы. Понимание причин отказов систем позволяет не только повысить надежность техники, но и снизить затраты на обслуживание.

В статье будет проведен анализ основных факторов, приводящих к поломкам ходовых и гусеничных модулей, а также рассмотрены методы диагностики и предотвращения отказов.

*Ключевые слова:* ходовые системы, износ, бульдозер, экскаватор, землеройная техника, спецтехника.

Nowadays, the number of construction machinery is increasing, so there are many problems in reducing repair time, increasing productivity and durability of machines. Failure of undercarriage modules is one of the key problems in the operation of heavy machinery. These modules play an important role in ensuring mobility and stability of machines in various operating conditions. Understanding the causes of system failures can not only improve machine reliability, but also reduce maintenance costs.

The article will analyze the main factors leading to failures of running and crawler modules, as well as discuss methods of diagnostics and prevention of failures.

*Keywords:* running systems, wear, bulldozer, excavator, earthmoving machinery, special machinery.

В настоящее время большую часть расходов на содержание гусеничной техники в период эксплуатации составляет ходовая часть (рис. 1).

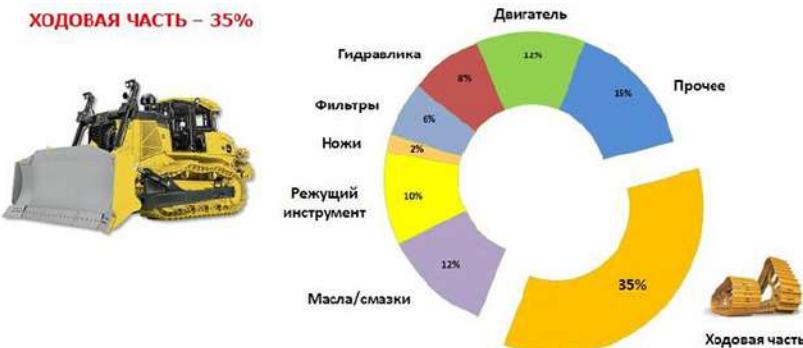


Рис. 1. Диаграмма расходов на обслуживание гусеничной техники

Износ представляет собой непрерывный естественный процесс, характеризующийся изменением размеров, формы, массы или состояния поверхностей компонентов ходовой части вследствие разрушения (изнашивания) во время эксплуатации машины под воздействием многих факторов, основным из которых является трение. Также важную роль играет качество обслуживания и эксплуатации.

Основные факторы, влияющие на износ компонентов ходовой части:

- контакт – между компонентами ходовой;
- нагрузка – на компоненты ходовой при работе машины (тяговое усилие, вес машины и пр.);
- движение (трение) – компонентов ходовой относительно друг друга;
- наличие абразива – почва, песок и пр., с которыми взаимодействуют компоненты ходовой при работе.

Износы можно классифицировать, как естественные и неестественные. Естественный износ возникает при соприкосновении одного элемента с другими, под действием силы трения, происходит истира-

ние элементов и деформация. Попадание грунта в систему увеличивает естественный износ элементов.

Неестественным износом называют износы, которые в большой степени зависят от людей, эксплуатирующих машину или проводящих обслуживание техники.

*Причины естественного износа:*

1. Условия работы.
2. Виды работы.
3. Влияние взаимодействий элементов между собой.

*Причины неестественного износа:*

1. Неправильная установка элемента.
2. Неправильная эксплуатация машины (повороты в одну сторону, движение задним ходом и т. д.).
3. Неправильный подбор элементов к ходовой системе.
4. Несвоевременная замена элемента в системе.
5. Нарушение условий хранения техники.
6. Нарушение графика осмотра техники.

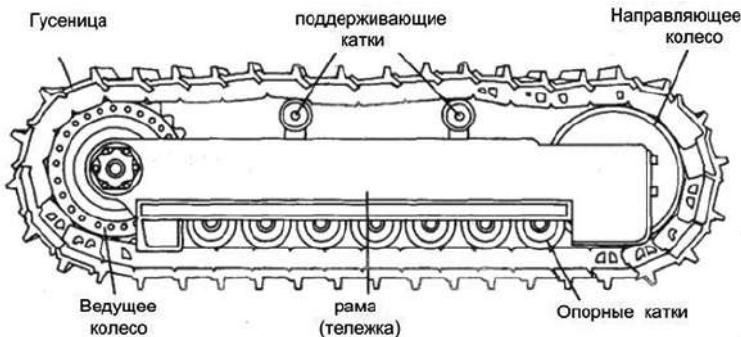


Рис. 2. Основные компоненты ходовой части

Абсолютно все элементы ходовой системы (рис. 2) подвержены износам, как естественным, так и неестественным.

К причинам неестественного износа можно отнести эксплуатацию техники на склонах. Естественно, рельеф местности, где проводятся землеройные работы может быть различен, но долгая работа

бульдозера вдоль склона сильно ускоряет износ ходовых частей, а именно фланцев катков и направляющих колес, втулок гусеничной цепи и внешней стороны звеньев цепи и башмаков.

К причинам неестественного износа можно так же отнести неправильную установку элементов. Частым примером является неправильная установка гусеничной цепи, что влечет за собой увеличенный износ ведущего колеса и цепи ходовой системы.

Еще одна из причин неестественного износа – это неправильный подбор элементов к ходовой системе.

Пример: Неправильный подбор башмаков к цепи.

- Повышенный износ втулок гусеничной цепи и ведущих колес: из-за увеличения массы машины и возникновения дополнительных нагрузок на гусеницы при поворотах, особенно на неровном грунте.

- Ослабление запрессовки пальцев и втулок цепи, а также крепежных деталей башмака: из-за увеличения ударных нагрузок на гусеницы, особенно на пересеченной местности.

- Сокращение срока службы гусеничных цепей: из-за использования широких башмаков увеличиваются изгибающие нагрузки на пальцы и втулки цепи, что приводит к «открытию» запрессованных шарниров. А это влечет за собой потерю смазки и повышенному внутреннему износу шарниров гусеничной цепи.

- Повреждение башмаков: из-за возникновения дополнительных нагрузок при поворотах, а также изгибающих нагрузок, особенно на неровном грунте.

На данный момент существует множество причин, которые влияют на износ ходовых систем, что приводит к частым выходам из строя техники, что ведет за собой дорогостоящий ремонт и простой техники.

### **Литература**

1. Котиев Г. О., Дьяков А. С. Метод разработки ходовых систем высокоподвижных безэкипажных наземных транспортных средств // Известия Южного федерального университета. 2016. Т. 174. № 1. С. 186–196.

2. Дьяков А. С. Научные методы проектирования ходовых систем наземных безэкипажных автономных платформ под монтаж вооружения // Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды XXI Всероссийской научно-практической конференции РАРАН [3–6 апреля 2018 г.]. М. : СПб., 2018. С. 159–166.

3. Клубничкин Е. Е. Повышение долговечности ходовой системы гусеничной лесозаготовительной машины: дис. канд. ... техн. наук: 05.21.01. М., 2008. 227 с.
4. Ксеневич И. П., Гоберман В. А., Гоберман Л. А. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия. М. : Машиностроение, 2003. Т. 3. 788 с.
5. Клубничкин Е. Е. Ходовые системы гусеничных лесозаготовительных машин. М. : Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 2010. 250 с.

**УДК 629.3**

*Георгий Николаевич Белик,*

*аспирант*

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: georgiybelik@mail.ru*

*Georgiy Nikolaevich Belik,*

*postgraduate student*

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: georgiybelik@mail.ru*

## **РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ НАДЕЖНОСТЬНО- ОРИЕНТИРОВАННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

### **DEVELOPMENT OF NEW THEORETICAL PROVISIONS OF RELIABILITY-ORIENTED OPERATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES**

В статье рассматривается специфика формирования надежностно-ориентированной системы технической эксплуатации транспортно-технологических машин. Проанализированы процессы, составляющие основу надежностно-ориентированной системы. В результате изучения определены процессы, требующие доработки. Рассмотрены причины снижения надежности транспортно-технологических машин с возрастом. Оценено проведение технического обслуживания и ремонта с учетом роста количества мероприятий или оптимизации периодичности плановой замены узлов. Определены положения для доработки модели надежностно-ориентированной эксплуатации транспортно-технологических машин для условий Арктики.

*Ключевые слова:* надежностно-ориентированная система, транспортно-технологические машины, Арктика, отказы, техническое обслуживание и ремонт, ущерб, элементы машин, лимитирующие их надежность.

The article considers the specifics of the formation of a reliability-oriented system of technical operation of transport and technological machines. The processes that form the basis of a reliability-oriented system are analyzed. As a result of the study, the processes that require improvement have been identified. The reasons for the decrease in reliability of transport and technological machines with age are considered. The performance of maintenance and repair was evaluated considering the increase in the number of activities or optimization of the frequency of scheduled replacement of nodes. The provisions for finalizing the model of reliability-oriented operation of transport and technological machines for Arctic conditions are defined.

*Keywords:* reliability-oriented system, transport and technological machines, Arctic, failures, maintenance and repair, damage, elements of machines that limit their reliability.

Эффективное промышленное освоение и развитие богатейших районов Арктики возможно на основе широкого использования транспортно-технологических машин (ТТМ), надежно работающих в специфических климатических условиях. Надежность является самым востребованным потребительским свойством ТТМ строительства, определяет их эффективность и безопасность [1].

Обеспечению надежности технических систем, в том числе ТТМ, посвящены исследования ряда ученых [2; 3; 4], разработка ГОСТов по надежности [5; 6] и качеству [7], создание системы сертификации продукции и услуг [8; 9].

Целью проведенного исследования является разработка новых теоретических положений надежностно-ориентированной эксплуатации ТТМ.

Под спецификой формирования надёжностно-ориентированной системы технической эксплуатации транспортно-технологических машин понимается влияние сложных климатических условий Арктики на показатели надежности и эффективность применения ТТМ.

В рамках проведенного исследования были проанализированы процессы, составляющие основу надежностно-ориентированной эксплуатации. На основании выполненной детализации данных процессов с учетом арктического климата была намечена доработка ряда процессов и моделей (см. табл.).

#### **План доработки процессов и моделей**

Процессы	Модели
Учет влияния внезапных отказов (ВО) на эффективность работы машин	Модель влияния внезапных отказов на эффективность работы машин
Разработка мероприятий по сокращению времени простоя при неплановом ремонте (НР)	Методика обеспечения эффективной работы машин на строительных объектах

*Продолжение таблицы*

Процессы	Модели
Корректировка периодичности замен узлов, лимитирующих надежность	Модель корректировки периодичности замен узлов, лимитирующих надежность и влияние внезапных отказов на эффективность функционирования машины

Требуемый уровень надежности определяется такой его величиной, при которой сохраняется эффективность применения машины, – именно в этом и заключается надежностно-ориентированный подход к обеспечению работоспособности машин.

Для разработки метода оценки требуемого уровня показателей надежности строительных транспортно-технологических машин, эксплуатируемых в условиях Арктики, были рассмотрены: динамика показателей надежности машин в функции срока службы; динамика затрат на эксплуатацию машин; ущерб; затраты на восстановление работоспособности машины; влияние ущерба на оптимальный срок службы машин.

С возрастом надежность ТТМ снижается, что проявляется в ряде известных признаков старения машин, из которых по наибольшему влиянию на затраты и ущерб были выделены следующие:

- повышается количество внезапных отказов, вследствие которых срывается производственный процесс;
- устранение последствий внезапных отказов приводит к дополнительным затратам на уменьшение ущерба;
- по мере старения машин растут затраты на их эксплуатацию;
- снижение надежности машин описывается рядом показателей, причем один из наиболее важных – коэффициент готовности ( $K_g$ ) характеризует продолжительность простоев техники в неплановых ремонтах, возникающих вследствие внезапных отказов.

Установлено [4], что снижение коэффициента готовности в зависимости от срока службы  $t$  транспортно-технологических машин опи-

сывается экспоненциальным уравнением с показателем  $\beta t$  (показатель снижения годовой наработки машин), равным 0,01...0,06:

$$\text{Кг}(t) = \exp(-\beta_t \cdot t). \quad (1)$$

Время пребывания машины в работоспособном состоянии изменяется пропорционально Кг:

$$T_{\text{pp}}(t) = T_{\text{pp}}(0) \cdot \text{Кг}(t), \quad (2)$$

где  $T_{\text{pp}}(0)$  – годовая наработка новой машины (с нулевым сроком службы).

Время простоев в НР (время пребывания в неработоспособном состоянии по причине внезапных отказов) составит

$$T_{\text{рнн}}(t) = T_{\text{pp}}(0) - T_{\text{pp}}(t). \quad (3)$$

Количество серьезных внезапных отказов, при которых для восстановления работоспособности машины требуется прибытие передвижной мастерской на объект или транспортирование отказавшей машины на базу для ремонта, рассчитывается по наработке на отказ  $T_{\text{от}}(t)$ , зависящей от условий применения и вида самой машины:

$$T_{\text{от}}(t) = T_{\text{от}}(1) \cdot \exp(-\beta_{\text{от}} \cdot t), \quad (4)$$

где  $T_{\text{от}}(1)$  – среднестатистическая наработка на отказ в первый год эксплуатации машин данного вида в определенных условиях, час;  $\beta_{\text{от}}$  – среднестатистический показатель снижения наработки на отказ с возрастом машин.

Тогда количество неплановых ремонтов, вызванных внезапными отказами, составит

$$\text{НР}(t) = T_{\text{рнн}}(t) / T_{\text{от}}(t). \quad (5)$$

Планирование мероприятий ТОиР рассматривается нами в двух аспектах:

- расчет количества мероприятий ТОиР с учетом влияния суровых условий Арктики, а именно, с учетом сокращения интервала

времени между плановыми воздействиями, увеличения трудоемкости, повышения интенсивности снижения уровня надежности;

- оптимизация периодичности плановой замены узлов по заданному уровню надежности с учетом величины возможного ущерба от внезапных отказов. Причем минимальное значение заданного уровня надежности рассчитывается по минимуму уровня рентабельности, рассматриваемого в качестве экономического показателя эффективности.

Методика планирования мероприятий ТОиР, определяемая сроком службы машин, применима и для строительных ТТМ, с учетом отличий величин ряда параметров для арктических условий, это повышение показателя интенсивности снижения надежности; снижение периодичности плановых мероприятий на 20 % и повышение трудоемкости операций ТОиР (до 40 %). Результатом является возрастание простоев в неплановых ремонтах, направленных на устранение последствий внезапных отказов, следовательно, увеличение и ущерба от простоев в них. Поэтому требуемый уровень показателей надежности (применяется коэффициент готовности Кг) и будет определять величину времени простоев в НР. В этом и есть сущность надежностно-ориентированного планирования мероприятий ТОиР.

Понятие ущерба является одним из ключевых в теории надежности машин, является экономическим критерием надежности [4]. Уровень рентабельности  $R$  определяется через отношение прибыли  $\Pi$ , как результата деятельности, к затратам  $Z$  на ее осуществление. Суммирование затрат с экономическим ущербом  $Y$  от внезапных отказов, нарушающих эту деятельность, образует математическую модель влияния ВО на эффективность:

$$R(t) = \Pi(t) / [Z(t) + Y(t)]. \quad (6)$$

В скобках указана зависимость всех величин от  $t$  – срока службы машин, через которую и проявляется влияние надежности машин на эффективность.

В планирование ТОиР входит перечень мероприятий, одним из которых является обоснование периодичности ремонта или замены отдельных элементов машин. Критерий обоснования – минимизация

вероятности отказов в межремонтный период, который в условиях Арктики может длиться более полугода. Поэтому особое внимание необходимо уделять элементам машин, лимитирующих их надежность (ЭЛН), с высокой вероятностью отказов за рассматриваемый период времени. Для выявления перечня таких элементов целесообразно воспользоваться методами анализа надежности сложных технических систем: структурной надежности; вероятности безотказной работы.

На надежность и эффективность машин, работающих в сложных климатических условиях Арктики, существенно влияют внезапные отказы, частота появления которых может быть оценена вероятностью безотказной работы  $P(t)$ , а точнее, вероятностью отказов  $Q(t)$ , зависящих от срока службы  $t$  машин:

$$P(t) = 1 - Q(t). \quad (7)$$

Поскольку элементы машин в основном соединены последовательно, то общая вероятность безотказной работы  $P(t)$  рассчитывается через произведения вероятностей  $p(t)$  ее элементов:

$$P(t) = p_1(t)p_2(t)\dots p_n(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t) = \prod_{i=1}^n (1 - q_i(t)). \quad (8)$$

А вероятность отказа машины:

$$Q = 1 - P = 1 - \prod_{i=1}^n p_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - q_i). \quad (9)$$

Вероятность безотказной работы машины в течение времени работы  $\Delta T$ :

$$P(t, \Delta T) = \exp[-\lambda(t) \cdot \Delta T]. \quad (10)$$

Именно в получении периодичности замен элементов и заключается методика планирования мероприятий надёжно-ориентированной системы ТОиР ТТМ, работающих в сложных климатических условиях Арктики.

В проведенном исследовании проанализирована специфика формирования надежностно-ориентированной системы технической эксплуатации транспортно-технологических машин, выявлены особенности

планирования ТОиР ТТМ в сложных климатических условиях Арктики, выполнено обоснование периодичности ремонта или замены отдельных элементов машин.

### **Литература**

1. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 1. Методология. Организация. Терминология / под ред. А. И. Рембезы. М. : Машиностроение, 1986. 224 с.
2. Зорин В. А. Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов. М. : Магистр-Пресс, 2005. 536 с.
3. Надежность и эффективность эксплуатации транспортно-технологических машин / С. В. Репин [и др.]. СПб. : Издат. дом «Петрополис», 2017. 404 с.
4. Эдельман В. И. Надежность технических систем: экономическая оценка. М. : Экономика, 1988. 151 с.
5. ГОСТ Р 27.001–2009. Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения. М. : Стандартинформ, 2010. 10 с.
6. ГОСТ Р 27.606–2013. Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность. М. : Стандартинформ, 2014. 35 с.
7. ГОСТ ИСО 9000:2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М. : Стандартинформ, 2018. 49 с.
8. Грифф М. И. Качество, эффективность и основы сертификации машин и услуг: монография. М. : АСВ, 2004. 488 с.
9. Зорин В. А., Грифф М. И., Рубайлов А. В. Основы сертификации транспортных и технологических машин, услуг технического сервиса и систем качества: учеб. пособие. М. : Моск. автомоб.-дорож. ин-т (гос. техн. ун-т), 2004. 223 с.

**УДК 629.3.083**

*Oleg Dmitrievich Dneprov,*

аспирант

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: dneprov.olegdnv@yandex.ru*

*Oleg Dmitrievich Dneprov,*

postgraduate student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: dneprov.olegdnv@yandex.ru*

**ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ  
ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ  
ДИАГНОСТИРОВАНИИ В УСЛОВИЯХ  
НЕДОСТАТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИИ**

**THE USE OF NEURAL NETWORKS  
FOR DECISION-MAKING IN TECHNICAL DIAGNOSTICS  
IN CONDITIONS OF INSUFFICIENT INFORMATION**

Автомобильная промышленность является одним из ключевых секторов экономики Российской Федерации, который в настоящее время показывает как положительный экономический эффект, путем непрерывного увеличения финансовых поступлений в бюджет страны, так и социальный эффект, который обеспечивается занятостью свыше двух миллионов человек населения в отрасли. Растущие темпы автомобилизации в стране, новые мировые тренды и направления развития методов и технологий конструирования и производства автомобильного транспорта, увеличение объемов информации, который несет в себе автомобиль как объект диагностирования – все эти факторы повышают актуальность поиска и разработки новых методов технического обслуживания и контроля технического состояния автомобильного транспорта.

*Ключевые слова:* транспорт, автомобильный транспорт, диагностирование транспортных средств, системы диагностирования, нейронные сети.

The automotive industry is one of the key sectors of the economy of the Russian Federation, which currently shows both a positive economic effect, through a continuous increase in financial revenues to the country's budget, and a social effect, which is provided by the employment of over two million people in the industry. The growing rates of motorization in the country, new global trends and directions of development of methods and technologies for the design and production of motor transport, an increase in the amount of information that a car carries as an object of diagnosis – all these factors increase the urgency of searching and developing new methods of maintenance and control of the technical condition of motor transport.

*Keywords:* transport, road transport, vehicle diagnostics, diagnostic systems, neural networks.

В течение последних 10 лет в Российской Федерации происходит непрерывный рост темпов автомобилизации в стране – к настоящему моменту на 1000 человек населения приходится порядка 322 автомобилей, но необходимо отметить, что наряду с увеличение количества автомобилей в стране, увеличивается и аварийность на дорогах общего пользования. Так, за период с января по июнь 2024 года в Российской Федерации произошло порядка 56 369 дорожно-транспортных происшествий, в 2172 случаев были зафиксированы технические неисправности автотранспортного средства, либо условия, при которых эксплуатация транспортного средства запрещена [1].

Современные тренды, задающие вектор развития автомобильной промышленности, с одной стороны, ведут к увеличению комфорtnости и безопасности эксплуатации автотранспортных средств, но, с другой стороны, осложняют процессы контроля технического состояния узлов, систем и агрегатов автомобиля и обнаружения неисправностей. Это можно объяснить тем, что при усложнении конструкции автомобиля, то есть внедрении новых систем, усовершенствовании узлов и агрегатов, повышается количество элементов, которые при определении и прогнозировании технического состояния автомобиля являются источниками диагностической информации – чем больше будет объем поступающей информации, тем сложнее будет процесс постановки диагноза о причине возникновения отказа, приведшему к нарушению работоспособного состояния автомобиля [2].

В настоящий момент уже производится достаточно большое количество исследований и разработок, по совершенствованию процесса контроля технического состояния автотранспортных средств и прогнозирования возникновения отказов в их узлах, системах и агрегатах. Одним из наиболее успешных таких решений настоящего времени является внедрение в автомобиль систем бортового диагностирования. Но важно отметить, что бортовое диагностирование, как и системы, построенные на более традиционных методах определения технического состояния, таких как визуальный контроль, компьютерное и ин-

струментальное диагностирование, имеют один значительный недостаток – их использование базируется на уже ранее собранной и известной информации об отказах возникающих при эксплуатации автотранспортных средств. Также такие системы не позволяют работать в условиях использования больших объемах данных и в тех ситуациях, когда при анализе технического состояния с объекта диагностирования получена информация, которая ранее до этого никогда не встречалась. Помимо этого, указанные системы фиксируют лишь локальные отказы и не позволяют производить анализ диагностической информации комплексно, сопоставляя для анализа несколько массивов информации – в совокупности указанные факторы могут привести к погрешностям и неточностям в формулировках конечных диагнозов о техническом состоянии автомобиля [3].

Процессы технического диагностирования, принятия решений в технической эксплуатации автотранспортных средств в основном базируются на двух типах информации – статистической информации, описывающей совокупность объектов, например совокупности автомобилей или агрегатов, и диагностической информации, которая позволяет описать техническое состояния конкретного объекта, например, автомобиля в целом [4]. При математическом моделировании объектов диагностирования, которое основывается на применение данных двух типов информации, возникает большое количество нелинейных соотношений, которое затрудняет процесс построение точной модели описательной модели объекта диагностирования [5]. В данном случае возникает возможность применения для обработки диагностической информации нейронных сетей, а также методов нечеткой логики, которые, с одной стороны, не требуют применения традиционных методов программирования, что делает их более гибкими и адаптивными в условиях работы с новой информацией и в ситуациях, когда полученной информации недостаточно для формулировки конечного вывода по поставленной задаче, с другой стороны, как нейронные сети, так и методы нечеткой логики позволяют производить анализ больших объемов данных. Не менее важным является тот факт, что нейронные сети и методы нечеткой логики обладают возможностью непрерывного обучения и пополнения используемых

ими массивов данных – такое преимущество может быть также использовано при техническом диагностировании для сбора и обработки диагностической информации. При математическом моделировании объектов диагностирования нейронные сети и контроллеры нечеткой логики могут использоваться как универсальные аппроксиматоры при работе с несколькими переменными, тем самым реализуя нелинейную функцию [3]:

$$Y = F(X). \quad (1)$$

В данной функции  $\{X(t)\} = \{X_1(t), X_2(t), \dots, X_n(t)\}$  – векторы входной информации (текущие измеренные значения диагностических параметров), а  $Y$  – реализация векторной функции нескольких переменных [3].

Нейронные сети являются имитацией человеческого мозга, состоящей из нейронов, передающих сигналы в виде электрических импульсов. Они обрабатывают эти сигналы и принимают решения на нескольких уровнях, где каждый нейрон выполняет свои операции (см. рис.). Нейронные сети учатся на примерах и опыте, что улучшает их показатели в определенной области знаний. Правильный выбор модели нейронной сети важен для правильной обработки информации [5].

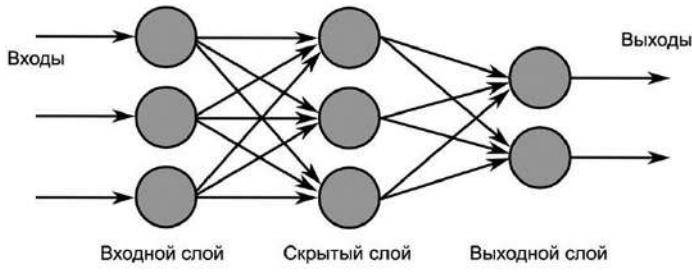


Схема слоев нейронной сети

Если говорить про методы нечеткой логики, то их отличие от нейронных заключается в том, что их принцип работы схож с работой алгоритма, с разными вариантами дальнейших действий, но вместо традиционных значений «Истина» и «Ложь», нечёткая логи-

ка предлагает более широкий спектр значений, включая «Истина», «Ложь», «Возможно», «Иногда», «Не помню» и другие. Нечёткая логика незаменима, когда на вопрос нельзя дать однозначный ответ вроде «да» или «нет», «0» или «1», или когда невозможно предсказать все возможные ситуации.

Несмотря на потенциал применения нейронных сетей и методов нечеткой логики в процессах технического диагностирования, необходимо также рассмотреть аспекты их применения. С помощью нейронных сетей и методов нечеткой логики процесс обработки диагностических данных может быть усовершенствован, так как нейронные сети и нечеткая логика могут адаптироваться к условиям недостатка данных и дают возможность выявления зависимостей тех или показателей. Применяемые в них алгоритмы позволяют сделать более точным процесс прогнозирования возникновения отказов, позволяя своевременно проводить техническое обслуживание и ремонт автотранспортного средства. Так как в современные автомобили в настоящий момент интегрируется возможность обмена данных с «Интернетом вещей» или «Internet of Things» (IoT), в таком случае применение нейронных сетей позволит создавать адаптивные диагностические системы, обучаемые на полученных из IoT данных. Но также необходимо учитывать этические и юридические аспекты при разработке подобных систем, чтобы гарантировать надежность и безопасность автономных решений, принимаемых нейронной сетью или нечеткой логикой.

### **Литература**

1. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 6 месяцев 2024 года. Информационно-аналитический обзор. М. : ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2024. 36 с.
2. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей. Теоретические основы: учеб. пособие. Харьков : Изд-во «Майдан», 2014. 516 с.
3. Викторова Е. В. Применение нечетких нейронных сетей для технической диагностики дорожных машин // Вестник ХНАДУ. 2012. Вып. 56. С. 98–102.
4. Шаяхметов А. Б. Диагностика транспортной техники: учеб. пособ. Костанай: КГУ им. А. Байтурсынова, 2011. 102 с.
5. Гафаров Ф. М., Галимянов А. Ф. Искусственные нейронные сети и приложения: учеб. пособие. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2018. 121 с.

**УДК 623.437.422**

*Юрий Александрович Евдокимов,*

аспирант

*Ульяна Николаевна Мейке,*

канд. техн. наук

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: evdokimov\_yur@mail.ru*

*Yury Alexandrovich Evdokimov,*

postgraduate student

*Ulyana Nikolaevna Meike,*

PhD in Sci. Tech.

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: evdokimov\_yur@mail.ru*

## **АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ КАБИН ТРАКТОРОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ЭРГОНОМИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ К НИМ**

### **ANALYSIS OF COMPLIANCE OF GENERAL PURPOSE TRACTOR CABS WITH ERGONOMIC REQUIREMENTS FOR THEM**

Создание современной тракторной техники сопровождается усложнением конструкции машины. Для повышения производительности тракторов общего назначения увеличивается их энерговооружённость, повышаются скорости движения и выполнения рабочих операций. Как следствие, при этом растет динамическая нагруженность всех элементов конструкции, в том числе и кабин управления, что негативно сказывается на условиях работы водителя-оператора. Причем это относится не только к вибонагруженности на рабочем месте оператора, но и отражается на уровне шума, теплораспределении воздуха в салоне, герметичности кабины, обзорности с рабочего места оператора, удобстве расположения органов управления и ряде других факторов. Для повышения работоспособности и сохранения здоровья оператора необходимо постоянно улучшать конструкцию трактора в части обеспечения нормативных показателей эргономичности кабины. В статье представлены результаты испытаний кабин колесных тракторов К-7М и К-5 по показателям эргономичности до и после установки опытных опор их подвески к раме.

**Ключевые слова:** кабина трактора, показатели эргономических свойств, опытная конструкция, сертификация, среднеквадратические значения корректированного виброускорения, вибонагруженность, обзорность.

Development of modern tractor equipment leads to complication of a machine design. In order to increase the productivity of general purpose tractors, their power availability, speed of movement and performance of working operations are being increased. As a consequence, the dynamic load of all structural elements, including

control cabs, increases, which negatively affects the working conditions for the driver. And it refers not only to vibration load at the driver's workplace, but also affects the noise level, heat distribution of air in the cabin, tightness of the cabin, visibility from the driver's workplace, the convenience of the location of controls and a number of other factors. In order to increase driver-operator efficiency and preserve his health, it is necessary to constantly improve the design of the tractor in terms of ensuring the standard indicators of ergonomics of the cabin. The article presents the results of testing the cabs of wheeled tractors K-7M and K-5 in terms of ergonomics before and after the installation of experimental supports of their suspension to the frame.

*Keywords:* tractor cab, indicators of ergonomic properties, experimental design, certification, RMS values of corrected vibration acceleration, vibration loading, visibility.

Необходимость создания современной тракторной техники требует усложнения конструкции машины и улучшения эргономических показателей. Эргономические показатели характеризуют степень удобства и эффективности выполнения операторских функций.

**Цель исследования:** оценить соответствия показателей эргономических свойств тракторных кабин требованиям нормативных документов. На основе выявленных несоответствий установить их причину и дать предложения по совершенствованию кабины.

**Предмет исследования: показатели** эргономических свойств кабин тракторов.

**Объект исследования:** кабины тракторов К-7М и К-5 с серийным и опытным креплением их к раме (см. рис.).



Общий вид тракторов: *a* – трактор К-7М; *б* – трактор К-5

Эргономические показатели на рабочем месте водителя трактора регламентируются ГОСТами, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

**ГОСТы, регламентирующие эргономические требования к кабинам**

1	ГОСТ 12.2.019–2015	Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности
2	ГОСТ 12.2.120–2015	Система стандартов безопасности труда. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности
3	ГОСТ 12.2.012–2004	Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования
4	ГОСТ 20062–96	Сиденье тракторное. Общие технические условия
5	ГОСТ 12.1.003–83	ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
6	ГОСТ 12.2.049–80	Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования
7	ГОСТ 21753–76	Система «человек-машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования
8	ГОСТ 218299–76	Система «человек-машина». Кодирование зрительной информации. Общие эргономические требования
9	ГОСТ 21480–76	Система «человек-машина». Мнемосхемы. Общие эргономические требования

Регламентируемые эргономические показатели кабины трактора целесообразно разделить на 4 группы на основании РД 50-149-79: гигиенические, антропологические, физиологические и психофизиологические, психологические [1].

В табл. 2 приведены регламентируемые эргономические показатели и соответствующие им нормативные документы.

Таблица 2

**Группы регламентируемых эргономических показателей кабины трактора**

Группа гигиенических показателей	1	Уровень звука на рабочем месте оператора в кабине	ГОСТ 12.2.019–2015, ГОСТ 12.1.003–83
	2	Концентрация пыли и оксида углерода в воздухе рабочей зоны оператора	ГОСТ 12.2.120–2015
	3	Параметры вибрации на рабочем месте оператора	ГОСТ 12.2.012–2004
	4	Параметры вибрации на органах управления трактором	ГОСТ 12.2.012–2004
	5	Микроклимат в кабине: температура, влажность, скорость движения воздуха в зоне оператора	ГОСТ 12.2.120–2015
Группа антропометрических показателей	1	Зона досягаемости моторного поля оператора, определенного антропометрическими данными	ГОСТ 12.2.049–80
	2	Внутренние размеры рабочего пространства в кабине трактора, системы доступа и аварийные выходы	ГОСТ 12.2.120–2015
	3	Расположение органов управления: рулевого колеса, рычагов механизмов поворота, опорных площадок часто используемых педалей и др.	ГОСТ 12.2.120–2015
	4	Размеры и расположение сидений	ГОСТ 20062–96

Окончание табл. 2

Группа физиологических и психофизиологических показателей	1	Силы сопротивления перемещению органов управления	ГОСТ 12.2.120–2015
	2	Размеры, форма рукояток и других ручных органов управления	ГОСТ 21753–76
	3	Элементы органов управления, с которыми соприкасаются руки оператора	ГОСТ 12.2.120–2015
Группа психологических показателей	1	Средства отображения информации	ГОСТ 12.2.120–2015
	2	Кодирование средств отображения информации	ГОСТ 218299–76
	3	Построение мнемосхем	ГОСТ 21480–76
	4	Обзорность с рабочего места оператора в рабочем положении сидя	ГОСТ 12.2.120–2015, ГОСТ Р 41.71–99

В ходе исследования выполнен анализ результатов сертификационных испытаний, проведённых разработчиком-изготовителем тракторов АО «ПТЗ» моделей К-7М и К-5.

Анализ результатов по четырём группам эргономических свойств кабин тракторов, включающим в общей сложности 16 показателей, выявил несоответствие нормативным требованиям значений вибронагруженности на рабочем месте оператора на тракторах К-7М и К-5 с опытными опорами кабин. Также было выявлено несоответствие показателя обзорности с рабочего места в рабочем положении сидя. Зоны затемнения, создаваемые опытными передними стойками кабины трактора, составляют 1193 мм с каждой стороны. В пункте 5.2.1.2. ГОСТ Р 41.71–99 (Правила ЕЭК ООН №71) [2] прописано, что ни одна из

зон затемнения не должна превышать 700 мм. в пункте 5.2.1.5. указано, что затемнённые зоны размером более 700 мм, но менее 1500-мм допустимы, если элементы конструкции, создающие эти зоны, не могут быть расположены иначе и не могут иметь другую форму [2, 3]. В связи с этим конструкцию опытных стоек можно рассматривать как одну из задач совершенствования кабин.

В таблице 3 представлены среднеквадратические значения корректированного виброускорения на рабочем месте оператора по трём осям –  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$  по допустимым нормативным и фактическим значениям для кабин К-7М, К-5 с серийными и опытными опорами [4, 5].

Таблица 3

**Среднеквадратические значения корректированного виброускорения на рабочем месте оператора по трём осям  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$**

Ось	Нормативное значение, дБ	K-7M, дБ	K-5, дБ	K-7M (опыт), дБ	K-5 (опыт), дБ
$X_0$	112	93,7	106	122	115
$Y_0$	112	98,2	107,6	123	112,2
$Z_0$	115	101,4	107,1	126	117,2

**Выход:** результаты анализа свидетельствуют о необходимости исследования показателей вибонагруженности рабочего места оператора в части подвески кабины и обзорности с места оператора в части изменения конструкции передних стоек кабины при совершенствовании кабин перспективных моделей.

**Литература**

- РД 50-149-79. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. М. : Издательство стандартов, 1979. 124 с.
- ГОСТ Р 41.71-99 (Правила ЕЭК ООН №71). Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения сельскохозяйственных тракторов в отношении обзора водителя. М. : Госстандарт России, 1999. 11 с.

3. ГОСТ 12.2.019–2015. Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. М., 2019. 20 с.

4. Протокол №10-04-23ИЦ от 16 октября 2023 года сертификационных испытаний трактора сельскохозяйственного колёсного марки «Кировец», типа К-5Т, варианта К-525Т. Калитино, 2023. 95 с.

5. Протокол №10-01-24ИЦ от 29 февраля 2024 года сертификационных испытаний трактора сельскохозяйственного колёсного марки «Кировец», типа К-7Т, варианта К-746Т. Калитино, 2024. 84 с.

УДК 624

*Nikita Vadimovich Kipin,*

аспирант

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: nktkp@gmail.com*

*Nikita Vadimovich Kipin,*

postgraduate student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: nktkp@gmail.com*

## **ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОСТРУЙНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МАШИНЫ ДЛЯ АНКЕРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **SUBSTANTIATION OF THE DESIGN AND OPERATING PARAMETERS OF THE HYDRAULIC JET TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF THE MACHINE FOR ANCHORING ENGINEERING STRUCTURES**

В статье рассматривается оборудование для анкерования инженерных конструкций, играющее ключевую роль в обеспечении устойчивости и безопасности разнообразных сооружений. Помимо этого, прописаны требования на создание новых средств для строительства объектов жилой застройки или объектов инфраструктуры. В статье представлена новая конструкция оборудования, которое предназначено для анкерования сооружений в случаях, когда стандартная строительная техника не может обеспечить необходимые параметры по глубине установки, несущей способности анкера или в стесненных условиях городской застройки. Предложенное решение может существенно оптимизировать процесс возведения и укрепления объектов в нестандартных ситуациях.

*Ключевые слова:* бурение, анкерование, пересеченная местность, повышение эффективности, новые технологии.

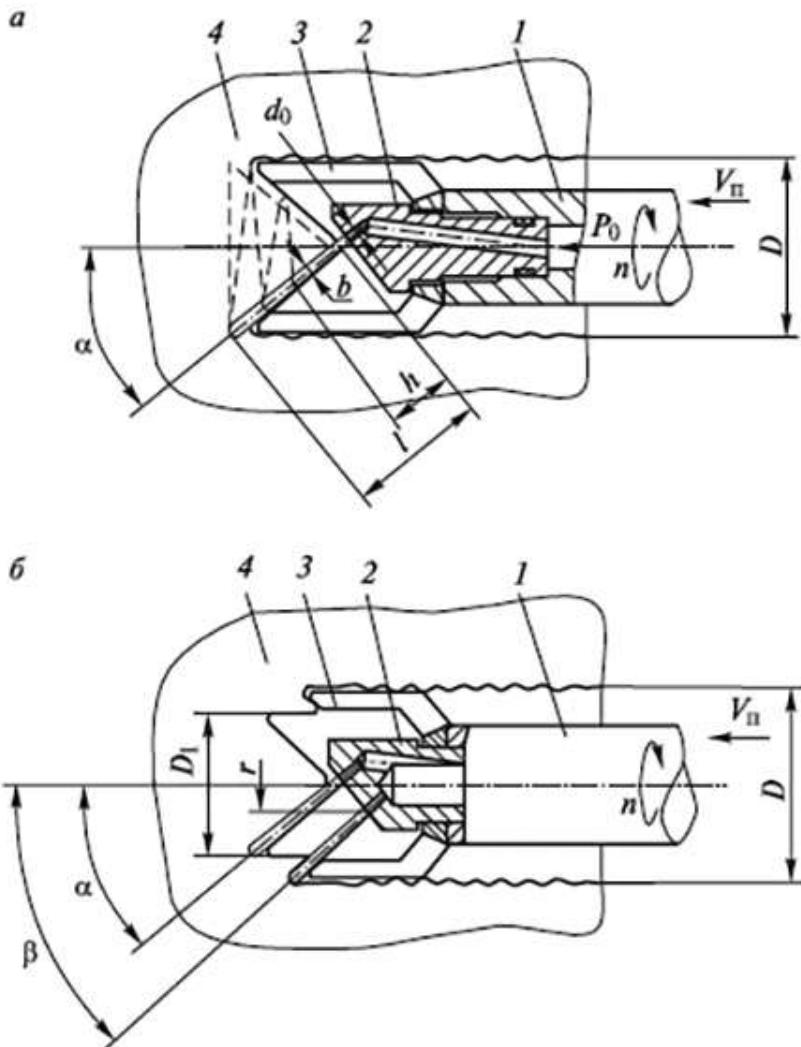
The article examines equipment for ground anchoring of engineering structures, which plays a crucial role in ensuring the stability and safety of various constructions. Furthermore, it outlines the requirements for developing new means for constructing residential buildings or infrastructure facilities. The article presents a novel equipment design intended for anchoring structures in cases where standard construction machinery cannot provide the necessary parameters for installation depth, anchor load-bearing capacity, or in confined urban construction sites. The proposed solution can significantly optimize the process of erecting and reinforcing structures in non-standard situations.

*Keywords:* drilling, anchoring, rough terrain, increasing efficiency, new technologies.

В настоящее время строительная индустрия и инженерное дело сталкиваются с высокими требованиями к эффективности, безопасности и экологичности технологий. Одной из основных задач в области строительства является обеспечение устойчивости и надежности инженерных конструкций, что невозможно без использования современных и высокоэффективных методов анкерования. Гидроструйная установка представляет собой инновационное решение, которое позволяет осуществлять данную процедуру максимально мобильно, экономично и бережно по отношению к окружающей среде.

Разработка гидроструйной бурильной установки – это ответ на актуальные вызовы, с которыми сталкивается современная строительная отрасль. Это оборудование позволит не просто улучшить процесс анкерования, но и значительно повысить его качество. Методика гидроструйного бурения уже доказала свою эффективность при работе с инженерными конструкциями, демонстрируя отличные результаты [1].

Эксперименты подтвердили, что применение струй высокого давления (70 МПа) позволило достичь производительности в 30 анкеров в час при бурении отверстий диаметром 25 мм и длиной 1,5 м, что на 50 % превышает эффективность традиционных методов. Отличительной особенностью технологии является формирование более качественного шпура для анкерования, обеспечивающее повышенную надёжность крепления. Кроме того, использование анкеров меньшего диаметра (20–25 мм) с водоструйной техникой сокращает расход металла и связующих материалов, таких как бетон или эпоксидные смолы, что приводит к значительной экономии ресурсов. Также было выявлено, что бурение механическими штангами тонкого диаметра (менее 25 мм) на глубину более 2 м оказывается затруднительным из-за высокого риска поломки, в то время как водоструйные штанги, не испытывая механических нагрузок, успешно справляются с таким заданием. Однако, стоит отметить, что водоструйная технология имеет свои ограничения по прочности обрабатываемых пород, преодолеть которые можно увеличением давления воды до 420 МПа [2].



Водоструйный буровой инструмент с одной (а)  
и двумя (б) струеформирующими насадками: 1 – буровая штанга;  
2 – породоразрушающая головка; 3 – калибр; 4 – горная порода

На рисунке изображён водоструйный буровой инструмент буровой установки, который функционирует следующим образом. Вода под высоким давлением  $P_0$  поступает из источника высокого давления (интегрированного в привод или автономного) и подаётся к вращающейся с частотой  $n$  и продвигающейся к забою со скоростью  $V_n$  буровой штанге 1 с головкой для разрушения породы 2. Проходя через насадку, формирующую струю с диаметром отверстия  $d_0$  и коэффициентом расхода  $\mu$ , вода ускоряется до скорости  $V_o$ , эффективно разрушая породу.

С каждым вращением инструмента происходит удаление слоя породы – стружка толщиной  $b$  и глубиной  $h$ . Поскольку струя направлена под углом  $\alpha$  к оси бурения, процесс разрушения породы формирует конус с образующей  $l$  и основанием диаметра  $D$ , равного диаметру буримого отверстия. Если энергия струи оказывается недостаточной для удаления породы на глубину  $l$  за один оборот ( $h < l$ ), процесс повторяется, пока струя полностью не разрушит породу вдоль образующей конуса, создавая пространство для продвижения породоразрушающей головки с калибром 3 (см. рис. 1). В процессе бурения образующиеся частицы породы удаляются из шахты вместе с использованной водой.

Также предусмотрены варианты конструкций породоразрушающих головок с двумя или более струеформирующими насадками (рис. 1, б). К центральной насадке добавляется дополнительная, расположенная на расстоянии  $r$  от оси штанги и ориентированная под углом  $\beta$  к оси. Этот процесс можно описать как бурение центрального отверстия диаметром  $D_1$  первой струей и его последующее расширение до требуемого диаметра  $D$  второй струей [3].

В дополнение к бурильным установкам, оснащённым приводами буровых штанг с интегрированными преобразователями давления, которые обеспечивают высокие уровни давления воды (до 400 МПа) и способны эффективно проникать в породы с пределом прочности на сжатие до 100 МПа, существуют устройства, сконструированные по классической схеме. Такие установки включают в себя универсальные источники высокого давления с независимыми преобразователями давления, соединённые с буровыми инструментами через гибкие

рукава высокого давления. Хотя эти устройства не могут эффективно конкурировать с механическими буровыми инструментами в горнодобывающей промышленности по определённым причинам, они показывают обнадёживающие результаты в строительной отрасли. Особенно это актуально в проектах по реконструкции зданий и сооружений с исторической ценностью, где важно избегать значительных динамических нагрузок на структуры.

Здесь ключевым аспектом является возможность струй бурить материалы без механического воздействия. Это позволяет избежать прямого контакта бурового инструмента с материалом, что уместно для создания отверстий малого диаметра (10–15 мм) на значительные глубины (до 2 м и более) [4].

В статье была описана конструкция оборудования, предназначенного для анкерования несущих конструкций инженерных сооружений. Разработанная конструкция демонстрирует значительные преимущества по сравнению с традиционными методами бурения, включая повышение эффективности работы и снижение воздействия на окружающую среду.

Проект осуществлялся с учетом современных требований к безопасности и экологичности, что позволило создать инструмент, соответствующий всем нормативным стандартам. При этом особое внимание было уделено оптимизации процесса бурения, что обеспечило высокую точность и минимизацию отходов производства.

Таким образом, выполненная работа вносит значительный вклад в развитие технологий в области инженерного строительства и представляет собой важный шаг на пути к более эффективному и устойчивому использованию бурового оборудования в строительной индустрии.

### **Литература**

1. Башита Т. М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие. М. : Машиностроение, 1971. 672 с.
2. Гидроабразивное резание горных пород / Бренер В. А [и др.]. М. : Изд-во МГГУ, 2003. 279 с.
3. Поляков А. В. Обоснование рациональных параметров импульсных струй воды высокого давления и разработка метода расчета эффективности процесса резания ими горных пород: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06. Тула, 2006. 162 с.

4. Бреннер В. А., Поляков А. В. Разработка гидроструйных систем сверхвысокого давления на базе преобразователей давления мультиликаторного типа // Научно-техническое творчество студентов вузов: материалы всероссийского смотра-конкурса науч.-техн. творчества студентов высш. учеб. заведений «Эврика-2005». Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2005. С. 139–144.

**УДК 621.866-82**

*Федор Романович Крупенин,*

аспирант

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: theoharicot@yandex.ru*

*Fedor Romanovich Krupenin,*

postgraduate student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: theoharicot@yandex.ru*

## **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ИССЛЕДОВАНИИ ОТКАЗОВ САМОПОДЪЕМНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

### **A SYSTEMATIC APPROACH TO THE STUDY OF FAILURES OF SELF-CLIMBING HYDRAULIC PLATFORMS FOR HIGH-RISE CONSTRUCTION**

В данной работе выполнено исследование отказов самоподъемных гидравлических платформ, использующихся при возведении высотных зданий на основе системного подхода. Выявлено взаимодействие компонентов системы, состоящей из человека, машины, груза, объекта строительства и внешней среды. Исследованы причины отказов и факторы, приводящие к ним. Отдельно рассмотрены факторы, влияющие на снижение производительности и увеличение времени подъема грузоподъемного средства. Выполнен анализ нагрузок, которые воспринимают гидравлические цилиндры в процессе выполнения рабочей операции подъема. Предложен способ решения проблемы несинхронной работы гидроцилиндров.

*Ключевые слова:* подъемно-транспортные средства, гидравлические цилиндры, гидравлические подъемники, самоподъемная опалубка, высотное строительство.

This paper considers a systematic approach to the study of failures of hydraulic lifting platforms used in the construction of high-rise buildings. The interaction of the components of a system consisting of a person, a machine, a cargo, a construction object and the external environment is studied. The causes of failures and the factors leading to them are investigated. The factors influencing the decrease in productivity and the increase in lifting time of the considered lifting equipment are considered separately. The loads that are taken by hydraulic cylinders during lifting process are analyzed. A way for solving the problem of non-synchronous operation of hydraulic cylinders is given.

*Keywords:* mechanical handling equipment, hydraulic cylinder, hydraulic elevator, self-climbing formwork, high-rise construction.

Самоподъемная гидравлическая платформа представляет собой специальное грузоподъемное оборудование, применяемое для быстрого и безопасного подъема и перестановки подмостей, опалубки и грузов во время строительства без использования крана [1]. Стальной каркас платформы через вертикальные несущие элементы соединяется с верхними опорными конструкциями, которые фиксируются к опорной поверхности объекта строительства на момент ведения бетонных работ, а гидравлические цилиндры подъема устанавливаются на нижние опорные элементы, соединяя их с платформой. Таким образом, данное грузоподъемное оборудование представляет собой многоцилиндровый гидравлический подъемник, способный перемещать груз на следующий этап строительства и при этом перемещаться вверх самому по мере возведения здания [2]. Одновременно от одного гидроагрегата могут работать 14 гидроцилиндров, имеющих длину 4,5 и 6,1 м и грузоподъемность 40 т.

Рабочее состояние, характеризующее процесс эксплуатации гидравлического подъемника, описывается системой, состоящей из следующих компонентов: человек, машина, груз, объект строительства и внешняя среда (рис. 1). Используя метод системного анализа, рассмотрены связи между компонентами, приводящие к отказу всей системы.

Выявленные отказы разделены на 3 группы:

- невозможность эксплуатации – состояния, при которых запрещается выполнять технологические операции подъема;
- снижение производительности – состояния, при которых происходят остановки в процессе подъема или увеличивающие время вертикального перемещения;
- аварийные ситуации – состояния, при которых происходит полная остановка эксплуатации или разрушение элементов машины.

На основании анализа взаимодействия компонентов системы, получены причины, приводящие к отказам. К причинам, приводящим к невозможности эксплуатации, можно отнести превышение допустимой нагрузки на гидроцилиндр, разрушение опорной поверхности, наличие критической площади сцепления груза с опорной поверхностью, а также превышение допустимых значений ветрового воздействия. К остановкам в эксплуатации и замедлению подъема приво-

дят несинхронность работы гидроцилиндров, появление сил трения между конструкциями машины или грузом и опорной поверхностью, а также влияние внешних нагрузок, вызывающих дополнительные силы сопротивления движению в элементах устойчивости. Причинами, вызывающими аварийные ситуации, могут служить разрушение или значительные деформации конструкций платформы, вызванные распределением груза по ее поверхности, а также потеря устойчивости платформы вследствие превышения в процессе подъема допустимых ветровых нагрузок и разрушение опорных элементов.

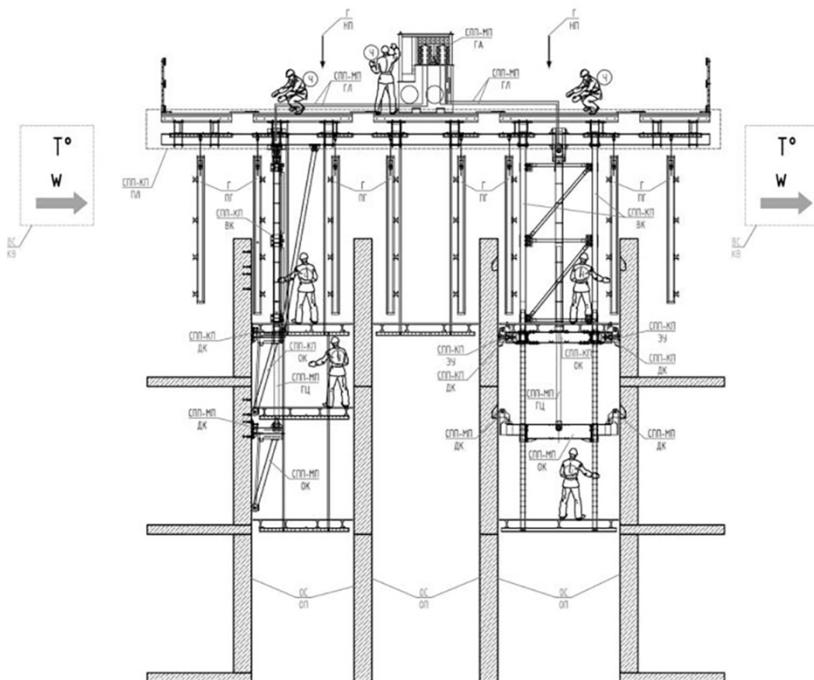


Рис. 1. Общий вид системы

С точки зрения эксплуатации наибольший интерес представляют отказы, приводящие к остановкам в эксплуатации и замедлению

подъема. Потери времени на выравнивание платформы при значительной высоте подъема происходят вследствие несинхронной работы гидроцилиндров. На основе методов системного анализа получено:

$$F_i = F_{\text{tp}} + F_O + F_H + F_w + F_{\text{cii}}, \quad (1)$$

где  $F_i$  – суммарная нагрузка на один цилиндр;  $F_{tp}$  – сила трения в уплотнениях цилиндра;  $F_Q$  – нагрузка от веса груза и конструкций платформы;  $F_h$  – сила сопротивления движению, возникающая в элементах устойчивости;  $F_w$  – сила сопротивления движению, возникающая от действия ветровой нагрузки;  $F_{cц}$  – силы трения, возникающие вследствие трения груза об опорную поверхность (рис. 2).

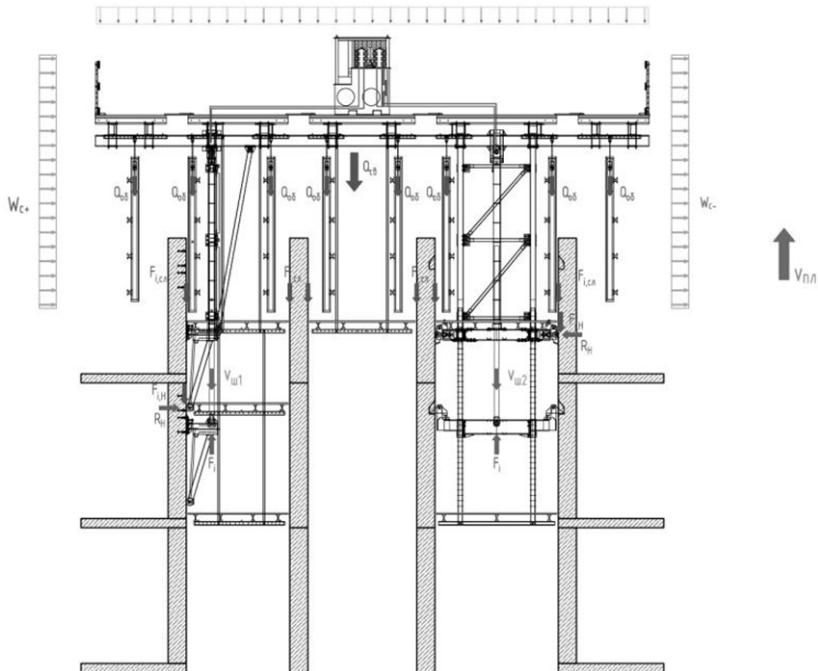


Рис. 2. Нагрузки на гидроцилиндр в процессе выполнения рабочей операции

Данные нагрузки рассматриваются как статические, в то время как в системе присутствуют колебания, что влечет за собой дополнительную динамическую составляющую [3]. Исходя из этого, сделан вывод, что нагрузка на гидроцилиндр – величина непостоянная и способная изменять свое значение в процессе выполнения рабочей операции.

Одним из решением проблемы компенсации разности нагрузок на гидроцилиндры и вызванной ей несинхронности работы является использование многосекционных шестеренных насосов, способных обеспечивать одинаковый расход рабочей жидкости на каждый цилиндр. Однако, в связи с наличием утечек в гидросистеме, скорость подъема цилиндров будет различаться. Причинами утечек являются износ уплотнений, повреждение гидравлических линий, ошибки при монтаже гидросистемы, температурные колебания, старение материалов и ухудшение их свойств [4]. В условиях постоянного использования оборудования на строительном объекте контроль за состоянием гидросистемы является трудноосуществимым. Величина утечек определена:

$$\Sigma q = k \frac{R}{\pi D^2}, \quad (2)$$

4

где  $\Sigma q$  – суммарные утечки в гидросистеме;  $k$  – утечки во всей гидросистеме, равные утечкам при перепаде давления в 1 бар;  $R$  – полезная нагрузка на шток гидроцилиндра;  $D$  – диаметр поршня гидроцилиндра.

Как видно из равенства, утечки являются функцией нагрузки на цилиндр, следовательно, при разности нагрузок на штоки цилиндров, скорость их также будет отличаться.

Для решения задачи несинхронного движения цилиндров в гидросистеме предложено ввести систему контроля и управления, состоящую из датчиков, позволяющих отслеживать величину выдвижения штока цилиндра, и программно-аппаратного комплекса, позволяющего автоматически отключать опережающие цилиндры, при появлении значительной ошибки по перемещению, и включать их после выравнивания длины выдвижения штоков всех цилиндров [5]. Введение

данной системы позволяет снизить роль человека в процессе выполнения технологических операций подъемного оборудования, а также предупредить аварийные ситуации. Кроме того, данная система позволяет избежать остановок работы машины в процессе подъема, тем самым снижая время выполнения рабочей операции.

На основе методов системного анализа получены исследования об отказах самоподъемных гидравлических платформ, выявлены факторы, влияющие на несинхронность работы гидроцилиндров. Введение автоматизированной системы контроля и управления позволяет увеличивать показатели производительности грузоподъемного оборудования и повышать их уровень безопасности при эксплуатации.

### **Литература**

1. Савенко А. А., Михеев Г. В. Технологии гидравлической самоподъемной опалубки при возведении сложных монолитных конструкций // Современные технологии: Актуальные вопросы теории и практики: сборник статей II Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 33–35.
2. Крупенин Ф. Р., Куракина Е. В. Анализ конструкций и параметров самоподъемных платформ и перспективы развития // Вестник СибАДИ. 2024. Т. 21. № 3. С. 376–387. DOI: 10.26518/2071-7296-2024-21-3-376-387.
3. Потахов Д. А. Определение напряженно-деформированного состояния силового гидроцилиндра в режиме динамического нагружения // Известия УГГУ. 2019. Вып. 3(55). С. 104–110. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-3-104-110.
4. Потахов Д. А., Ватулин Я. С. Численный расчет утечек рабочей жидкости через радиальный зазор сопряженных элементов гидроцилиндра вывешивания грузоподъемного крана // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2019. Т. 16. № 1(65). С. 18–30
5. Сысоев А. В. Совершенствование технологии монолитного домостроения на основе методов и средств автоматизации опалубочных работ: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08. Н. Новгород, 2006. 167 с.

**УДК 692.3.027**

Дмитрий Владимирович Кумов,

аспирант

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

E-mail: nevideshiy.j@gmail.com

Dmitriy Vladimirovich Kumov,

postgraduate student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: nevideshiy.j@gmail.com

**ЗАВИСИМОСТЬ ПЛАВНОСТИ ХОДА  
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН  
ОТ СТЕПЕНИ РЕГУЛИРУЕМОСТИ СИСТЕМЫ  
ПОДВЕСКИ НА БАЗЕ КОЛЕСНОГО ШАССИ**

**DEPENDENCE OF SMOOTH RUNNING  
OF TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL  
MACHINES ON THE LEVEL OF CONTROLLABILITY  
OF THE SUSPENSION SYSTEM ON THE BASIS  
OF A WHEEL CHASSIS**

В различных видах современного строительства, то есть в случае возведения зданий, формирования дорожной поверхности и развития прочей инфраструктуры, активно используются транспортно-технологические машины (ТТМ). Причем более 80 % всего времени эксплуатации техники приходится на сухопутные грузоперевозки как от места строительства, так и до разрабатываемого объекта. Автосамосвалы, перевозящие строительные грунты, крупногабаритная техника, доставляющая материалы и сырье; конструкция данных машин в основном состоит из движителя, выполненного в виде колесного шасси, и системы подвески, которая соединяет подрессорные и неподрессорные массы ТТМ. Цикл работы технологических машин, выполняющих строительные операции (бульдозер, экскаватор и т. д.), подразделяется на этапы, где этап транспортирования или же перевозки строительных материалов, грунта занимает большую часть времени. Исходя из необходимости дальних и частых перевозок при различных видах строительства следует актуальность обеспечения надлежащей степени надежности и плавности хода для ТТМ.

*Ключевые слова:* плавность хода, подвеска, транспортно-технологические машины, демпфирование, система регулирования подвески, строительство.

In various types of modern construction, i.e. in the case of building construction, road surface formation and other infrastructure development, transportation and

technological machines (TTM) are actively used. Moreover, more than 80 % of the total time of operation of the machinery falls on overland cargo transportation both from the construction site and to the developed object. Dump trucks transporting construction soils, large-size machinery delivering materials and raw materials; the design of these machines mainly consists of a propulsion system made in the form of a wheeled chassis and a suspension system that connects the sprung and unsprung masses of the TTM. The cycle of work of technological machines performing construction operations (bulldozer, excavator, etc.) is divided into stages, where the stage of haul or transportation of construction materials, ground takes more time. Proceeding from the necessity of long-distance and frequent transportation in various types of construction, it is necessary to ensure the proper degree of reliability and smoothness of running for the vehicles.

*Keywords:* smooth running, suspension, transportation and technological machines, damping, suspension regulation system, construction.

Случайно распределенные неровности в случае грузоперевозок оказывают значительное влияние на снижение производительности ТТМ. Система подвески, необходимая для уменьшения влияния возникающих колебаний и динамических нагрузок, не способна обеспечить надлежащую степень плавности хода без возможности адаптироваться к условиям эксплуатации.

Обеспечение плавности хода происходит за счет конструкции подвески. Данная система состоит из направляющих элементов, служащих для распределения нагрузок вдоль конструкции; из упругих элементов, обычно – спиральные пружины, которые служат для подавления линейных динамических нагрузок; и из демпфирующих элементов, чаще всего – это амортизаторы, сжатие рабочей жидкости внутри которых и обеспечивает гашение возникающих колебаний [1].

Составляющие системы подвески ТТМ обеспечивают необходимое сцепление с дорожным покрытием, поддерживают вертикальное положение машины, предотвращают вылет амортизатора при движении по значительным неровностям [2], улучшают управляемость и обеспечивают плавность хода, что, в свою очередь, способствует повышению эксплуатационных характеристик. Однако невозможность корректировки демпфирующих и упругих свойств подвески ТТМ в процессе эксплуатации, то есть без демонтажа, приводит к снижению как эксплуатационных, так и технических показателей; зависимость

эксплуатационных показателей от состояния дорожной поверхности наглядно продемонстрирована в таблице [3].

#### Зависимость эксплуатационных показателей от качества дороги

Качество дороги	Средняя скорость, км/ч	Расход топлива, %
Усовершенствованное покрытие в хорошем состоянии	40–50	100
Усовершенствованное покрытие в изношенном состоянии	30–40	115–125
Покрытие удовлетворительного состояния	20–25	125–130
Грунтовая сухая дорога	17–20	140–200

Разница между амортизатором с регулируемым демпфирующим свойством и амортизатором с типовым исполнением (рис. 1 и рис. 2) [4].

Типовые подвески имеют более металлоемкую конструкцию, в которой демпфирующие и упругие элементы расположены отдельно друг от друга, что делает их более дорогими и менее ремонтопригодными. Кроме того, у стандартных подвесок отсутствует возможность регулировки демпфирующих и упругих характеристик, что не позволяет адаптироваться к специфическим рабочим условиям [5].

В отличие от типовых конструкций, существуют и более современные решения. Например, в легковых автомобилях применяются подвески, в которых демпфирующие и упругие элементы объединены в одном устройстве, и их характеристики могут регулироваться с помощью встроенных электронных систем [6].

Управление такими подвесками осуществляется путем изменения электромагнитных свойств амортизатора и реологических свойств рабочей жидкости. Однако подобные конструкции дорогостоящие и слишком технологичны для ТТМ: не способны выдерживать специфические силовые нагрузки, характерные для строительных машин.

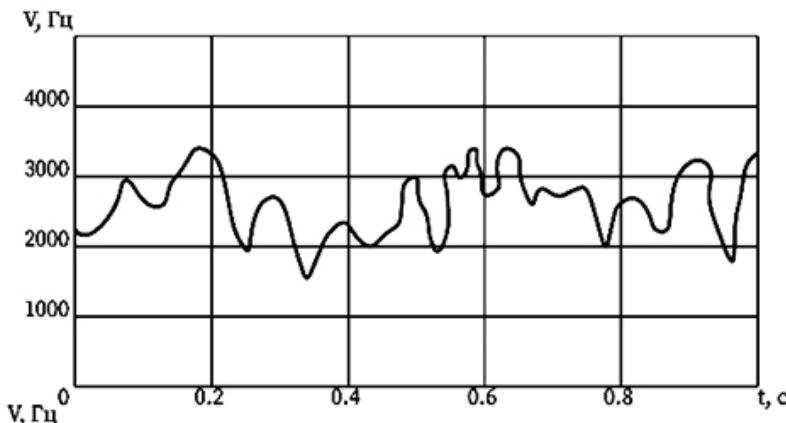


Рис. 1. Частота колебаний ТТМ с амортизатором  
без возможности регулирования

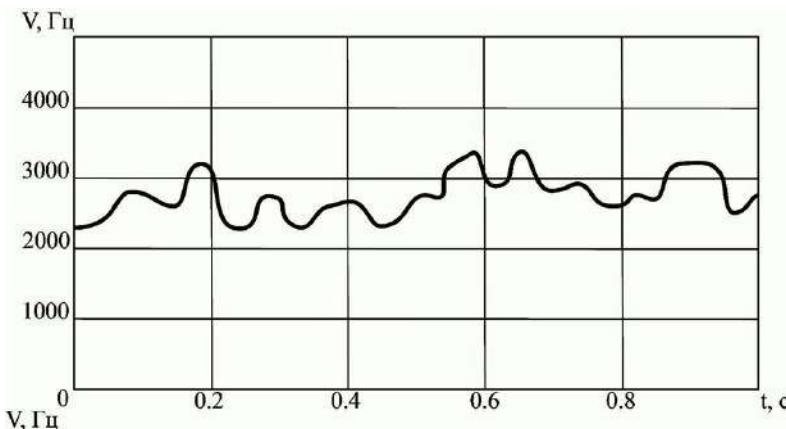


Рис. 2. Частота колебаний ТТМ с регулируемым амортизатором

Существуют примеры использования пневматических подвесок в грузовых автомобилях, в которых пневматические камеры выполняют функцию как дополнительного, так и основного упругого элемента [7]. Такие подвески позволяют регулировать упругие характеристики,

что обеспечивает адекватное восприятие динамических нагрузок и контроль клиренса ТТМ. Однако в этих конструкциях демпфирующий и упругий компоненты не объединены и отсутствует система регулировки демпфирующих характеристик.

Известен амортизатор, конструкция которого позволяет регулировать пропускную способность дроссельно-клапанной системы, что, в свою очередь, контролирует демпфирующие свойства без необходимости демонтажа [8]. В данной конструкции дроссельно-клапанный блок расположен внутри поршня, разделяющего гидравлические полости и полости внутри штока. Регулировка осуществляется следующим образом: положение регулировочной втулки определяет степень открытия всех рядов дроссельных отверстий, в то время как гайка устанавливает необходимую степень сжатия пружинных обойм.

Регулировка амортизатора может происходить без его демонтажа с машины – путем вращения внешнего цилиндра. При этом происходит частичное перекрытие дроссельных отверстий и сжатие пружинных обойм. Таким образом, такая конструкция обеспечивает одновременное увеличение гидравлического сопротивления движению поршня как в дроссельном, так и в клапанном режимах работы. Однако данный амортизатор не включает упругий элемент, что исключает возможность регулировки упругих свойств.

Новизна данной научной статьи заключается в предложенном прототипе амортизатора, конструкция которого не только объединяет внутри себя упругий и демпфирующий элемент, тем самым уменьшая металлоемкость конструкции, но и обеспечивает возможность регулирования свойств без необходимости демонтажа. Рассматриваемый амортизатор (рис. 3) основан на графике оптимальной демпфирующей характеристики [9].

Упругий элемент также выполнен в виде пневматической полости в верхней части амортизатора. Регулировка упругих свойств происходит за счет возможности изменять давление внутри полости по средствам соединения внешней среды и полости устройством ниппеля. Подобное исполнение, в отличие от распространенного элемента – спиральной пружины, позволит задать необходимое давление исходя из условий эксплуатации без снятия амортизатора или пружины.

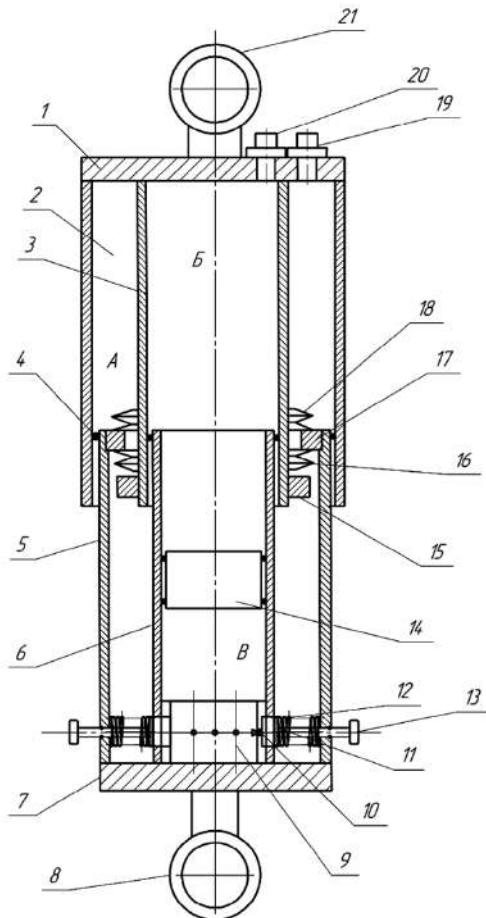


Рис. 3. Предлагаемая конструкция амортизатора

Гашение колебаний происходит за счет сжимания рабочей жидкости при наезде на неровности движителя ТТМ. В случае двухтрубного амортизатора – жидкость на ходе сжатия перетекает в дополнительную полость, тем самым компенсируя возникающие нагрузки. Причем перетекает рабочая жидкость через клапанные и дроссель-

ные отверстия, следовательно, скорость, поток, а значит и демпфирование, зависят от характеристик отверстий.

Регулирование скорости и степени проходимости рабочей жидкости между полостями на ходе отбоя и сжатия можно обеспечить за счет снятия клапанно-дроссельного блока и изменения характеристик, но данный способ подразумевает демонтаж и «осушение» амортизатора.

В предлагаемой конструкции в нижней части внедрены прижатые к клапанным и дроссельным отверстиям пластины (рис. 4), регулируемые внешними изолированными вентилями. Профиль пластин имеет четыре участка: две зоны с отверстиями разных диаметров, которые способны частично изменить скорость и поток перетекания рабочей жидкости; участок с полной пропускной способностью и полное перекрытие.

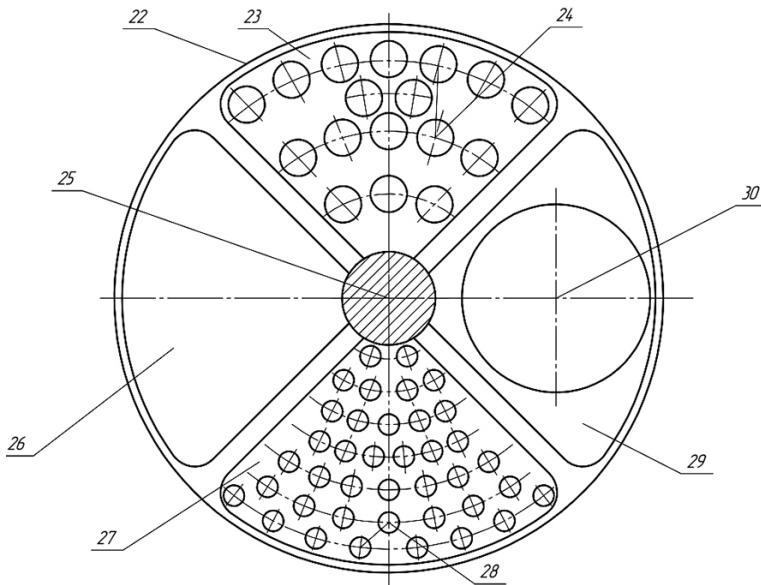


Рис. 4. Профиль внедряемой пластины регулирования

Стоит заметить, что круговой профиль и особое расположение отверстий в предлагаемой конструкции позволяют свободно регулировать

скорость и степень проходимости жидкости между полостями; к тому же возможно и гибридное положение, – когда часть отверстий перекрыты, а другая часть пропускает рабочую жидкость. Положение полного перекрытия также способно обеспечить режим работы амортизатора, схожего с гидравлическим цилиндром.

Данный амортизатор обладает менее металлоемким исполнением за счет отсутствия внешнего упругого элемента. Способен обеспечить как демпфирование, так и подавление динамических нагрузок, а также заключает в себя систему регулирования свойств. За счет чего подвеска с данным внедренным амортизатором в теории способна адаптироваться к различным условиям перевозки, что, в свою очередь, должно увеличить общую производительность и уменьшить затраты за счет снижения потребления топлива. Также предлагаемый амортизатор способен обеспечить надлежащую степень надежности, уменьшив влияние динамических нагрузок на ТТМ.

### **Литература**

1. Дербаремидкер А. Д. Гидравлические амортизаторы автомобилей. М. : Машиностроение, 1969. С. 7–9.
2. Репин С. В. Пневмогидравлический амортизатор: пат. 208894 Рос. Федерація. № 2021111075; заявл. 16.04.2021; опубл. 20.01.2022, Бюл. № 2. 1 с.
3. Роттенберг Р. В. Подвеска автомобиля. М. : Машиностроение, 1972. С. 3–10.
4. Репин С. В., Добромиров В. Н., Орлов Д. С. Исследование упругой характеристики нового гидропневматического амортизатора // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 5(76). С. 260–269.
5. Раймель Й. Шасси автомобиля, амортизаторы, шины и колеса. М. : Машиностроение, 1986. 320 с.
6. Кокорин А. Феномен Bose: почему лучшая в мире подвеска до сих пор не стала серийной // Колеса.ру. URL: <https://www.kolesa.ru/article/fenomen-bose-pochemu-luchshaya-v-mire-podveska-do-sih-por-ne-stala-serijnoj> (дата обращения: 30.10.24).
7. Доровских Д. В. Исследование устойчивости движения автомобильного поезда // Наука в центральной России. 2020. № 2(44). С. 16–22.
8. Репин С. В., Литвин Р. А., Коротчук Д. О. Анализ подвески автомобиля, основанной на магнитореологических амортизаторах // Грузовик. 2022. № 6. С. 28–31.
9. Репин С. В., Кумов Д. В. Особенности средств обеспечения плавности хода в условиях крайнего севера // Техническое обеспечение доступности арктических регионов: материалы IV Всероссийского научного семинара. СПб. : СПБГАСУ, 2023. С. 67–75.

**УДК 62-523**

*Михаил Александрович Мусливец,*  
аспирант  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: myslivec-2000@yandex.ru*

*Mikhail Alexandrovich Muslivets,*  
postgraduate student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: myslivec-2000@yandex.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВ ИНТЕГРАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В СУЩЕСТВУЮЩИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СЕТИ**

### **RESEARCH ON THE PROSPECTS OF INTEGRATING UNMANNED TRANSPORT SYSTEMS INTO EXISTING TRANSPORT NETWORKS**

В данной статье представлен обзор существующих автономных систем, установленных на транспортные средства в различных областях обслуживания. Проведен анализ внедрения беспилотных систем в легковой транспорт, коммерческий, сельскохозяйственный и строительные сектора. В последние годы технологии автономного вождения стремительно развиваются, и многие компании активно занимаются разработкой и тестированием беспилотных автомобилей. Эти системы имеют потенциал существенно изменить транспортную инфраструктуру, повысив безопасность на дорогах и улучшив эффективность работы. В рамках анализа внедрения беспилотных систем в легковой транспорт можно выделить значительное сокращение числа дорожно-транспортных происшествий за счет применения высокочувствительных датчиков и алгоритмов обработки данных в реальном времени. В коммерческом секторе автономные грузовики становятся неотъемлемой частью логистических операций. В сельском хозяйстве технологии автономного вождения также показывают положительный результаты. Беспилотные тракторы и другие машины повышают производительность, уменьшают время на обработку полей и минимизируют потребление ресурсов, что ведет к устойчивому развитию агросектора. Строительная отрасль, в свою очередь, наблюдает внедрение беспилотной техники, что помогает повышать эффективность выполнения работ и обеспечивать большую безопасность на строительных площадках.

*Ключевые слова:* эффективность, информационные технологии, роботы, робототехника, нейросети, транспортно-технологические машины, строительные и дорожные машины.

This article provides an overview of the existing autonomous systems installed on vehicles in various service areas. The analysis of the implementation of unmanned systems in passenger transport, commercial, agricultural and construction vehicles has been carried out. Autonomous driving technologies have been developing rapidly in recent years, and many companies are actively developing and testing self-driving cars. These systems have the potential to significantly change the transport infrastructure, increasing road safety and improving operational efficiency. As part of the analysis of the introduction of unmanned systems in passenger transport, we may identify a significant reduction in the number of road accidents due to the use of highly sensitive sensors and real-time data processing algorithms. In the commercial sector, autonomous trucks are becoming an integral part of logistics operations. In agriculture, autonomous driving technologies are also showing positive results. Unmanned tractors and other machines increase productivity, reduce field processing time and minimize resource consumption, which leads to sustainable development of the agricultural sector. The construction industry, in turn, is observing the introduction of unmanned vehicles, which helps to increase the efficiency of work and ensure greater safety on construction sites.

*Keywords:* efficiency, information technology, robots, robotics, neural networks, transport and technological machines, construction and road machines.

Современные транспортные системы находятся на этапе значительных изменений, обусловленных стремительным развитием технологий и изменением потребностей общества. Одной из самых перспективных и обсуждаемых тем является интеграция беспилотных транспортных систем (БТС), которые способны обеспечить более высокую безопасность, повысить эффективность и улучшить общее качество работы при эксплуатации. Данное исследование направлено на анализ перспектив внедрения беспилотных транспортных систем в существующие транспортные сети, оценку потенциала и рисков, связанных с их внедрением, и разработку обоснованных рекомендаций для эффективной реализации данной инициативы. В работе рассматриваются примеры успешных практик, проводятся сравнительные анализы различных подходов к интеграции БТС, а также прогнозируются возможные сценарии развития транспортных систем в условиях их использования [1].

На рис. 1 представлены автономные системы, которые широко внедряются в самые различные транспортные сети, так, например,

компания «Яндекс» активно использует в такси систему БТС в Екатеринбурге, Казани и в некоторых регионах Москвы. В коммерческом транспорте активно внедряются автономные системы компанией «КАМАЗ», которая в 2024 году представила самосвал «Атлант 49», а в 2023 году на выставке в Казани был показан карьерный вариант «Юпитер 30».



Рис. 1. Используемые БТС в различных областях транспортных систем

Сельскохозяйственный транспорт: в России не так давно начали внедрять автономные системы в сельскохозяйственную технику. Первыми стали испытывать автономный трактор, Петербургского тракторного завода, который оборудовал серийный трактор «Кировец» системой «ИТЭЛМА». Данная система позволяет выполнять некоторые функции в автономном режиме, продемонстрировано на рис. 2.

Данная система способствует работе трактора без участия человека в некоторых задачах, а именно подготовке почвы, посеву и посадке, внесению удобрений, уборке урожая и другим [2]. На трактор устанавливаются дополнительные камеры на кабину, а к бортовому компьютеру подключается система «ИТЭЛМА».

Был проведен анализ двух типов работы строительной машины. В первом случае ТТМ не оснащена системами беспилотных установок, а во втором все дополнительные системы установлены. Наше исследование будет сконцентрировано на производительности в процессе

работы машин. Для этого мы воспользуемся формулой 1, описывающей эксплуатационную производительность бульдозера:

$$\Pi = \frac{3600 \cdot q \cdot Kn \cdot Kv}{Kp \cdot t_{tq}}. \quad (1)$$



Рис. 2. Области применения системы «ИТЭЛМА»

Для ТТМ с беспилотными агрегатами изменим стандартную формулу, ведь управлять машиной будет роботизированная система. Поэтому формула 1 преобразуется и показана ниже:

$$\Pi = \frac{3600 \cdot q \cdot Kn \cdot Kv \cdot Ka \cdot Kэ}{Kp \cdot t_{tq} \cdot K_{ot}}, \quad (2)$$

где  $K_{ot}$  – коэффициент отклика робота (0,1–0,2),  $Ka$  – коэффициент автономности (0,5),  $Kэ$  – коэффициент эквивалентности времени работы робота (1,5).

Таким образом, в уравнение входят несколько коэффициентов, а именно: коэффициенты отзывчивости робота, его автономности, и равнозначности времени функционирования робота, которые определяют реакцию устройства на разнообразные воздействия

в процессе его работы в системах автоматизации. В ходе анализа функционирования технических транспортных средств (ТТС) были выявлены закономерности и измерены показатели эффективности [3]. Графическое представление результатов представлено на рис. 3.

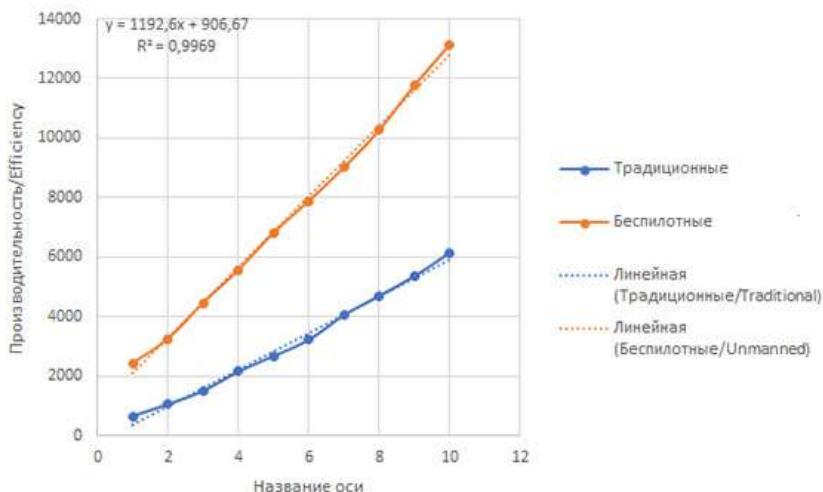


Рис. 3. Зависимости производительности ТТМ

### Заключение

В данной научной статье рассматриваются различные области применения БТС. В ходе исследования изучены материалы и технологии, лежащие в основе создания автономных систем управления для строительных машин, а также проанализированы существующие методы и подходы к решению данной проблемы. Также в ходе работы был проведен сравнительный анализ двух транспортных средств, а именно гусеничного бульдозера. Исследование проводилось на производительность и эффективность техники. Результаты исследования показали, что применение предложенных алгоритмов управления может повысить производительность работы строительных, коммунальных, легковых и других машин, а также улучшить безопасность эксплуатации.

**Литература**

1. *Липкин Е. Б.* Индустрия 4.0: Умные технологии – ключевой элемент в промышленной конкуренции. М. : Остек-СМТ, 2017. 223 с.
2. *Евтюков С. А., Евтюков С. С., Чудаков А. В., Куракина Е. В.* Наземные транспортно-технологические машины: монография / под общ. ред. С. А. Евтюкова. СПб ООО «Издательский дом «Петрополис», 2016. 504 с.
3. *Волков С. А., Евтюков С. А.* Строительные машины: учебник для строит. вузов; изд. переработано и дополнено. СПб. : ООО «Изд-во ДНК», 2012. 597 с.

**УДК 004.89**

Андрей Андреевич Выселка,

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: andreyvys@mail.ru*

*Andrei Andreevich Vyselka,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: andreyvys@mail.ru*

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА ЛОКАЛЬНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ (ЛИТС) КРУПНОГАБАРИТНЫХ, ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ И ОПАСНЫХ ГРУЗОВ**

### **FUNCTIONAL ARCHITECTURE OF A LOCAL INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM (LITS) FOR OVERSIZED, HEAVY, AND HAZARDOUS CARGO**

В статье рассматривается функциональная архитектура локальной интеллектуальной транспортной системы (ЛИТС), которая представляет собой иерархически организованную совокупность функциональных описаний подсистем, субъектов и объектов транспортной системы, а также их взаимодействий. Описывается необходимость разработки ЛИТС и её функциональной архитектуры для повышения эффективности управления дорожным движением, а также для снижения транспортных рисков, расходов и нагрузки на инфраструктуру. Представлены принципы построения архитектуры, анализ нормативно-правовой базы, регулирующей ключевые требования к системе, внедрение и эксплуатацию подобных систем, сформулированы основные цели локальной ИТС. В заключении приводится схема функциональной архитектуры, иллюстрирующая взаимодействие компонентов системы и их основные функции, а также её описание.

*Ключевые слова:* функциональная архитектура, ИТС, локальный проект интеллектуальной транспортной системы, цифровизация, крупногабаритные, тяжеловесные и опасные грузы.

The article examines the functional architecture of a Local Intelligent Transportation System (LITS), which represents a hierarchically organized set of functional descriptions of subsystems, subjects, and objects of the transportation system, as well as their interactions. The author describes the necessity of developing LITS and its functional architecture for improving traffic management efficiency and reducing transportation risks, costs, and infrastructure load. The principles of architecture design are presented, along with the analysis of the regulatory framework governing the key system

requirements, implementation, and operation of such systems. The main goals of the local ITS are formulated. The article concludes with a diagram of the functional architecture, illustrating the interaction of the system components and their main functions and its description.

*Keywords:* functional architecture, ITS, local intelligent transportation system project, digitalization, oversized, heavy, and hazardous cargo.

Цифровизация транспортной отрасли является ключевым фактором, способствующим повышению эффективности и безопасности перевозок. Особенно актуальной становится цифровизация в сфере перевозок крупногабаритных, тяжеловесных и опасных грузов, где управление и контроль за процессами требуют особого внимания и точности.

В настоящее время в связи с Распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 ноября 2023 г. № 3097-р об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года [1] возникает необходимость создания локальной интеллектуальной транспортной системы (ЛИТС) для перевозок крупногабаритных, тяжеловесных и опасных грузов, которые обусловлены повышенными рисками и нагрузкой на инфраструктуру. Локальная ИТС помогает обеспечивать безопасность на дорогах за счет мониторинга транспортных средств и условий движения, оптимизирует маршруты для снижения нагрузки на дороги и мосты, а также помогает соблюдать нормативные требования, снижая вероятность нарушений. Система также улучшает логистику, повышает экологическую эффективность за счет экономии ресурсов и снижает выбросы, предоставляя контроль над перемещением грузов в реальном времени.

Функциональная архитектура ИТС – иерархически организованная совокупность функциональных описаний подсистем, субъектов и объектов ИТС, а также их взаимодействий [2].

Создание функциональной архитектуры – важный этап при проектировании ЛИТС. Исходя из требований, прописанных в ней, строится физическая архитектура.

## **Основные принципы архитектуры локальной ИТС обеспечения перевозок крупногабаритных, тяжеловесных и опасных грузов**

Архитектура (системы) - базовая организация системы, реализованная в ее компонентах, связях этих компонентов друг с другом и внешней средой и принципах, определяющих проектирование и развитие системы [3].

Локальный проект (ЛП) – проект, имеющий определенные территориальные границы функционирования ИТС [4].

Основные принципы архитектуры локальной интеллектуальной транспортной системы (ИТС) для обеспечения перевозок КТГ и ОГ включают несколько ключевых принципов и компонентов. Они обеспечивают безопасность, эффективность и надежность транспортных операций.

Основными из них являются:

**1) Модульная архитектура** – система разделена на независимые модули, что упрощает добавление функций, масштабирование и повышает отказоустойчивость.

**2) Интеграция с существующими системами** – использование имеющихся данных и инфраструктуры снижает затраты, повышает согласованность и эффективность.

**3) Принципы Интернета вещей (IoT)** – устройства IoT собирают данные в реальном времени: мониторинг состояния, отслеживание маршрутов и погодных условий.

**4) Централизованное управление и мониторинг** – диспетчерский центр контролирует транспортные операции, оперативно реагирует на инциденты и анализирует данные для оптимизации.

**5) Анализ данных в реальном времени** – технологии больших данных и машинного обучения позволяют анализировать и принимать решения для улучшения маршрутизации.

**6) Безопасность и надежность** – контроль состояния транспорта и соблюдение правил перевозки предотвращают аварии и инциденты.

**7) Пользовательские интерфейсы** – интуитивные интерфейсы предоставляют доступ к данным и управлению операциями в реальном времени.

**8) Юридические аспекты** – соблюдение стандартов безопасности, экологических норм и отчетности по перевозкам.

**9) Маршрутное планирование** – интеллектуальные алгоритмы выбирают безопасные и эффективные маршруты с учетом дорожных условий.

**10) Взаимодействие с экстренными службами** – автоматическое уведомление о ЧП и обмен информацией с экстренными службами для минимизации последствий.

**11) Кибербезопасность** – защита системы от угроз: шифрование, аутентификация и мониторинг кибератак.

### **Построение функциональной архитектуры**

Определение требований к функциональной архитектуре интеллектуальных транспортных систем позволяет обеспечивать их построение в соответствии с реальными потребностями пользователей ИТС, снизить капитальные затраты и повысить эффективность системы в целом, определить оптимальный набор необходимых решений для первоначального внедрения и разработать план последующего развития или модернизации системы.

ГОСТ Р 56294-2014 устанавливает требования к физической и функциональной архитектурам интеллектуальных транспортных систем. Стандарт распространяется на проекты интеллектуальных транспортных систем, созданных на основе взаимодействия систем управления наземными транспортными средствами в городе и за его пределами.

Функциональная архитектура ЛП ИТС должна включать в себя уровни:

- режимов управления ЛП ИТС;
- сценариев управления ЛП ИТС;
- целей управления ЛП ИТС;
- основных функций ЛП ИТС;
- основных задач ЛП ИТС;
- дополнительных задач ЛП ИТС [2].

Были сформулированы следующие цели локальной ИТС:

1. Обеспечение и повышение безопасности дорожного движения и перевозок КТГ и ОГ.
2. Повышение эффективности выдачи специальных разрешений.

3. Сокращение ДТП с участием ТС, перевозящих КТГ и ОГ.
4. Повышение эффективности перевозок КТГ и ОГ.
5. Обеспечение интеграции с существующими ИТС.
6. Обеспечение и повышение кибербезопасности.
7. Повышение доступности транспортных услуг.
8. Обеспечение и повышение экологической безопасности.
9. Повышение эффективности работ по ликвидации ДТП и ЧС.
10. Обучение и подготовка персонала.

Исходя из всех требований была разработана функциональная архитектура, представленная на рисунке.

На представленной схеме функциональная архитектура ЛИТС описывает иерархию управления и ключевые функции, связанные с перевозкой КТГ и ОГ.

На верхнем уровне располагаются режимы управления ЛИТС.

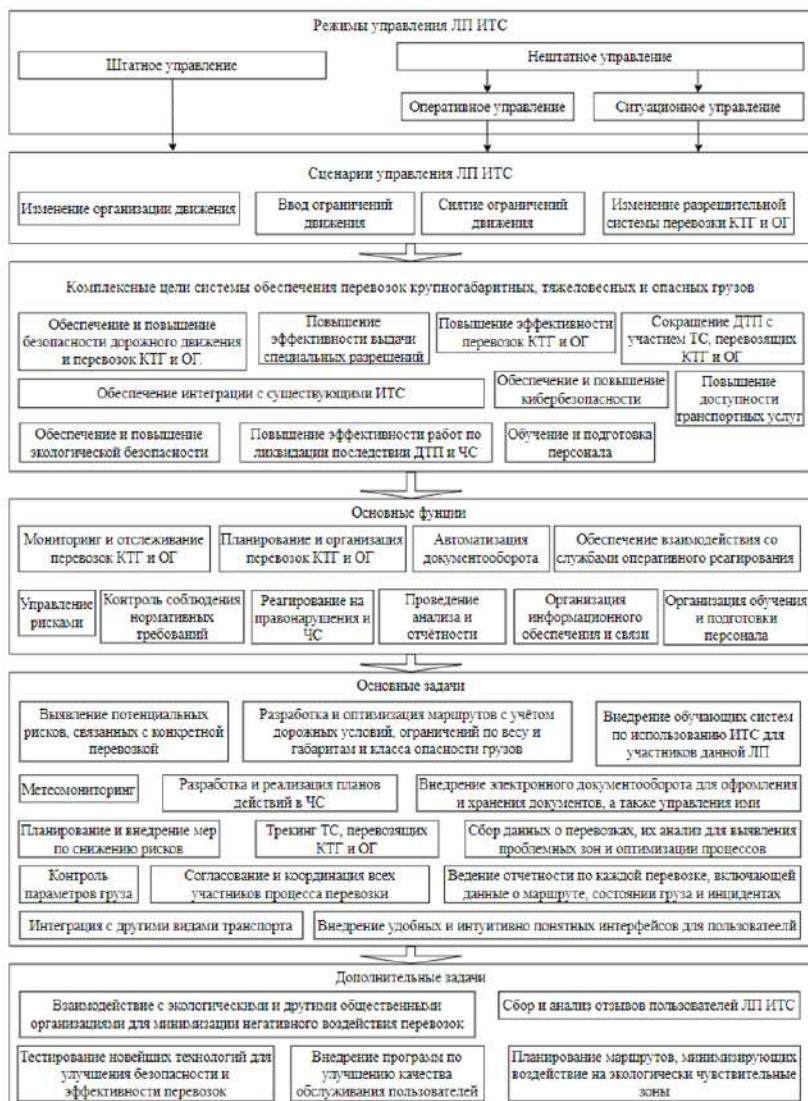
**Штатное управление.** Режим задействуется в обычных условиях, когда транспортная система функционирует в рамках стандартных требований. Он позволяет поддерживать рутинную эксплуатацию, обеспечивая стабильность транспортных потоков.

**Нештатное управление.** Активируется при обнаружении отклонений от нормального режима работы. Важность заключается в быстром переходе на усиленные меры контроля, что помогает оперативно реагировать на возникающие угрозы. Для перевозок КТГ и ОГ – это критично, так как даже малейшее нарушение может привести к серьезным последствиям, включая аварии или экологические инциденты.

**Оперативное управление.** Выполняется в реальном времени и позволяет отслеживать текущие условия на дороге, транспортные потоки и состояние инфраструктуры.

**Ситуационное управление.** Используется в случае аварий или чрезвычайных ситуаций, когда необходимо принимать быстрые и эффективные меры для минимизации последствий. Это режим кризисного реагирования, который крайне важен, так как любые аварии могут привести к масштабным катастрофам, как для людей, так и для окружающей среды.

## Актуальные проблемы современного строительства



Функциональная архитектура

На следующем уровне располагаются сценарии управления ИТС.

**Изменение организации движения.** Сценарий отвечает за регулирование движения в зависимости от транспортной ситуации. Для перевозки КТГ и ОГ это особенно важно, так как в определённых условиях (например, авария или чрезвычайная ситуация) может потребоваться изменять пути следования транспорта, чтобы избежать опасных зон.

**Ввод ограничений движения.** Введение ограничений необходимо в ситуациях, когда движение КТГ и ОГ может создавать угрозу для других участников движения или инфраструктуры (например, на узких дорогах, мостах, в сложных погодных условиях).

**Снятие ограничений движения.** Когда условия позволяют, система снимает ранее введенные ограничения для нормализации транспортного потока. Это важно для оптимизации грузовых перевозок, чтобы избежать задержек и снизить затраты на логистику.

**Изменение разрешительной системы перевозки КТГ и ОГ.** Сценарий позволяет корректировать правовые и нормативные аспекты перевозки, такие как требования к маршрутам, техническим параметрам транспортных средств или специальным разрешениям. Это особенно важно в условиях меняющейся дорожной ситуации или введения новых регламентов.

Основные цели ЛИТС при перевозке КТГ и ОГ направлены на обеспечение безопасности, повышение эффективности транспортных процессов, соблюдение нормативных требований и минимизацию рисков. Эти цели структурированы для решения ключевых задач, связанных с безопасностью на дорогах, экологической защитой и оптимизацией транспортных операций.

Основные функции ЛИТС интегрируют данные от различных систем и обеспечивают комплексный подход к управлению транспортными операциями, включая мониторинг, планирование и координацию.

**Мониторинг и отслеживание перевозок КТГ и ОГ.** Мониторинг позволяет в реальном времени отслеживать передвижение транспорта и состояние груза, что крайне важно для обеспечения безопасности и соблюдения графиков перевозки. Постоянное наблюдение позволяет выявлять отклонения от маршрута или нормативных требований.

**Планирование и организация перевозок КГТ и ОГ.** Планирование включает выбор наиболее безопасных и экономически выгодных маршрутов, учёт дорожных условий, габаритов и массы грузов, а также прогнозирование потенциальных рисков. Это снижает издержки и повышает безопасность перевозок.

**Автоматизация документооборота.** Автоматизация упрощает процесс оформления перевозок, позволяя быстро и точно обрабатывать разрешения, накладные и другие документы.

**Обеспечение взаимодействия с оперативными службами.** Быстрая координация с оперативными службами (полиция, МЧС и т. д.) позволяет эффективно реагировать на чрезвычайные ситуации, такие как аварии, утечки опасных веществ или другие инциденты.

**Управление рисками** помогает прогнозировать и предотвращать потенциальные угрозы на этапе планирования и в процессе перевозки.

**Контроль соблюдения нормативных требований.** Функция контроля обеспечивает соответствие всех перевозок действующим нормативным требованиям, что снижает риск штрафов и приостановки операций.

**Реагирование на правонарушения и чрезвычайные ситуации.** Минимизирует риски возникновения аварий или утечек опасных веществ.

**Проведение анализа и отчётности.** Система собирает данные о перевозках, нарушениях и инцидентах, что позволяет анализировать эффективность транспортных процессов и вносить корректизы для их улучшения.

**Организация информационного обеспечения и связи.** Правильная организация системы связи обеспечивает необходимой информацией всех участников ЛИТС в нужное время.

**Организация обучения и подготовки персонала.** Обучение и подготовка водителей и операторов ЛИТС повышают квалификацию персонала, что способствует снижению числа ошибок в работе.

Основные и дополнительные задачи направлены на достижение целей ЛП ИТС. Комплексное выполнение этих задач гарантирует стабильную работу транспортной системы.

## **Выходы**

Цифровизация транспортной отрасли и создание локальной интеллектуальной транспортной системы для перевозок крупногабаритных, тяжеловесных и опасных грузов играют ключевую роль в повышении безопасности и эффективности перевозок. Структурированный подход к проектированию ЛИТС, основанный на модульной архитектуре и использовании современных технологий, таких как IoT и анализ данных в реальном времени, обеспечивает высокий уровень контроля над процессами, что особенно важно для грузов, представляющих повышенные риски.

Предложенная функциональная архитектура ЛИТС позволяет не только управлять перевозками, но и интегрироваться с существующими системами, что снижает затраты и повышает согласованность работы. Важным элементом является обеспечение кибербезопасности и соблюдение нормативных требований, что минимизирует риски инцидентов и аварий, включая экологические катастрофы. Система также поддерживает взаимодействие с экстренными службами, что позволяет оперативно реагировать на чрезвычайные ситуации.

Реализация ЛИТС позволит значительно сократить количество ДТП с участием транспортных средств, перевозящих КТГ и ОГ, повысить экологическую безопасность и улучшить качество обслуживания. Внедрение таких систем является необходимым шагом на пути к созданию безопасной и устойчивой транспортной инфраструктуры, что соответствует стратегическим целям цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации.

## **Литература**

1. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 ноября 2023 г. № 3097-р. URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/2/12953> (дата обращения 01.10.2024).
2. ГОСТ Р 56294–2014. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем [Электронный ресурс]. Введ. 01.07.2015. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115739> (дата обращения 02.10.2024).

3. ОДМ 218.10.001-2020. Методические рекомендации по разработке типовой архитектуры ведомственной интеллектуальной транспортной системы в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства: утв. 16.09.2020, распор. ФДА № 2871-р. М. : Росавтодор, 2020. 30 с.

4. ОДМ 218.9.011-2016. Рекомендации по выполнению обоснования интеллектуальных транспортных систем: утв. 25.04.2016, распор. ФДА № 632-р. М. : Росавтодор, 2016. 70 с.

УДК 656.01

*Екатерина Дмитриевна Красногорцева,  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: krasnogortzeva.ekaterina@yandex.ru*

*Ekatерина Dmitrievna Krasnogortseva,  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: krasnogortzeva.ekaterina @yandex.ru*

# ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ MAAS

# FORMATION OF THE POSITION OF INDIVIDUAL MOBILITY EQUIPMENT WITHIN THE FRAMEWORK OF THE MAAS CONCEPT

В настоящее время вопрос выбора способа передвижения в городских условиях становится все более актуальным. С появлением различных технологий у людей возникла возможность выбора различных видов транспортных средств. Из-за роста автомобилизации и дорожных заторов люди отдают предпочтение альтернативным способом передвижения, поэтому растет составляющая микромобильности населения. Микромобильность является важным элементом в городах, где общественный транспорт не так развит, таким образом, появляется возможность совершать поездки на короткие расстояния, например от дома к метро или остановке общественного транспорта. К микромобильности относят велосипеды, а также различные средства индивидуальной мобильности (СИМ) – электросамокаты, моноколеса, гироскутеры, сегвеи и пр.

**Ключевые слова:** транспортное обслуживание, средства индивидуальной мобильности, интеллектуальные транспортные системы, организация и безопасность дорожного движения, транспортные системы городов, микромобильность.

Currently, the issue of choosing the mode of movement in urban conditions is becoming more and more relevant. With the advent of various technologies, people have the opportunity to choose different types of vehicles. Due to the growth of motorization and traffic congestion, people prefer alternative ways of transportation, therefore, the component of the population's micromobility is growing. Micromobility is an important element in cities where public transport is not developed enough, so it becomes possible to travel short distances, for example from home to the subway or public transport stop. Micromobility includes bicycles, as well as various means of individual mobility (MIM) – electric scooters, monowheels, hoverboards, segways, etc.

*Keywords:* transport services, means of individual mobility, intelligent transport systems, road traffic organization and safety, urban transportation systems, micromobility.

С 1 марта 2023 года в России средства индивидуальной мобильности (СИМ) стали новым видом транспорта, вступили в силу изменения в постановление Совета Министров. За 6 месяцев 2024 года зарегистрировано 1891 (+81,3 %) ДТП с участием СИМ, в которых погиб 21 (+75 %) человек, в том числе 3 несовершеннолетних в возрасте до 16 лет. Ранения получили 1972 (+82,3 %) человека, в числе которых 354 ребенка в возрасте до 16 лет (рис. 1) [1].

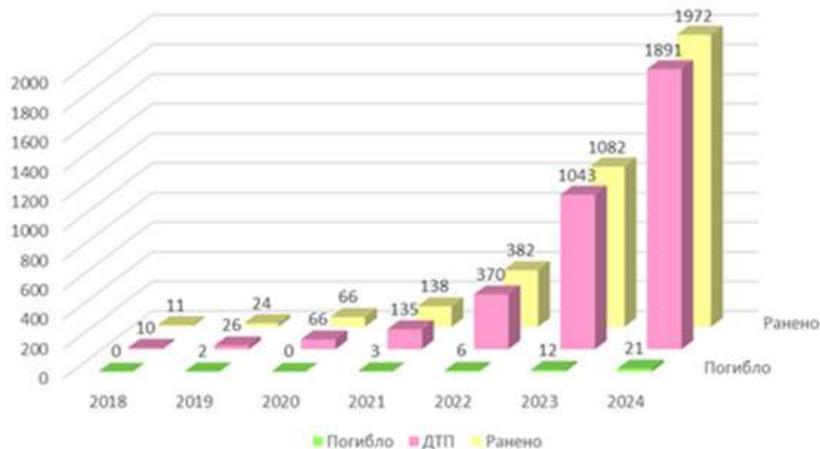


Рис. 1. Динамика основных показателей аварийности с участием СИМ

Целесообразно рассмотреть перспективу внедрения элементов СИМ в концепцию транспортного обслуживания. В транспортной системе городов одним из основных показателей ее эффективности является качество транспортного обслуживания. Развитие общественного транспорта и микромобильности населения необходимо, чтобы снизить количество личных автомобилей на улицах города для улучшения экологической ситуации, а также снижение транспортных заторов.

На сегодняшний день одним из перспективных методов организации движения людей в городе является – Мобильность как услуга

(Mobility as a Service, MaaS). Разные транспортные услуги объединены в приложение, которое доступно в любое время и в любом месте. Используя телефон, пассажир сможет провести маршрут с использованием различных видов транспорта от места нахождения до любой точки прибытия, а также оформить необходимые билеты и заказы единым платежом. Оно позволяет использовать одно приложение для обеспечения доступа к различным вариантам организации перевозки с одним каналом оплаты вместо нескольких операций по продаже билетов и оплате [2].

Но на сегодняшний день СИМ не являются элементом концепции Mobility as a Service, несмотря на рост их использования.

Для успешной интеграции СИМ в данную систему необходимо провести транспортный мониторинг перемещений жителей городов. Это позволит определить места с наиболее частым передвижением СИМ. Mobility as a Service будет предоставлять более точные маршруты для жителей, а также предоставлять удобную оплату за пользование электросамокатом [3].

На основании исследований и анализа методов опыта российских и зарубежных специалистов, были выделены основные этапы внедрения СИМ в Mobility as a Service (рис. 2).

**Анализ спроса и рынка использования СИМ.** На начальном этапе необходимо проанализировать потребность граждан в средствах индивидуальной мобильности. Согласно данным форума «Транспорт России», за 2023 год было совершено 208 млн поездок на СИМ. Число электросамокатов выросло на 36,67 %, число пользователей СИМ увеличилось на 57,53 % [4].

**Исследования наличия и причин существующих проблем.** За 6 месяцев 2024 года зарегистрировано 1 891 (+81,3 %) ДТП с участием СИМ.

**Создание или модернизация инфраструктуры для передвижения СИМ.** Для успешного внедрения СИМ в MaaS также необходима соответствующая инфраструктура. Пользователи СИМ оставляют электросамокаты в произвольных местах, что создает проблемы для передвижения пешеходов. Также целесообразно рассмотреть формирование зон для передвижения СИМ и разделения управления дорожного движения (УДД) с другими ТС.



Рис. 2. Этапы внедрения СИМ в концепцию Mobility as a Service

**Внедрение системы геопозиционирования.** Благодаря данной системе будет происходить отслеживание движения и местоположения СИМ. Одним из важных аспектов такой системы является безопасность движения электросамоката. Также благодаря геопозиционированию будет возможность определения зон ограниченного доступа для СИМ, что позволит лицам, передвигающимся на СИМ не перемещаться в запрещенных местах [5].

На основании исследования разработана схема спутникового мониторинга транспорта с участием СИМ (рис. 3).

Результаты исследования показывают, что средства индивидуальной мобильности имеют значительный потенциал для улучшения транспортного обслуживания населения и повышения качества жизни

горожан. Однако для успешного внедрения и развития сервисов MaaS необходимо учитывать ряд факторов, таких как законодательная база, инфраструктура, организация и безопасность дорожного движения.

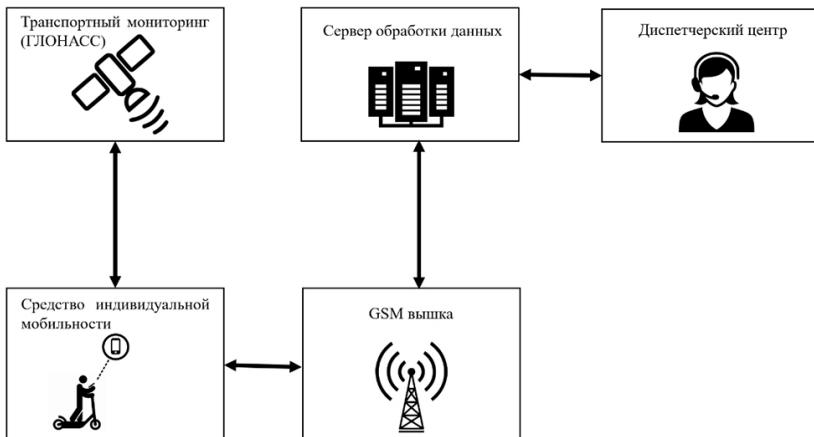


Рис. 3. Структурная схема системы спутникового мониторинга транспорта с участием СИМ

### Литература

- Научный центр безопасности дорожного движения [Электронный ресурс]. URL: <https://нцбдд.мвд.рф> (дата обращения 18.10.2024).
- Зеленцова В. В., Слободчиков Н. А. К вопросу о перспективах развития концепции «Умный город». Описание системы Maas (mobility as a service) // Системный анализ и логистика. 2022. № 1(31). С. 115–121. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-1-115-121.
- Красногорцева Е. Д., Голов Е. В. Интеграция модулей управления средствами индивидуальной мобильности в функциональную архитектуру ИТС для повышения безопасности дорожного движения // Транспортное дело России. 2023. № 5. С. 221–225.
- Новости в России и мире – ТАСС [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/19298425> (дата обращения 15.10.2024).
- Солодкий А. И., Евтуков С. С., Черных Н. В. Цифровая трансформация транспортной отрасли Российской Федерации. Перспективы развития // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2024. № 1(76). С. 91–99.

**УДК 625.7**

*Михаил Андреевич Лебедев,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: marta2013apple@gmail.com*

*Mikhail Andreevich Lebedev,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: marta2013apple@gmail.com*

## **ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЕНИИ-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **FEATURES OF THE INFLUENCE OF LOAD ON THE STRESS-STRAIN STATE OF ROAD STRUCTURES**

В данной статье приведен анализ влияния на напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции таких факторов, как длительность приложения нагрузки и динамичность ее воздействия. Длительность воздействия нагрузки на покрытие характеризуется скоростью движения транспортного средства, поэтому в данной работе приведены зависимости перемещений поверхности покрытия и вертикальных напряжений на поверхности слоя земляного полотна под действием транспортных средств с различной скоростью. Под динамичностью воздействия нагрузки понимается изменчивость передаваемых на дорожную конструкцию усилий во времени под действием колебаний, возникающих процессе движения транспортного средства. В статье приведен анализ подходов к оценке степени разброса величин передаваемых усилий и их амплитудных значений. Также в рамках работы рассмотрены особенности деформаций дорожных одежд при проезде транспортных средств с группами сближенных осей.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, дорожная конструкция, дорожная одежда, коэффициент динамичности, осевые нагрузки.

This article provides an analysis of the influence of such factors as the duration of load application and the dynamics of its impact on the stress-strain state of a road structure. The duration of the load impact on the pavement is characterized by the speed of the vehicle, so this paper provides the dependencies of the displacement of the pavement surface and vertical stresses on the surface of the roadbed layer under the action of vehicles at different speeds. The dynamics of the load impact means the variability of the forces transmitted to the road structure over time under the action of vibrations that occur during the movement of the vehicle. The article provides an analysis of approaches to assessing the degree of variation in the values of the transmitted forces and

their amplitude values. The work also considers the features of road pavement deformations when vehicles with groups of closely spaced axles pass.

*Keywords:* stress-strain state, road surface, road pavement, dynamic coefficient, axle loads.

Напряженно-деформированное состояние дорожных одежд детерминировано четырьмя реологическими свойствами. Это прочность, упругость, вязкость и пластичность. Свойство прочности проявляется в сопротивлении материала разрушающему воздействию внешних сил. Применительно к дорожным конструкциям прочность выражается в способности материалов монолитных слоев покрытий и оснований под воздействием нагрузок сохранять сплошность, а для слоев из несвязанных материалов и грунта земляного полотна – в сопротивлении к накоплению остаточных деформаций формоизменения в результате воздействия сдвиговых напряжений. Упругость – это свойство дорожной одежды после приложения нагрузок полностью восстанавливать вызванные ими деформации. Пластичность характеризует работу дорожной конструкции с точки зрения накопления остаточных деформаций. Фактор вязкости в работе дорожных одежд характерен для слоев оснований и покрытий, содержащих органические вязущие, и проявляется в зависимости от температурного режима работы конструкции, а также от величины и длительности приложения нагрузки. Вклад в напряженно-деформированное состояние дорожных конструкций каждого из приведенных выше реологических свойств зависит от температурно-влажностного режима работы конструкции и от характера приложения нагрузки. В данной статье будут рассмотрены особенности влияния на напряженно-деформированное состояние дорожных конструкций нагрузок, различных по величине, площади действия и длительности приложения.

Проявление вязкостных свойств материалов слоев дорожных одежд с органическими вязющими определяется длительностью приложения нагрузки. С увеличением скорости транспортного средства происходит уменьшение длительности действия нагрузки в каждой точке на поверхности покрытия. Следствием этого является увеличение модулей упругости слоев конструкции, что объясняется способностью

материалов к релаксации – самопроизвольному снижению напряжений в нагруженных телах или средах при постоянной полной деформации [1]. Способность материала к релаксации характеризуется отношением мгновенного и длительного модулей упругости. Высокие релаксационные качества слоев, содержащих органические вяжущие, при снижении длительности нагружения приводят к снижению прогибов дорожной одежды за счет увеличения модулей упругости. Также происходит снижение вертикальных нормальных напряжений на границах слоев за счет того, что увеличение модулей упругости слоев асфальтобетона при увеличении скорости движения транспортного средства опережает возрастание модулей упругости слоев основания и грунта земляного полотна. Это приводит к возрастанию относительных модулей упругости слоев конструкции, что и сказывается на снижении вертикальных нормальных напряжений. В подтверждение вышеизложенных утверждений в книге Б. С. Радовского, А. С. Супруна и И. И. Козакова приведена зависимость перемещений поверхности дорожной одежды под действием колес автомобилей (прогиба покрытия) и нормальных вертикальных напряжений на поверхности слоя грунта земляного полотна от скорости движения транспортных средств (рис. 1, 2) [2].

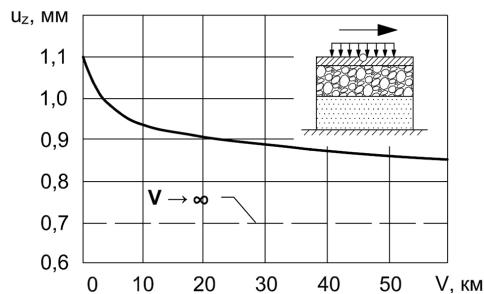


Рис. 1. Зависимость перемещений поверхности дорожной одежды под действием колес автомобилей (прогиба покрытия) от скорости движения транспортных средств

Анализируя графики, можно сделать вывод, что существенные изменения в прогибах дорожных одежд и вертикальных напряжениях

на поверхности земляного полотна происходят при малых скоростях, в диапазоне 0–40 км/ч.

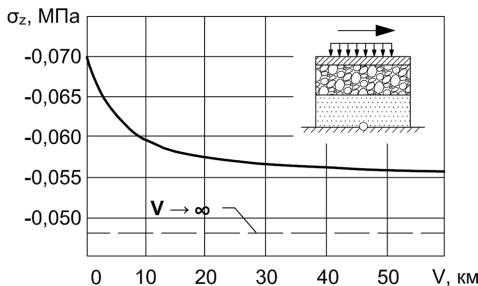


Рис. 2. Зависимость нормальных вертикальных напряжений на поверхности слоя грунта земляного полотна от скорости движения транспортных средств

Анализируя графики, можно сделать вывод, что существенные изменения в прогибах дорожных одежд и вертикальных напряжениях на поверхности земляного полотна происходят при малых скоростях, в диапазоне 0–40 км/ч.

При рассмотрении влияния скорости проезда транспортных средств на конструкции дорожных одежд с покрытиями, содержащими минеральные вяжущие, а также с грунтами земляного полотна, укрепленными неорганическими вяжущими, важно отметить, что возрастание модулей упругости таких слоев происходит медленнее, чем в слоях, укрепленных органическими вяжущими или неукрепленных глинистых грунтах земляного полотна, что снижает относительные модули упругости на границах слоев и приводит к увеличению вертикальных напряжений, передаваемых на поверхность земляного полотна.

Нагрузки, передаваемые колесами движущихся транспортных средств на дорожное покрытие, характеризуются изменчивостью во времени и пространстве. Основными факторами, влияющими на степень этой изменчивости, являются:

- ровность покрытия;
- скорость движения транспортного средства;

- тип подвески автомобиля;
- соотношение подпрессоренных и неподпрессоренных масс.

Существует множество подходов к оценке динамического воздействия транспортных средств на дорожные конструкции. В данной статье будут рассмотрены две методики оценки: наиболее распространенная практика назначения коэффициентов динамичности и показатель, который позволяет оценить величину разброса величин передаваемых на покрытие нагрузок.

Коэффициент динамической нагрузки DLC используется, чтобы охарактеризовать уровень вариации нагрузки, передаваемой колесами грузовых транспортных средств на дорожную одежду при проезде по участку автомобильной дороги [3].

На основании экспериментальных данных о проезде транспортного средства составляется распределение вероятностей моментных нагрузок на исследуемом участке. Средняя величина  $F$  такого распределения является нагрузкой, передаваемой колесом на покрытие в статическом состоянии. Также данное распределение характеризуется величиной среднеквадратичного отклонения  $\sigma$ . Значение коэффициента DLC определяется по формуле

$$DLC = \frac{\sigma}{F}.$$

На рис. 3 приведено распределение вероятностей давлений, передаваемых колесом на покрытие в рамках натурных измерений [4].

Также в ходе экспериментальных исследований было установлено, что на величину коэффициента DLC влияет ровность покрытия и скорость движения транспортного средства. Измерения были проведены на трех участках с различными значениями индекса IRI при различных скоростях движения автомобиля (рис. 4).

Приведенная на рис. 4 зависимость показывает, что вариативность передаваемых нагрузок на покрытие возрастает с увеличением скорости движения транспортного средства и значения индекса IRI.

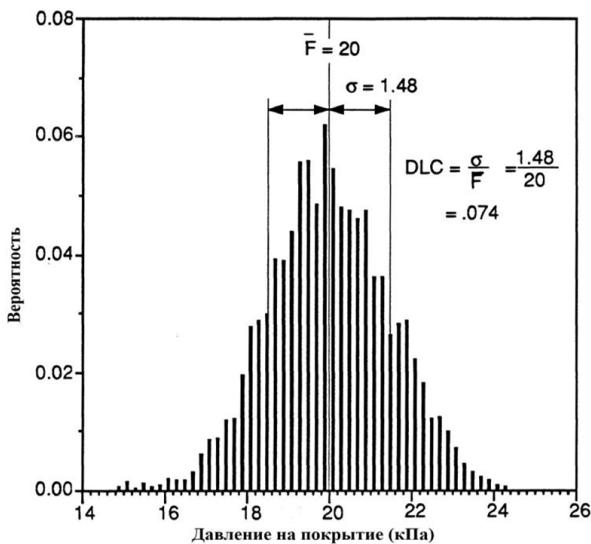


Рис. 3. Распределение вероятностей давления, передаваемого колесом на покрытие

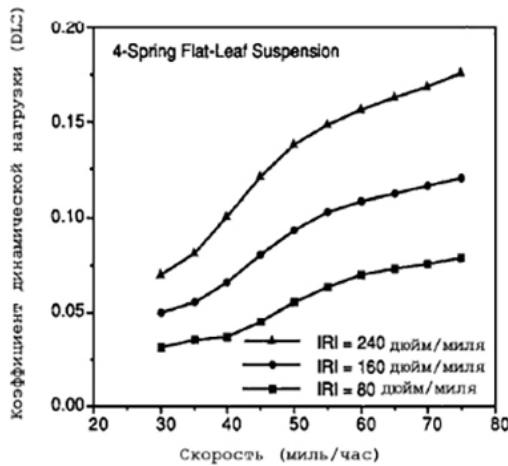


Рис. 4. Зависимость коэффициента DLC от скорости и ровности покрытия

Далее перейдем к рассмотрению коэффициента динамичности. В рамках эксперимента, проведенного организацией OECD, целью которого являлось изучение динамического воздействия грузовых автомобилей на дорожную конструкцию, измеряли нагрузки на оси транспортного средства в движении при его проезде по участку автомобильной дороги [5]. Однако в данном случае коэффициент вычислялся как отношение фактической нагрузки на ось ТС, зарегистрированной при взвешивании и статической нагрузки. Он являлся характеристикой каждой из осей автомобиля. Совокупный коэффициент динамичности для транспортного средства вычислялся путем деления суммы зарегистрированных при измерении фактических нагрузок на каждую ось ТС к полной массе транспортного средства.

Испытания проводились при небольших скоростях: 43,3; 44,6; 44,8; 46,1; 47,6 км/ч (рис. 5).

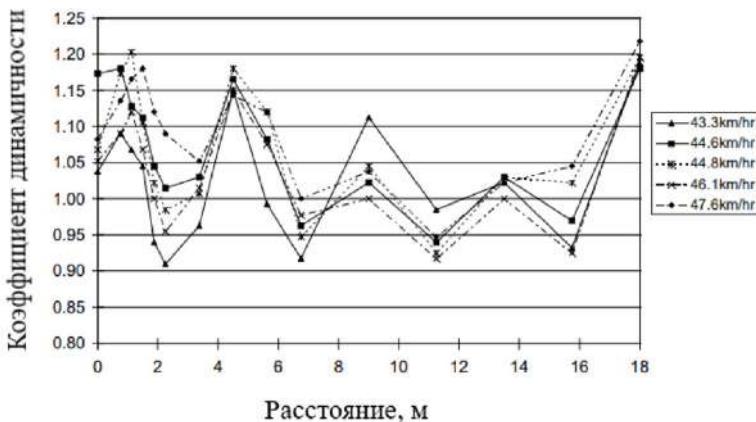


Рис. 5. Значения коэффициента динамичности при различных скоростях движения

Но даже при незначительных отличиях скоростей проезда наибольших амплитудных значений коэффициента динамичности достигли автомобили, передвигавшиеся с большей скоростью.

Однако не только скорость движения влияет на величины передаваемых на дорожное покрытие нагрузок. Существенно повлиять на

напряженно-деформированное состояние дорожной конструкции может также различное взаимное расположение осей и колес транспортного средства. Наиболее эффективным методом перераспределения нагрузок от транспортных средств по большей площади поверхности покрытия является увеличение числа осей транспортного средства. Именно по этой причине на рынке транспортных средств существует широкий выбор прицепов и полуприцепов с количеством осей 2 и более, объединенных в группу.

Критерием отнесения осей к одной группе является межосевое расстояние, которое для осей, входящих в одну группу, составляет не более 250 см. Причиной объединения осей в группы является взаимное влияние нагруженных осей транспортного средства друг на друга при расстоянии между ними менее 250 см. Это влияние выражается в возрастании величин вертикальных напряжений и прогибов дорожной одежды под каждой из осей в группе под влиянием соседних осей. Оценка этого взаимного влияния значительно упрощается благодаря принципу суперпозиции осевых нагрузок, который позволяет, имея данные о прогибе дорожной одежды под одиночной осью с заданной нагрузкой, получить данные о прогибе, который будет соответствовать проезду нескольких сближенных равнонагруженных на ту же величину осей.

В качестве экспериментального доказательства применимости принципа суперпозиции можно привести результаты исследования на кольцевом испытательном стенде, в котором с помощью датчиков вертикальных перемещений измеряли прогибы под воздействием равнонагруженных одиночных и сдвоенных осей (рис. 6).

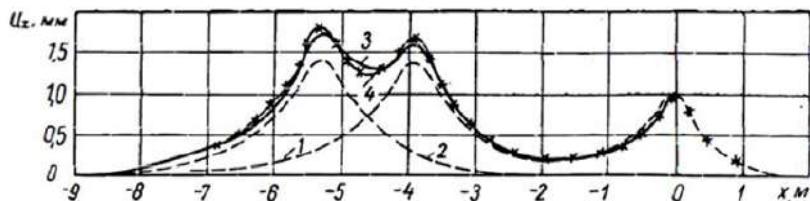


Рис. 6. Результаты экспериментальной проверки применимости принципа суперпозиции

Кривая 1 на рис. 6 соответствует чаще прогиба поверхности покрытия при проезде двухосного грузовика с нагрузкой на переднюю ось 44 кН, а на заднюю – 90 кН. Кривая 2 – очертание изогнутой поверхности покрытия при движении одной оси с нагрузкой 90 кН. Путем сложения ординат кривых 1 и 2 получена кривая номер 3, которая, в случае подтверждения применимости принципа суперпозиции, будет совпадать с чащей прогиба трехосного грузовика КрАЗ-257 с нагрузкой на переднюю ось 44 кН и 90 кН на каждую ось в группе сдвоенных осей. Кривая 4 получена в результате проезда КрАЗ-257 с вышеуказанными параметрами. Как видно, кривая 3 и 4 практически совпадают, что позволяет сделать вывод о применимости принципа суперпозиции осевых нагрузок и о возможности выявления закономерности в определении взаимного влияния осей в группе друг на друга.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

- применительно к рассмотрению дорожных одежд, слои которых имеют в своем составе органическое вяжущее, рост скорости движения транспортных средств приводит к снижению прогибов покрытия и передаваемых на поверхность земляного полотна вертикальных нормальных напряжений;
- увеличение скорости движения транспортного средства вкупе с возрастанием неровности покрытия увеличивает величину положительных амплитудных колебаний нагрузок, передаваемых на покрытие;
- оценка наложения прогибов дорожных одежд при проезде групп сближенных осей может быть осуществлена при применении принципа суперпозиции.

### **Литература**

1. Радовский Б. С. Поведение дорожной конструкции как слоистой вязкоупругой среды под действием подвижной нагрузки // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1975. № 3. С. 78–89.
2. Радовский Б. С., Супрун А. С., Козаков И. И. Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей. Киев : Будивельник, 1989. 168 с.
3. Конорев А. С. Учет динамического воздействия многоосных транспортных средств при расчете дорожных конструкций: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 2012. 185 с.

4. *Cebon D., Winkler C. B.* Multiple-sensor Weigh-in-motion: Theory and Experiments Transportation Research – Record No. 1311. TRB. Washington DC. 1991. P. 70–78.
5. OECD road transport research. Technical report: Dynamic interaction between vehicles and infrastructure experiment (DIVINE). OECD. Paris, 1998.

# ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

---

УДК 624.05

Иван Дмитриевич Бешенцев,  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail:* ivanbeshentsev@yandex.ru

*Ivan Dmitrievich Beshentsev,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail:* ivanbeshentsev@yandex.ru

## ПРАЖСКИЙ ТРАМВАЙ: ОПЫТ, ДОСТОЙНЫЙ ВНИМАНИЯ

### PRAGUE TRAM: AN EXPERIENCE WORTH PAYING ATTENTION TO

Довольно сложно найти подход к проектированию городских транспортных систем. Различные условия планировки города, постоянно меняющиеся внешние условия, урбанизация и автомобилизация, заблуждения о вреде общественного транспорта не позволяют сосредоточиться на главном – обеспечить перевозку наибольшего количества горожан, используя меньше городских транспортных средств и пространства для этой цели. Однако есть пример города, который преодолел большинство этих проблем и сумел создать эффективную транспортную систему на основе трамвая – это Прага. Наша цель – не копировать полностью, а применить решения, аналогичные пражским: развитие маршрутной сети, обслуживание инфраструктуры и диспетчеризация. Рассмотрим все аспекты содержания и развития трамвайного хозяйства Праги структурно, не вдаваясь в подробности. Результатом исследования станет формирование представления об организации работы и управлении городским транспортом.

*Ключевые слова:* трамвай, легкий рельсовый транспорт (ЛРТ), транзит-но-пересадочный узел (ТПУ), история Праги, единый стандарт навигации (ECH).

It is quite difficult to find an approach to the design of urban transport systems. Different conditions of the city layout, constantly changing external conditions, urbanization and motorization, and misconceptions about the dangers of public transport do not allow us to focus on the main thing – to ensure the transportation of the largest number of citizens, using the smallest urban space for this purpose. However, there is an example of a city that has gone through most of these problems and managed to build an efficient transport system based on the tram – it is Prague. Our goal is not to copy completely, but to apply solutions similar to those in Prague: the devel-

opment of the route network, infrastructure maintenance and dispatching. Let us consider all aspects of maintaining and developing the tram economy of Prague structurally, without going into unnecessary details. The result of the research will be the formation of an idea about the organization of work and management of urban transport.

*Keywords:* tram, light rail tram (LRT), transit transfer hub (TTH), history of Prague, uniform navigation standard (UNS).

The Prague tram is a developing system of high-speed communication in Prague and its agglomeration. In the beginning, the system was developed by individual business magnates to improve the accessibility of employees to enterprises. In 1898, entrepreneurs bought out the horse-drawn tram network, and reconstructed it into a tram. Also, the tram tracks lay on the main attraction of the city – the Charles Bridge, they left there in 1908 due to the rupture of stones (even the gabbro diabase laid between the tracks could not withstand the high traffic intensity) [1].

The uniqueness of the tram on the Charles Bridge was that the inventor Frantisek Krzyzyk realized the supply of electricity not from the contact wire, but from the roadway of the bridge (Fig. 1). Power contacts were placed in the canvas, which supplied voltage to it during the passage of the tram – but only when the tram passed over them – the rest of the time they did not bother anyone. However, the pantograph was still there – the “positive” pole on the wire.



Fig.1. Tram on the Charles Bridge, 1898 [1]

During WWI, the function of the tram was expanded – it became half freight. Sanitary trams for transporting the wounded, weapons, and other goods – all this existed before the signing of the peace treaty in 1918. Further, the system developed gradually, despite various events and epochs – the wave of motorization tangentially bypassed socialist Prague, and only the metro slightly changed the plans for the development of the tram system [2]. Today, the city has 142.7 km of trackbed, 275 stops, 38 routes with a total length of 557.8 km of which:

- 26-day jobs (working daily from 4:30 a.m. to 1:00 a.m.),
- 9-night jobs (working at night from 1:00 a.m. to 4:30 a.m.),
- 3 museum routes (open from the end of March to the end of October, from 11:00 to 18:00).

Numbering of routes: daytime №№ 1–26, 35–37 – temporary, compensatory (introduced during the closure of certain sections), night – №№ 90–99 and museum – №№ 41–43. The intervals of movement on different routes are shown in the table.

#### **Routes, their opening hours and travel intervals**

Route category	№№	Morning and evening rush hours, min.	Day, min.	Late evening, min.	Weekends, min.
Diametral	9, 17, 22	4	5	10	7,5...10
Magistral (to the suburbs / gave away districts)	5, 6, 7, 11	8	10	10	7,5...10
Drop-offs	1, 2, 3, 4, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 25, 26	8	10	20	15...20
Night	90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99	–	–	Night: будни (without friday) 25...30 min	Night: friday + weekend 20...25 min

*Окончание таблицы*

Route category	№№	Morning and evening rush hours, min.	Day, min.	Late evening, min.	Weekends, min.
Museum	41 (sat-sun)	—	—	—	60
	42 (thu-sun)	—	60	—	60
	43 (wed)	—	60	—	—

In Prague, there are 7 tram depots serving linear output and 1 park for museum and service rolling stock (RS) – a total of 8. Voltage 600 V, track width – 1435 mm, average speed – 18.78 km/h. The number of wagons is 811. The RS on the routes is mostly outdated, for the most part these are Tatra T3 wagons of various modifications, there are also Tatra KT8D5 (Fig. 2), and Skoda trams: 14T and 15T (Fig. 3).

Anyway, all the wagons are locally made. Museum routes are also served not by replicas of antique wagons, but by those very historical wagons of the 1930s and 1940s (Fig. 4). Two-axis, with a cafe and one route, No. 41, even works for the price of a regular ticket. Route 42 is partially circular and operates in the area of the historical center [3].



Fig. 2. Wagons: Tatra T3M, Tatra T3R.PLF и Tatra KT8 [4]



Fig. 3. Wagons Skoda 14T, Skoda 15T [4]



Fig. 4. Museum wagons Ringhoffer DSM, Ringhoffer DSM 88 [4]

The Prague tram destroys the main myth of those incompetent transport officials who consider the tram a vestige of the transport system. Under what pretext have the tram tracks not been repaired for years? They say that the vibration of the tram destroys historical buildings [5]. The question is just about the infrastructure! It is necessary to weld joints and sharpen wheelsets daily – and there will be no problems! Trams, even the oldest ones, will be silent, vibration-free and fast. It is also necessary to automate the arrows, make them perfectly smooth – and there will be no stops before the crossroads where the driver gets out with a crowbar. But what architecture really suffers from is the harmful emissions of cars, they are not allowed on some streets in the Czech capital (more on that later). Therefore, in Prague, the historical buildings in the city look better than in many richer cities, where they still believe that an extra lane and everything will go, but not for public transport. In the same logic lies the misconception that the tram needs a “wide street” [6]. We are used to the fact that any transport requires a large space for movement. However, the main advantage of mass transport is the transportation of more passengers, occupying a smaller area of urban land. The tram occupies a leading position in this indicator (Fig. 5). And also, the tram is the only one of all types of transport, it has a constant size – due to the rails, of course. In Russia, such problems are solved by changing the regulatory framework – the SR (a set of rules), GOST standards are morally outdated, and do not meet the requirements of today.

In Russia, the issue of waiting for public transport is misinterpreted. They make comfortable stops, with underfloor heating and an online scoreboard - in short, they make a comfortable wait [3]. But it is the waiting that annoys many users of public transport. What's the point of sitting

and charging your phone at a bus stop when you urgently need to get to your destination? In the city, it is important not to wait comfortably, but to move quickly – and difficulties arise with the latter. The schedule is drawn up incorrectly, many corridors lack the necessary dedicated lanes – and boarding transport from a stop is often unsafe: the absence of platforms raised to the vehicle level, also called Viennese, affects [7].



Fig. 5. The tram can enter even the narrowest arches [5]

In a competent transport system, on the contrary, a person should not expect a tram, he should come to the stop at a certain minute, and take the tram he needs. This requires competent information and a clear schedule. Informing solves three questions: where he will be able to leave, after how long he will be able to leave, and how much it will cost. Prague has a single navigation standard – shown in Fig. 6.



The type of the stop:  
Tram/Tram-Bus



Route sign:  
what goes where  
(+diagrams)

---

Fig. 6, начало. Uniform navigation standard in Prague



- Schedule:
- diametral routes – bright colors
  - magistral and others – more faded
- Information about tariffs

Fig. 6, окончание

At junction stations (in TTH), where the lines branch off from the stop, an arrow on the route designators shows the direction – where which route is going. In fact, this is necessary not only for users – and drivers use it effectively, since given the tense situation on many lines, it is common for a person to make mistakes. Although even here the infrastructure ensures that each tram, approaching the fork, already turns the arrow – the signal is given automatically, and the driver will realize already at the turn that the tram went correctly. Below is a block of schedules: diametrical routes are highlighted in bright colors, others remain white (Fig. 7). It also includes a tariff block – information about the cost of the trip. Navigation is so simple that after spending a few days in the city, much will become clear, but the most important thing is that after taking a picture of the schedule once, a person cannot wait for transport, but simply approach the appointed time – the level of schedule execution here is approaching 100 %.

As for tickets: there are no conductors or boarding fees – there are single tickets for all transport, and they operate on the basis of time: 30 minutes, 90 minutes, a day – mainly for tourists, the rest are longer. All transfers during this time are free of charge. You only need to prolong the ticket in the validator: information from it can be obtained in several languages, including Russian. You can buy tickets on the metro website,

in the application, or in the only validator salon, which is combined with a bank terminal – it also prints tickets (Fig. 8).



Fig. 7. A regular stop in Prague – and nothing superfluous! [5]

The online transport arrival board is completely optional, but it is beginning to be installed in the central part of the city – it is complex, loaded, therefore, in order to avoid misconceptions on the nodal artificial intelligence “helps” users at stops. On average, trams run every 5–10 (in rare cases 15) minutes, so there is no point in waiting for the route for a long time.

In Prague, all stops are equipped with platforms to improve the safety of boarding and disembarking passengers. At the hub stops, they are long and wide, and can accommodate up to 2 trains together. It is much easier to make platforms in wide places, and with regard to narrow streets, the entire roadway is raised, forming the so-called “Vienna” platform. Such platforms are equipped with traffic lights capable of switching the favorable phase at the moment the tram approaches it. Both of these options are shown in Fig. 9.



Fig. 8. A regular validator, a bank terminal [5]



Fig. 9. Standard platform, "Vienna" platform [5]

There is also an interesting feature – “blocking” platforms. They are made if there is paid parking, and it is necessary to save it – and at the same time the possibility of safe boarding / disembarkation of passengers remains. This was done to avoid congestion from cars – the elimination of transit traffic. The street is made a dead end for cars while preserving the rest of the participants in the transport process – trams, pedestrians, cyclists. These options are shown in Fig. 10. If this street is the most convenient for moving to the center, only right/left turns are saved for cars so as not to run into a dead end. The tram goes straight through.



Fig. 10. «Blocking» platform, dead-end street [5]

Czech trams have a huge life cycle – it was not for nothing that they said that “Tatras are made of tramwayin (the so-called steel, which was used to make wagons), and everything else is not clear from what.” Their running gear was ahead of its time, so the wagons released in the 60s and 70s are running briskly through the streets today, and without special restoration measures. There are no plans to write them off – according to approximate calculations of specialists, they may even celebrate their 100th anniversary on the line. If the city does not have enough funds to purchase new wagons, it is enough to improve the old ones by lowering the floor level in them – to create so-called “bath trams”. They may not be safe for passengers, so they need to provide handrails, especially in places of descent. The new cars do not have air conditioners everywhere (there was a corruption scandal), but there are old ones, from the time of the Tatras, calls – the continuity of generations is respected. There is an interesting transformation of the carriage into an aquarium for an improved overview of the historical.

There is a bottleneck in Prague – Charles Square, through which all trams run from the southern part of the city to the northern and western parts. However, there was another connecting artery that is being restored – Wroclaw Square. The city development plan there provides for a pedestrian zone with a tram line and an alley (Fig. 11). It will relieve Charles Square from an overabundance of wagons (today they pass there about once every 1 minute, which can end in collapse at the slightest delay in movement), but this is its advantage: it is very convenient to make transfers there, and at night it becomes the main hub of the city – all night routes converge

here. Nevertheless, there is one more connecting line – the dispatchers will not be so busy, and a new object of attraction will appear.



Fig. 11. The planned organization of traffic on Wroclaw Square [5]

There is an interesting feature in Prague: some lines are mothballed in case there is a large-scale repair of the main lines, and it will be necessary to change the routes of the routes – along those lines (Fig. 12). Congresses are organized there, temporary poles of the contact network are installed – and that's it, the line is in operation. That is why if a tram line seems unnecessary to you in a certain place, you should not remove it, perhaps a more farsighted manager will need it, but will have to build everything from scratch. The paths themselves do not bother anyone – they can accommodate a tram cafe, a pedestrian zone or, in extreme cases, make parking spaces.

How do they come to understand that it is necessary to build a new line? At the local level, there is a rule that at any time of the day (no matter rush hour or peak hour), there should be one empty seat in transport. Additional sections are added to trams, or the wagons are coupled according to the multi-unit system (MUS), or the frequency of movement is increased. But this will not work with a bus – accordion buses may also not cope with passenger traffic. When there is a stampede in a frequent accordion bus, it

becomes clear that it is necessary to build a tram – to begin with, legally preserve the corridor in order to avoid building, and then after allocating budget funds to build a line.



Fig. 12. Diagram of tram and subway routes [4]

And now let's talk about dispatching. There is a Central City Dispatch Office (CGDU) in Prague, which unites:

- tram traffic control room,
- bus traffic control room,
- metro control room,
- traffic police control room,
- central transport dispatcher.

Unified transport management software that determines the load and priority

There are 4 shift workers in the control room + 1 supervisor (per day):

- Central Dispatcher,
- Route Dispatcher,
- Assistant for rolling stock (90% of questions about tram malfunctions are removed),
- Assistant for energy management.

The monitor shows the movement of all vehicles along the routes: green – according to the schedule (Fig. 13). Yellow is late, red is faster than the schedule. Blue is a reserve. Drivers work for 8 hours, 40 minutes lunch break. The mode of operation on the route is carried out with substitution (according to the type of St. Petersburg route No. 100). Charging (distribution of orders) at the depot for 1 week. If there is a delay, the trams move in the changed directions. The dispatcher from the DC informs the driver by radio and directs him along the changed route. Buses, reserves are sent to the closed section or removed from other routes. Information about the incident is included in the report and SMS notification is carried out. All information is in electronic form. Communication with the driver via radio, a separate channel. Every word is recorded. If the dispatcher is talking to the driver, then one driver hears. You can connect a group of drivers for information, those who are, for example, under a traffic delay, or along routes.

The place  
of the accident.  
Arrival  
of the brigade

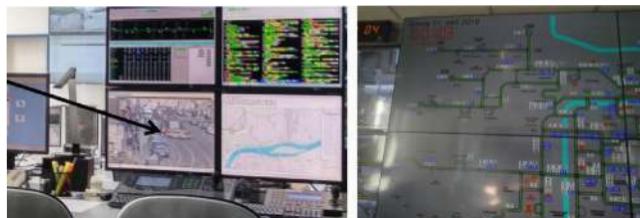


Fig. 13. The control room of the CGDU in Prague [6]

In Prague, there is a clear procedure for how to assess the importance of various tram elements. Firstly, it is a high-quality infrastructure: smooth paths, automatic arrows, isolation or reduction of car traffic, secure platforms. Secondly, it is logistics: the route network, the timetable. Thirdly, this is a tariff plan. And only wagons come out in fourth place in importance, since they are expendable. The tram has been given priority, which is included in the general urban traffic scheme and software. When a tram approaches a traffic light, the traffic light receives a signal about its approach and switches to green for the tram (Fig. 14). If there are clusters or for other reasons, priority is not given, i.e. very flexible regulation is carried out.



Fig. 14. Priority tram travel [5]

But the most important thing is management. In transport departments, policy should be determined by transport workers, not road workers or builders. It is desirable that they often use public transport, explore the world experience and understand that it is not the modes of transport that should compete with each other, but in a single impulse – for a person so that he does not use his car. Lobbying is excluded – only science, and partly practice. In order for one team, the “tramway”, not to be replaced by another, the “pro-automobile”, continuity is maintained here – 2 historical routes are operating [7].

People are starting to get interested in how the tram works – and they will not have a keen desire to close anything in favor of cars that have screwed up their eyes or people with a lot of money. There is also a nostalgic route – completely ordinary, at city rates – but on retro trams. There is the first line in the city – it has the same historical stop, and next to it is the first depot, stylized as a cafe.

### References

1. The history of the tram on the Charles Bridge – historical site of Prague // URL: [http://www.prahafx.ru/stavba/tram\\_karlmest.htm](http://www.prahafx.ru/stavba/tram_karlmest.htm) (accessed on: 22.08.2024).
2. Official website of the Prague Passenger Carrier Dopravní podnik hl. m. Prahy // URL: [www.dpp.cz](http://www.dpp.cz) (accessed on: 22.08.2024).
3. Website of Prague Tram fans // URL: <https://www.prazsketramvaje.cz/> (accessed on: 22.08.2024).
4. Photos of rolling stock and schemes – base Transphoto // URL: <https://transphoto.org/city/82/?ysclid=m0558lkf4b527196154> (date of application: 22.08.2024).

5. Prague could, but Moscow couldn't. The recipe for healthy transport, the past and present of the tram: Arkady Gershman's blog // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=6a4FFaL5jM0> (accessed on: 22.08.2024).
6. Dispatching in Prague: Report of the St. Petersburg State Unitary Enterprise "Gorelektrotrans" Saint Petersburg, 2019. 18 p.
7. Russel J. Prague tram system. Book on demand, 2012. 102 p.

**УДК 332.83**

*Владислав Николаевич Тиккоев,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: vladtikkoev@yandex.ru*

*Vladislav Nikolaevich Tikkoev,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: vladtikkoev@yandex.ru*

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ**

### **MODERNIZATION OF CONSTRUCTION CONTROL IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION OF THE ECONOMY**

Комплекс процедур по строительному контролю занимает ключевую роль в процессе реализации инвестиционно-строительных проектов. Для проведения данной деятельности Министерством строительства Российской Федерации регулярно выпускаются актуальные нормативные документы, обновляются строительные нормы и правила. Учитывая общий контекст развития цифровых технологий – методы реализации данной деятельности не «успевают» за активно развивающимся цифровым миром. В данной статье рассматриваются преимущества существующих цифровых инструментов для управления проектами, а также перспективы развития инструментов для осуществления строительного контроля с применением современных интернет-платформ и технологий блокчейна.

*Ключевые слова:* строительный контроль, контроль качества, цифровые системы, системы управления, смарт-контракты, цифровой рубль.

The set of procedures for construction control plays a key role in the implementation of investment-construction projects. To regulate this activity, the Ministry of Construction of the Russian Federation regularly issues up-to-date regulatory documents and updates construction norms and standards. However, given the broader context of digital technology development, the methods for implementing this activity struggle to “keep up” with the rapidly evolving digital world. This article examines the advantages of existing digital tools for project management, as well as the prospects for developing tools to carry out construction control using modern internet platforms and blockchain technology.

*Keywords:* construction control, quality control, digital systems, management systems, smart-contracts, digital ruble.

Construction control is a procedure for quality control of construction and installation works.

The construction control engineer attends production meetings, controls the production of works, namely, the compliance of the construction site with the construction organization project, the quality of the materials used, compliance with applicable building codes and regulations, examines the work, the quality of which cannot be confirmed after the subsequent stages of work, sections of engineering support networks, structures responsible for the safe operation of the facility as well as compliance with the requirements of energy efficiency and equipment of the construction site [1].

At the moment the traditional procedures are more widespread in the construction control. The visit of a specialist and the direct inspection of all participants continues to be carried out through daily physical walking with the general contractor and subcontractors. The system is subject to all the risks that the human factor carries.

Comments are recorded in the chats of production meetings and in the journal of construction control [2].

The purpose of this article is to consider the possibilities offered to optimize document management processes and the advantages of implementing existing achievements in the field of blockchain and web applications in the context of import substitution in order to reduce labor costs and create transparent conditions for construction participants.

The current developments of Adept Stroykontrol", ICONA, Techzor [3].

This software stands out from the rest because of the following functionality:

1. the ability to work remotely,
2. the possibility of determining who is responsible for fixing the defect,
3. the ability to apply photo and video recordings to the posted comments,
4. automatic notification of responsible persons about the comments made,
5. availability of a mobile application,
6. availability of a mobile chat for the construction participants (applicable for Techzor).

Thus, it is necessary to highlight that in order to build the work effectively, cross-platform software, which allows you to organize the hierarchy of responsible persons at the construction site, should be used.

The procedure for interaction within the proposed programs is as follows:

1. a section of the project is created, engineering and technical documentation is uploaded to the system,
2. construction participants connect to the system using personal accounts that they create before starting work,
3. when conducting an inspection of the completed works, specialists note the identified defects in the structures directly on the drawing and apply a photo or video recording of the violation, appoint a person responsible for the violation and the deadline for its elimination,
4. all responsible persons involved in the construction receive a notification in the system and monitor the correction process,
5. after the correction, the responsible person shows this information in the application in order to present the completed work on the next round [4].

As part of this work, we propose to consider the possibility of integrating smart contracts into existing software and hardware complexes that will fulfill the terms of a classic contract for work quality requirements and sanctions for their violation.

A smart contract is a script (algorithm) that automatically performs actions when certain events occur [5].

So, for example, when making a comment about a violation of labor protection rules, if the subcontractor organization has not taken measures to eliminate this violation. the algorithm will automatically record the amount. These fines will be taken into account when conducting mutual payments between organizations during the completion of the completed stage of work [6].

The transfer of relationships between construction participants to digital platforms leads to the following positive effects:

1. labor costs for document management are reduced,
2. transparency of the construction control procedure is increased,
3. possibility for automated reporting for senior management [7].

It is worth noting that at the moment, test operations with the digital ruble are being conducted, which will allow you to fully reveal the potential of programs that include the solutions described above [8].

### References

1. Urban Development Code of the Russian Federation dated December 29, 2004 № 190-FZ. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_51040/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/) (accessed on: 01.10.2024).
2. Gaido A. N., Pogoda A. G. Modern methods of construction control. // Inzherernyj vestnik Dona, 2024. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9040](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2024/9040) (accessed on: 01.10.2024).
3. Who performs construction control and what works does it include? Anticipating risks [Internet resource]. URL: <https://aif.ru/boostbook/stroitel-nyi-kontrol.html> (accessed on: 01.10.2024).
4. Adept: Stroycontrol [Internet resource]. URL: [https://gk-adept.ru/programmy/adept\\_strojkontrol/](https://gk-adept.ru/programmy/adept_strojkontrol/) (accessed on: 01.10.2024).
5. Truntsevsky Y. V., Sevalnev V. V. Smart Contract: From Definition to Certainty // Law. Journal of Higher School of Economics. 2020. № 1. P. 118–147.
6. Digital ruble [Internet Resource]. URL: <https://cbr.ru/fintech/dr/> (accessed on: 01.10.2024).
7. Baulin A. V., Perunov A. S. Construction control in the project of production of works // Inzhenernyj vestnik Dona, 2021. № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2021/6909](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2021/6909) (accessed on: 01.10.2024).
8. Wattenhofer R. The science of the blockchain. Create Space Independent Publishing Platform, 2016, 123 p.

УДК 338

*Anastasija Aleksandrovna Glebova,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: glebovaa15@gmail.com*

*Anastasia Aleksandrovna Glebova,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: glebovaa15@gmail.com*

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ: СУЩНОСТЬ И ВЛИЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ

### ECONOMIC SECURITY OF CONSTRUCTION ORGANIZATIONS: ESSENCE AND INFLUENCING FACTORS

В современных условиях различные производственные отношения делают акцент на развитие одной из масштабной отрасли, такой как строительство. В условиях нестабильности в экономике предприятиям становится сложнее сохранять преимущественное положение на рынке. Наибольшая доля среднего бизнеса сосредоточена в торгово-промышленном комплексе и строительстве зданий и сооружений. Основные фонды жизнеобеспечения создаются благодаря строительной отрасли, которые служат фундаментальным феноменом процесса развития экономики. Менеджмент экономической безопасностью строительных организаций также обеспечивает стабильность и безопасность всей отрасли. Обеспечивая надёжную и централизованную экономическую базу, компании могут успешно конкурировать на рынке и реализовывать крупные инфраструктурные проекты. В данной статье рассматривается влияние экономической безопасности на финансовую устойчивость строительных организаций и минимизация рисков производственного процесса.

*Ключевые слова:* экономическая безопасность, строительные организации, финансовая устойчивость, минимизация риска, основные фонды жизнеобеспечения.

To date, various socio-economic changes make it particularly relevant to consider the construction industry. In conditions of instability in the economy, it becomes more difficult for enterprises to maintain a dominant position in the market. The largest share of medium-sized businesses is concentrated in the commercial and industrial complex and the construction of buildings and structures. Basic life support funds are created due to the construction industry, which serve as a fundamental phenomenon of the economic development process. Economic security management of construction

organizations also ensures the stability and safety of the entire industry. By providing a reliable and centralized economic base, companies can successfully compete in the market and implement large infrastructure projects. This article examines the impact of economic security on the financial stability of construction organizations and minimizing the risks of the production process.

*Keywords:* economic security, construction organizations, financial stability, risk minimization, basic life support funds.

Успешное функционирование строительных предприятий в настоящий момент напрямую зависит от постоянной модернизации их деятельности в области обеспечения высокого уровня экономической безопасности.

Понятие экономической безопасности предприятия можно интерпретировать как комплексный аспект, который включает в себя совокупность факторов, связанных с внутренней и внешней средой и взаимосвязанных с субъектами деятельности предприятия. Соответственно, экономическая безопасность промышленного предприятия – это непрерывный процесс обеспечения на промышленном предприятии, находящемся в определённом внешнем окружении, стабильности его функционирования, финансового равновесия и регулярного извлечения прибыли, а также возможности выполнения поставленных целей и задач, способности его к дальнейшему развитию и совершенствованию на различных стадиях жизненного цикла предприятия и в процессе изменения конкурентных рыночных стратегий [1]. Также, можно интерпретировать понятие, как совокупность таких связей как: институциональных, процессуальных, экономических и материальных, где гарантируется устойчивость функционирования развития экономики [2].

Экономическая безопасность строительной организации определяется уровнем эффективности её руководителя и специалистов по обеспечению экономической безопасности в предотвращении возможных угроз и оперативной ликвидации их последствий. Как правило, источником отрицательного влияния могут быть:

1. Нерегулируемые или регулируемые действия отдельных субъектов в хозяйственной сфере.

2. Стечение объективных обстоятельств, таких как технологические разработки, состояние финансовой конъюнктуры на рынке данной строительной организации и мажорные обстоятельства.

Основная задача экономической безопасности в сфере строительства предприятия заключается в поддержании его оптимальной производительности и сохранении высокого уровня потенциала [2].

Благодаря этому, можно выделить основополагающие цели экономической безопасности:

1. Комплексное обеспечение автономии предприятия в области технологий и одновременно достижение высокой конкурентоспособности строительного технического потенциала.

2. Высокая продуктивность преимущественного управления и оптимальность организационных структур.

3. Обеспечение высокой финансовой стойкости и независимости предприятия [4].

4. Минимизация экологических рисков в производственной деятельности строительной организации на состояние биосфера.

5. Обеспечение приемлемого уровня юридической защиты всех аспектов работы строительной организации.

6. Гарантирование сохранности материальных ценностей и коммерческой тайны строительной организации. Представляется целесообразным выделить компоненты экономической безопасности строительной организации в соответствии с поставленными задачами и целями.

К главным задачам обеспечения эффективного функционирования относится в первую очередь:

1. Сбор, оценка, анализ данных значимых и вместе с тем прав строительной организации.

2. Защита законных значимых интересов и вместе с тем прав строительной организации.

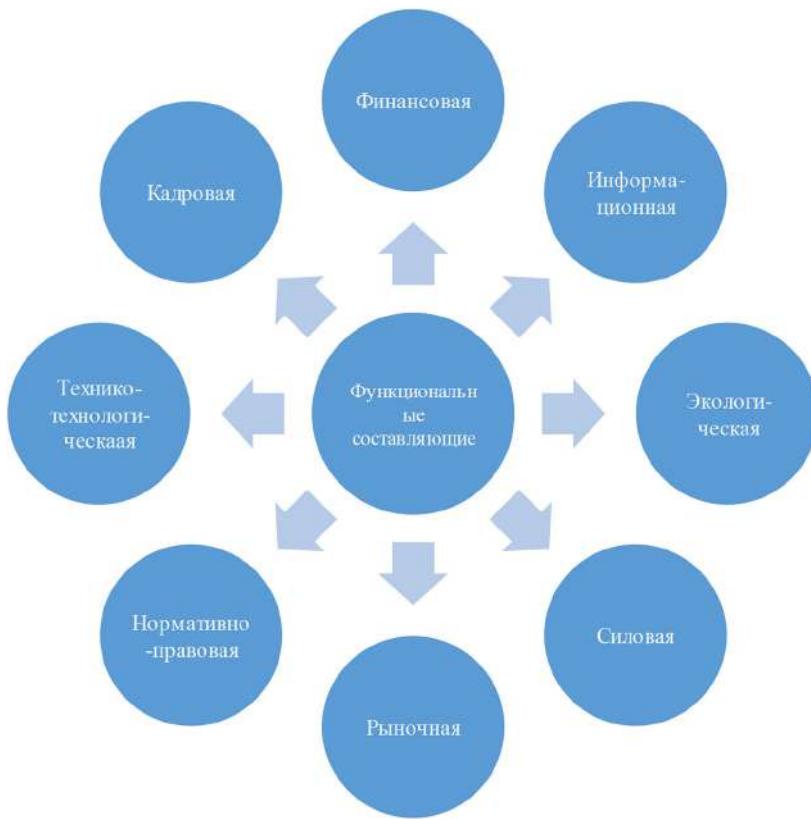
3. Недопущение проникновения организованной преступности в строительную сферу и противодействие противоправным действиям.

4. Обеспечение полной сохранности в строительной сфере всех материальных ценностей и вместе с тем, сведений, которые составляют коммерческую тайну строительной организации [3].

Целесообразно также выделить составляющие экономической безопасности в строительной сфере строительной организации согласно сформулированным задачам и вместе с тем целям. Функциональные компоненты экономической безопасности представляют собой общую совокупность явлений деятельности, отличающихся по содержанию и осуществляемых параллельно друг другу (см. рис.). На графике можно выделить следующие основные компоненты экономической безопасности строительной организации [2]:

1. Кадровый компонент, подразумевает успешное вовлечение персонала в процесс строительного функционала.
2. Нормативно – правовой компонент, подразумевает защищенность с точки зрения юридических основ.
3. Рыночный компонент, включает в себя всесторонние возможности развития организации.
4. Информационный компонент, включает в себя анализ хозяйственной деятельности субъекта.
5. Экологический компонент, подразумевает соблюдение экологических норм и правил.
6. Силовой компонент, подразумевает защищенность и обеспечение физической безопасности сотрудников.
7. Технико-технологический компонент, подразумевает рациональное оптимизированное управление затраченными ресурсами.

Таким образом, в процессе анализа ключевых задач в области экономической безопасности, условий конкурентной борьбы, определённой специфики деятельности строительной фирмы формируется ее система экономической безопасности. Несмотря на общие характеристики, стоит отметить, что система экономической безопасности каждой фирмы индивидуальна. Полноценное и эффективное функционирование зависит от правовой базы в стране, финансовых и материально-технических ресурсов, выделенных руководством фирмы на это направление, ясного понимания важности обеспечения экономической безопасности каждым сотрудником строительной организации, а также от принятых решений руководства по созданию системы экономической безопасности [5].



Функциональные составляющие экономической безопасности  
строительной организации

### Литература

1. Половнев К. С. Механизм обеспечения экономической безопасности промышленного предприятия: автореф. дис. ... канд. экон. наук. – Екатеринбург, 2002. 34 с.
2. Экономическая безопасность предприятия: моногр. / А. К. Моденов, Е. И. Белякова, М. П. Власов, Т. А. Лелявина; СПбГАСУ. СПб., 2019. 550 с.
3. Шеховцова А. В., Лелявина Т. А., Ровдо И. О. Роль процессного подхода в формировании экономической безопасности строительных организаций // Петербургский экономический журнал. 2020. № 3. С. 25–27.

4. Дубинина Н. А., Усков В. В. Подходы к оценке сбалансированности развития предприятий // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Экономика». 2011. № 1. С. 164–172.
5. Моденов А. К., Власов М. П. Особенности адаптации строительной организации к стратегическим зонам хозяйствования // Образование и право. 2021. № 7. С. 148–156.

**УДК 338**

*Елизавета Константиновна Жукова,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: Zhukova2471@mail.ru*

*Elizaveta Konstantinovna Zhukova,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: Zhukova2471@mail*

**ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
В ЭПОХУ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTELLECTUAL PROPERTY PROTECTION  
AND ITS IMPACT ON ECONOMIC SECURITY  
IN THE DIGITAL AGE**

В эпоху стремительного развития цифровых технологий интеллектуальная собственность становится одним из ключевых активов как для отдельных компаний, так и для экономики в целом. Цифровизация бизнеса и массовое распространение информационных технологий трансформировали процессы создания, использования и защиты интеллектуальных активов. Авторские права, патенты, торговые марки и коммерческая тайна играют важную роль в обеспечении конкурентных преимуществ, стимулировании инноваций и росте экономики. Однако вместе с новыми возможностями цифровая среда создала и ряд угроз для защиты интеллектуальной собственности. Пиратство, киберпреступность, нелегальное использование контента и технологий – все это подрывает устойчивость экономики, снижает инвестиционную привлекательность и угрожает экономической безопасности. В условиях глобализации и трансграничного распространения цифровых продуктов национальные законодательства часто оказываются неэффективными в защите интеллектуальных прав, что требует активного международного сотрудничества и совершенствования правоприменительных практик. Цель данной статьи – проанализировать влияние защиты интеллектуальной собственности на обеспечение экономической безопасности в условиях цифровой экономики. В работе рассматриваются основные правовые и технологические аспекты защиты интеллектуальной собственности, существующие угрозы, а также пути их преодоления с помощью современных технологий.

*Ключевые слова:* интеллектуальная собственность, цифровизация, экономическая безопасность, цифровые технологии, киберпреступность, инновации.

In the era of rapid development of digital technologies, intellectual property is becoming one of the key assets for both individual companies and economies as a whole. The digitalization of business and the massive spread of information technology have transformed the processes of creating, using and protecting intellectual assets. Copyrights, patents, trademarks and trade secrets play an important role in ensuring competitive advantages, stimulating innovation and economic growth. However, along with new opportunities, the digital environment has created a number of threats to the protection of intellectual property. Piracy, cybercrime, illegal use of content and technology – all this undermines the sustainability of the economy, reduces investment attractiveness and threatens economic security. In the context of globalization and the cross-border spread of digital products, national legislation often proves ineffective in protecting intellectual property rights, which requires active international cooperation and improvement of law enforcement practices. The purpose of this article is to analyze the impact of intellectual property protection on ensuring economic security in the digital economy. The paper examines the main legal and technological aspects of IP protection, existing threats, as well as ways to overcome them with the help of modern technologies.

*Keywords:* intellectual property, digitalization, economic security, digital technologies, cybercrime, innovation.

Интеллектуальная собственность (ИС) – это результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации предпринимателей и юридических лиц, товаров, работ, услуг и предприятий, которые охраняются законом.

В условиях стремительного развития цифровых технологий ИС становится ключевым активом для экономики и компаний [1]. Цифровизация изменила процессы создания и защиты ИС, таких как авторские права, патенты и товарные знаки. В то же время цифровая среда создала новые угрозы, включая киберпреступность и нелегальное использование контента. Эти угрозы подрывают экономическую устойчивость и снижают инвестиционную привлекательность, особенно в глобализованном мире, где законы разных стран не всегда могут эффективно защитить ИС [2].

Интеллектуальная собственность тесно связана с экономической безопасностью, так как напрямую влияет на инновации и развитие стратегических интересов государства. Экономическая безопасность подразумевает защиту экономики от внешних и внутренних угроз, и ИС играет в этом процессе ключевую роль. Недостаточная защита ИС может снизить конкурентоспособность и привести к утечке технологий,

что увеличивает экономическую уязвимость страны [3]. Лёгкость копирования цифрового контента и его глобальное распространение создаёт серьёзные правовые сложности. Контент, загруженный в одной стране, может мгновенно быть доступен в другой, что затрудняет защиту авторских прав из-за различий в законодательстве.

Для борьбы с этими угрозами активно используются документы такие как «Соглашение по торговым аспектам прав интеллектуальной собственности», которое устанавливает минимальные стандарты защиты ИС для стран-членов «Всемирной торговой организации ТРИПС» охватывает авторские права, патенты, товарные знаки и торговые секреты, требуя от государств принятия эффективных мер по защите и обеспечению соблюдения прав ИС [4]. Еще одним важным документом является «Бернская конвенция по охране литературных и художественных произведений», которая регулирует авторские права на международном уровне. Конвенция гарантирует минимальный уровень защиты авторских произведений, и обязывает государства-участники признавать и защищать авторские права граждан других стран. Также важную роль играет «Всемирная организация интеллектуальной собственности», которая разрабатывает рекомендации и стандарты в области защиты ИС и способствует разрешению споров между странами и владельцами прав. В России защита ИС регулируется Гражданским кодексом Российской Федерации, часть четвертая, который охватывает авторские права, патенты, товарные знаки и коммерческую тайну. В последние годы в России были внесены поправки, направленные на борьбу с интернет-пиратством, включая возможность блокировки сайтов, распространяющих нелегальный контент.

Современные технологии, такие как DRM (Digital Rights Management), помогают ограничить доступ к цифровому контенту, предотвращая его нелегальное использование. DRM-системы работают, шифруя контент и предоставляя доступ к нему только через авторизованные каналы, что предотвращает его несанкционированное использование. Преимущества DRM включают:

- Защиту от несанкционированного копирования и распространения.
- Уменьшение пиратства, что позволяет правообладателям получать справедливую компенсацию за свои работы.

- Возможность контролировать и управлять правами на использование контента (например, ограничение по времени или количеству устройств).

Однако DRM имеет и недостатки, такие как сложности для легальных пользователей, которые могут столкнуться с ограничениями при попытке использовать контент на разных устройствах или вне сети. Несмотря на это, DRM остается важным инструментом для защиты интеллектуальной собственности в цифровую эпоху.

Также технологии блокчейна и искусственного интеллекта (ИИ) играют всё большую роль в защите ИС [5]. Суть блокчейна заключается в том, что каждая транзакция или изменение в цепочке данных записываются в публичный, но защищенный реестр, который невозможно изменить задним числом без согласия всех участников. В области защиты интеллектуальной собственности блокчейн может использоваться для:

1. Фиксации авторских прав и прав на патенты.
2. Управления лицензиями.
3. Мониторинга использования контента.

Примером использования блокчейна для защиты ИС является платформа Artory, которая позволяет регистрировать произведения искусства и отслеживать их историю владения, что помогает защищать авторские права и предотвращать подделки.

С помощью ИИ можно значительно сократить время и затраты на мониторинг и защиту интеллектуальной собственности. Примеры применения ИИ в защите ИС включают:

1. Обнаружение пиратских копий контента.
2. Управление патентами и торговыми марками.
3. Предотвращение подделок.

Так же современные технологии позволяют создавать автоматизированные системы мониторинга, которые сканируют интернет на предмет нарушений авторских прав. Эти системы могут быть интегрированы с ИИ и блокчейном для обеспечения максимально точного и эффективного отслеживания нарушений, например, YouTube Content ID и Automated Copyright Enforcement Systems (ACES).

Для улучшения защиты ИС в условиях цифровой трансформации можно предложить несколько рекомендаций:

1. Внедрять цифровые технологии защиты ИС.
2. Совершенствовать законодательство.
3. Укреплять международное сотрудничество.
4. Поддерживать малый и средний бизнес.
5. Развивать образовательные программы.
6. Создавать стимулы для соблюдения прав ИС.

Государства и компании должны активно сотрудничать в вопросах защиты ИС, используя современные технологии и совершенствуя правоприменение для обеспечения экономической безопасности в условиях цифровой экономики.

### **Литература**

1. Усков В. В., Дурандина А. П., Бобошко А. А., Васильченко А. И. Цифровая экономика и безопасность: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Экономическая безопасность». СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. 139 с. EDN PKOEP1.
2. Интеллектуальная собственность. Способы распоряжения исключительным правом. URL: <https://www.consultant.ru/edu/center/training/ip/theme1/> (дата обращения: 13.10.2024).
3. Чуприк А. А. Исследование влияния цифровизации и внедрения новых технологий на экономическую безопасность предприятий // Актуальные вопросы права, экономики и управления: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, Ульяновск, 26 апреля 2024 года. Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда», 2024. С. 190–192. EDN FZUVMC.
4. Жукова Е. К. Исследование влияния процесса цифровизации на обеспечение экономической безопасности предприятия строительной отрасли // Экономическая безопасность: опыт, проблемы, перспективы: материалы III Региональной научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 27–28 апреля 2022 года. СПб. : СПБГАСУ, 2022. С. 177–183. EDN UHGTWN.
5. Чуприк А. А. Исследование влияния цифровизации и внедрения новых технологий на экономическую безопасность предприятий: сборник трудов конференции. // Актуальные вопросы права, экономики и управления: VI Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (Ульяновск, 26 апр. 2024 г.). Чебоксары : ИД «Среда», 2024. С. 190–192.

**УДК 338.439**

*Андрей Владимирович Морозов,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: andrey.andreymo@yandex.ru*

*Andrey Vladimirovich Morozov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering),  
*E-mail: andrey.andreymo@yandex.ru*

## **ПРИНЦИПЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РФ: СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУНАРОДНЫМ СТАНДАРТАМ И НАЦИОНАЛЬНЫМ ИНТЕРЕСАМ**

### **PRINCIPLES OF FOOD SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION: COMPLIANCE WITH INTERNATIONAL STANDARDS AND NATIONAL INTERESTS**

Продовольственная безопасность – ключевой элемент национальной безопасности Российской Федерации, особенно в условиях глобальных геополитических изменений, нестабильности мировой экономики и усиления санкционного давления. Она обеспечивает стабильное развитие государства, укрепление его суверенитета и социальной стабильности. Важнейшими принципами продовольственной безопасности являются достижение самодостаточности, доступности и высокого качества продуктов питания, сохранение и рациональное использование природных ресурсов, а также активное внедрение инновационных аграрных и биотехнологий. Стремление России к полной продовольственной независимости, в сочетании с соблюдением международных стандартов, направлено на снижение влияния внешних угроз, укрепление внутреннего потенциала агропромышленного комплекса и эффективную защиту национальных интересов. Все эти меры формируют целостную и устойчивую стратегию продовольственной безопасности страны на долгосрочную перспективу.

*Ключевые слова:* продовольственная безопасность, экономическая безопасность, государство, продовольственная политика, безопасность пищевых ресурсов, устойчивое развитие.

Food security is a key component of the Russian Federation's national security, especially in the context of global geopolitical shifts, economic instability, and increasing sanctions pressure. It ensures the stable development of the state, strengthens sovereignty, and supports social stability. The core principles of food security include achieving self-sufficiency, ensuring accessibility and high quality of food products,

preserving and efficiently using natural resources, and actively implementing agricultural and biotechnological innovations. Russia's pursuit of full food independence, combined with adherence to international standards, aims to reduce external threats, enhance the internal potential of the agro-industrial complex, and effectively protect national interests. These measures form a comprehensive and sustainable long-term food security strategy.

*Keywords:* food security, economic security, state, food policy, food resource security, sustainable development.

Продовольственная безопасность является одной из ключевых составляющих экономической безопасности государства. В условиях глобальных изменений, санкционного давления и экономической нестабильности перед Российской Федерацией стоит задача поддержания высокого уровня продовольственной независимости и устойчивого обеспечения населения продовольственными ресурсами. Основополагающие принципы продовольственной безопасности РФ сформулированы в соответствии с международными стандартами, однако учитывают специфику национальных интересов и приоритетов.

Продовольственная безопасность Российской Федерации основывается на нескольких ключевых принципах, которые в равной мере отражают международные нормы и национальные приоритеты. Одним из важнейших аспектов продовольственной безопасности является гарантированный доступ к продовольствию. Государство обязано обеспечить население необходимыми продовольственными ресурсами не только в мирное время, но и в условиях кризиса. Этот принцип напрямую связан с международными обязательствами РФ по соблюдению права человека на доступ к пище, что закреплено в таких документах, как Всеобщая декларация прав человека и Международный пакт о социальных, экономических и культурных правах. Эти нормы определяют, что каждая страна должна предпринимать все возможные меры для обеспечения доступности продовольствия для своих граждан [1].

Также важным принципом является поддержание стабильности продовольственного рынка. Экономическая и политическая стабильность России зависит от устойчивого функционирования агропромышленного комплекса, а также его взаимодействия с внешними

рынками. Россия активно сотрудничает с международными организациями, такими как Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), для разработки мер, направленных на поддержание стабильности цен на внутреннем рынке, предотвращение резких скачков цен на продукты питания и создание условий для устойчивого продовольственного обеспечения населения.

Не менее значимым является принцип поддержки собственного производства. Для Российской Федерации одним из ключевых приоритетов является снижение зависимости от импорта продовольствия. Стратегия развития агропромышленного комплекса направлена на повышение самообеспеченности страны основными продуктами питания. Это направление соответствует международным стандартам устойчивого развития сельских территорий и поддерживается национальной политикой импортозамещения, что особенно важно в условиях санкционного давления и необходимости укрепления продовольственной независимости страны.

Качество и безопасность продовольствия также занимают важное место в системе продовольственной безопасности. Российская Федерация строго следует международным стандартам, таким как Кодекс Алиментариус, и при этом устанавливает свои требования, ориентированные на санитарные и фитосанитарные нормы. Эти меры направлены на защиту здоровья потребителей и снижение рисков, связанных с поставками небезопасной продукции. Важность соблюдения стандартов качества продовольствия подчеркивается также необходимостью поддержания доверия к отечественной продукции на международных рынках.

Наконец, важным элементом продовольственной безопасности является обеспечение экономической доступности продовольствия. Государственная политика РФ направлена на то, чтобы каждый гражданин страны имел доступ к продуктам питания по приемлемым ценам. Это соответствует международным стандартам, таким как Цели устойчивого развития ООН, которые ставят перед странами задачи по снижению уровня бедности и улучшению продовольственного обеспечения. Россия адаптирует эти международные задачи с учетом своих особенностей, разрабатывая программы социальной поддержки,

направленные на улучшение доступа к продуктам питания для наиболее уязвимых слоев населения [2].

Продовольственная безопасность Российской Федерации основывается на сочетании международных и национальных принципов, что позволяет эффективно реагировать на глобальные вызовы в области продовольственного обеспечения. Например, меры по поддержанию доступности и стабильности продовольственных рынков напрямую соотносятся с целями устойчивого развития ООН, которые включают искоренение голода и обеспечение продовольственной безопасности для всех стран мира. Особое внимание уделяется поддержке уязвимых слоёв населения и снижению бедности, что тесно связано с международными обязательствами РФ в рамках программ ООН. Основные принципы продовольственной безопасности РФ и их соответствие международным стандартам представлены в таблице.

**Основные принципы продовольственной безопасности РФ  
и их соответствие международным стандартам**

Принцип	Соответствие международным стандартам	Национальные особенности
Гарантированный доступ	Всеобщая декларация прав человека, Международный пакт о социальных правах	Социальные программы поддержки населения
Стабильность продовольственного рынка	Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО)	Государственное регулирование цен
Поддержка собственного производства	Цели устойчивого развития ООН	Импортозамещение и развитие сельского хозяйства
Качество и безопасность	Кодекс Алиментариус, санитарные нормы	Собственные фитосанитарные требования
Экономическая доступность	Цели устойчивого развития ООН	Социальные программы для малообеспеченных

Одним из ключевых международных инструментов регулирования продовольственных вопросов является Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО). Россия активно участвует в работе этой организации, принимая участие в разработке глобальных мер по обеспечению продовольственной безопасности, улучшению продовольственных систем и совершенствованию сельскохозяйственных технологий. Это сотрудничество направлено на внедрение передовых практик, инноваций и технологий в сельском хозяйстве, что способствует повышению производительности и эффективности аграрного сектора, а также снижению потерь при производстве, хранении и распределении продовольствия [3].

Кроме того, Россия соблюдает международные санитарные и фитосанитарные стандарты, такие как требования Кодекса Алиментариус, который обеспечивает безопасность продовольствия на всех этапах производства и распределения. Это подчеркивает приверженность РФ международным стандартам безопасности продукции, а также необходимость интеграции этих стандартов в национальные программы развития агропромышленного комплекса.

Наряду с выполнением международных обязательств, продовольственная безопасность России должна учитывать и национальные интересы, среди которых важнейшую роль играет стратегия импортозамещения. В условиях санкционного давления и глобальной экономической нестабильности данная стратегия становится приоритетной для государства, направленной на снижение зависимости от зарубежных поставок продовольствия и укрепление собственной продовольственной базы. Импортозамещение позволяет России развивать внутренний агропромышленный комплекс, создавать рабочие места и поддерживать отечественных производителей, что повышает экономическую устойчивость страны [4].

В условиях внешнеэкономических санкций особое значение приобретает обеспечение продовольственной независимости, которая включает в себя не только увеличение производства внутри страны, но и диверсификацию поставок на международные рынки, а также создание благоприятных условий для экспорта сельскохозяйственной продукции. Важно отметить, что укрепление продовольственной базы

внутри страны также способствует усилению национальной безопасности в целом, так как продовольственная стабильность тесно связана с политической и экономической устойчивостью государства.

На уровне национальных интересов приоритетное значение имеет поддержка сельских территорий и стимулирование их устойчивого развития. Государственные программы направлены на модернизацию аграрного сектора, улучшение инфраструктуры и повышение качества жизни на селе, что является важным элементом долгосрочной продовольственной политики РФ [5].

В условиях санкционного давления, усилившегося с 2022 года, продовольственная безопасность Российской Федерации приобрела особую значимость. Санкции, наложенные на экономику страны, в том числе на агропромышленный сектор, оказали значительное влияние на внешние поставки продовольствия, что потребовало принятия экстренных мер по обеспечению внутреннего производства и сокращению зависимости от импорта. Россия сосредоточила свои усилия на ускорении реализации стратегии импортозамещения, которая стала основным инструментом для поддержания устойчивости агропромышленного комплекса и обеспечения населения необходимыми продуктами питания.

Одним из ключевых направлений в этих условиях стало развитие внутреннего сельскохозяйственного производства. Государство активизировало поддержку фермеров и производителей, стимулируя их к увеличению объемов продукции и повышению ее качества. Были приняты меры по упрощению доступа к кредитным ресурсам, предоставлению субсидий и налоговых льгот для аграриев. Эти шаги позволили не только компенсировать потери от сокращения импорта, но и значительно увеличить экспорт сельскохозяйственной продукции в дружественные страны, что укрепило позиции России на международных продовольственных рынках, несмотря на санкционные ограничения [6].

### **Литература**

1. Моденов А. К., Власов М. П. Выбор экономически безопасной стратегии предприятия // Экономическая безопасность: опыт, проблемы, перспективы:

материалы III Региональной научно-практической конференции с международным участием. СПб., 2022. С. 29–37.

2. *Иванов А. Н.* Продовольственная безопасность: тенденции и вызовы современности // Проблемы сельского развития и аграрной политики. 2023. № 2(105). С. 78–85.

3. Оценка риска в экономической безопасности предприятия: Учебное пособие в 2-х частях / А. К. Моденов, М. П. Власов, Т. Н. Орловская [и др.]. СПб. : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2022. 268 с. EDN JRIKHI.

4. *Усков В. В.* Методы оценки влияния импортозамещения на стимулирование развития отечественного производства в РФ // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2022. Том 12, № 9А. С. 691–698. DOI: 10.34670/AR.2022.28.57.005.

5. *Моденов А. К., Лихоносов А. Г.* Сравнительный анализ платформ для анализа данных планирования и прогнозирования // Экономическая безопасность: опыт, проблемы, перспективы: материалы III Региональной научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 27–28 апреля 2022 года. СПб. : СПбГАСУ, 2022. С. 38–49. EDN SVTOKS.

6. *Петрова Е.* Качество продовольственных товаров как фактор обеспечения продовольственной безопасности // Вестник потребительской науки. 2022. № 4. С. 60–67.

**УДК 330.131.7**

*Анна Андреевна Снеткова,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

*E-mail: anna.snetkova2005@gmail.com*

*Anna Andreevna Snetkova,*

student

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: anna.snetkova2005@gmail.com*

## **ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ УГРОЗ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ РФ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ И САНКЦИЙ**

### **THE IMPACT OF EXTERNAL THREATS ON THE ECONOMIC SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE CONTEXT OF THE PANDEMIC AND SANCTIONS**

На сегодняшний день внешние угрозы экономической безопасности – это угрозы, на которые население страны никак не может повлиять. Оценка внешних угроз экономической безопасности России необходима для понимания рисков, исходящих от международной обстановки. Данная статья анализирует влияние следующих угроз на российскую экономику в условиях пандемии и санкций: снижение мирового спроса, девальвация рубля, увеличение внешнего долга страны, попытки политической дестабилизации, прекращение международных промышленных связей, высокая зависимость от недружественных стран, усиление внешнего давления, а также дестабилизация внутренней экономики страны.

*Ключевые слова:* экономическая безопасность, внешние угрозы РФ, степень влияния угроз, национальная безопасность, санкции, последствия санкций.

Today, external threats to economic security are the threats that the country's population cannot influence in any way. An assessment of external threats to Russia's economic security is necessary for understanding the risks posed by the international situation. This article analyzes the impact of the following threats on the Russian economy in the context of the pandemic and sanctions: a decrease in global demand, devaluation of the ruble, an increase in the country's external debt, attempts at political destabilization, termination of international industrial relations, high dependence on non-domestic countries, increased external pressure, as well as destabilization of the country's internal economy.

*Keywords:* economic security, external threats to the Russian Federation, the degree of threat impact, national security, sanctions, consequences of sanctions.

Экономическая безопасность в современном мире – это основа экономически эффективного государства, т. е. государства, которое способно отстаивать свои национальные интересы и обеспечивать свою национальную безопасность [1]. Вопросы экономической безопасности затрагивают все сферы человеческой жизнедеятельности как внутри государства, так и на международной арене. В данный момент эпидемиологическая и существующая geopolитическая ситуация в мире выводит внешние угрозы экономической безопасности РФ на передний план. Внешние угрозы – это совокупность внешних условий и факторов, создающих прямую или косвенную возможность нанесения ущерба национальным интересам Российской Федерации в экономической сфере [2]. Глобальные потрясения, вызванные пандемией COVID-19 и последующими санкциями, негативно повлияли на российскую экономику.

Таким образом, цель исследования заключается в том, чтобы, оценить влияние пандемии и санкций на социально-экономическую жизнь страны и на снижение экономической безопасности страны.

Внешние угрозы в современном мире могут быть не только экономическими, политическими или техническими, но и иметь биологический характер. Сама пандемия COVID-19 стала ярким примером такой угрозы, вызвав масштабные экономические и социальные потрясения по всему миру.

Постановлениями Правительства РФ, Роспотребнадзора, указами Президента было принято решение о введении карантинных мер; приостановке международного сообщения; закрытии всех общественных торгово-развлекательных центров, культурных мест, точек питания; приостановлении работы большинства предприятий страны. Эти карантинные мероприятия отрицательно повлияли на экономическую составляющую страны, т. к. прямым следствием пандемии, по данным Росстата, стало падение ВВП России в 2020 году (рис. 1) [3].

Спад произошел в промышленном секторе, строительстве, в сфере туризма и торговле. Уменьшился объем инвестиций в основной капитал, снизились реальные денежные доходы населения, выросла безработица [4]. Однако, если бы государство не применило бы эти карантинные ограничения, то человеческих потерь в стране из-за пандемии было бы гораздо больше.

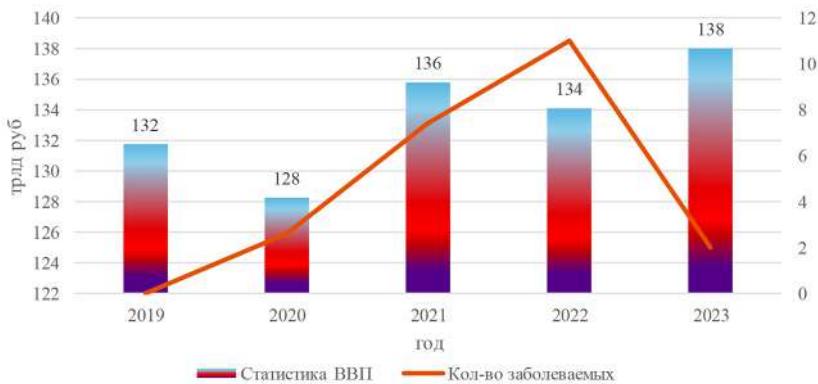


Рис. 1. Статистика ВВП в условиях пандемии

Тем самым, падение спроса на российские товары и услуги на мировых рынках; прекращение поставок ключевых материалов, необходимых для российской промышленности; глобальная экономическая нестабильность, выражаясь в колебаниях валютных курсов и падении цен на нефть, которая приводит к ослаблению рубля и росту цен на импортные товары; снижение доходов от экспорта, которое вынуждает Россию искать дополнительные источники финансирования и может привести к росту задолженности перед иностранными кредиторами и, следовательно, к усилению зависимости от внешних инвесторов – всё это внешние угрозы экономической безопасности РФ в условиях пандемии COVID-19, которые отрицательно повлияли на экономику страны.

С началом СВО западные страны провели масштабное применение экономических санкций в отношении РФ, и на период 1 апреля 2024 года их насчитывается порядка 16 тыс. Санкции затронули сферу экономики страны, малый и средний бизнес, информационные технологии, банки, сферу торговли и т.д. Они выражаются в появлении новых внешних угроз экономической безопасности России, которые проявляются в различных формах, включая нарушение международных торговых связей, отток капиталов, дестабилизацию финансовой системы и замораживание государственных резервов.

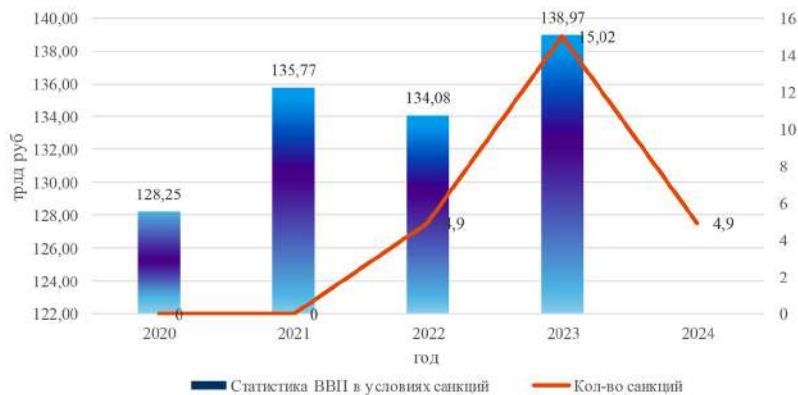


Рис. 2. Статистика ВВП в условиях санкций

Однако, санкции США и Запада, направленные на ограничение экономической безопасности РФ не сильно влияют на ВВП страны с 2022 по 2024 годы, т. к. рост ВВП говорит о том, что РФ противодействует этим угрозам и перенаправила свои торговые потоки в азиатские страны (рис. 2) [5]. К примеру, если в 2022 году доля экспорта в Азию составляла 46%, то в 2023 уже 71,5 % (рис. 3) [5, 6].

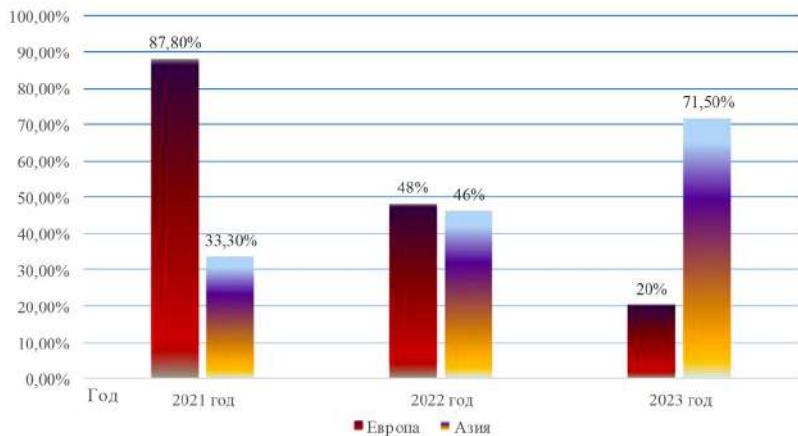


Рис. 3. Доля экспорта РФ

Отток иностранных компаний с российского рынка создает благоприятные условия для развития отечественного производства, сельского хозяйства и науки. Это открывает новые возможности для наращивания собственного потенциала, снижая зависимость от импортных технологий и оборудования [7]. Также одним из позитивных последствий от введения санкций стало открытие бизнеса соотечественников в дружественных странах: ОАЭ, Катар, что привело к конкуренции между другими иностранными компаниями. Введение санкций способствовало началу финансирования научноемких отраслей производства, которые в ближайшем будущем смогут составить большую конкуренцию западным компаниям. Таким образом, санкции недружественных стран, оказывая негативное влияние на нашу экономику, вынуждают нашу страну развиваться во всех областях: и в экономике, и в информационной, инновационной сферах, сфере военной промышленности, в сферах здравоохранения и образования, в сфере производства отечественных автомобилей и самолетов и т. д.

Есть ряд и негативных последствий перенаправления нашей экономики в азиатскую сторону. Экспорт в Индию из России увеличился в 3 раза, импорт из Индии в 12 раз меньше, а т.к в условиях санкций, страны вынуждены торговать национальными валютами, в России возникли большие запасы экспортной выручки в рупиях, которые не конвертируемы и потратить их пока невозможно. Возник большой торговый дисбаланс, что негативно сказывается на экономике РФ. В товарообороте с Китаем большая доля экспорта из России составляют энергоресурсы. Китайский импорт включает машины, оборудование, транспортную технику, электронику, т. е. Китай занял место европейских производителей во внешнеторговом обороте РФ и как основной высокотехнологичный партнер может диктовать свои условия России в торговых отношениях и привести в зависимость России от Китая. Этот факт влияет на экономический суверенитет страны.

Тем самым, внешние угрозы в условиях санкций дают РФ как позитивные, так и негативные последствия. Также санкции усложняют сотрудничество с другими странами в сфере международного терроризма и приводят к его обострению в РФ. Это влечёт за собой появления новой внешней угрозы для страны, которая в свою очередь

наносит ущерб экономике страны, подрывает стабильность политической системы и вызывает общественные волнения. Террористические акты дестабилизируют политическую и экономическую сферу РФ и снижают влияние страны на международной арене. Однако Россия активно реализует комплекс мер по укреплению собственной безопасности, включая усиление пограничного контроля, борьбу с экстремизмом и пропагандой терроризма и не даёт западным странам подорвать внутренний суверенитет страны.

Введение мер по нераспространению коронавируса создало условия для ускоренного развития цифровых технологий и цифровой экономики России. Введение мер противодействия внешнеэкономическим санкциям позволило перезапустить и переориентировать крупные и значимые для экономики страны предприятия, что позволило увеличить ВВП на 3,6 % в 2023 г.

Однако, и глобальный мировой кризис, вызванный COVID-19, и антироссийские санкции – факторы, которые усилили терроризм в нашей стране, отрицательно влияют на развитие экономики России и являются серьезными внешними угрозами экономической безопасности страны. Россия должна развивать внутреннее производство, повысить прозрачность и эффективность государственного управления, укрепить обороноспособность, развить систему кибербезопасности, вести активную внешнюю политику и создавать новые союзы и международные организации с дружественными странами. Поэтому обеспечение экономической безопасности – это гарантия стабильности в стране, ее независимости и высший национальный приоритет.

### **Литература**

1. Безуглова М. А. Современные проблемы финансовой безопасности России // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). 2008. № 6(62). С. 28–32. EDN: JVERIF.
2. О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года: указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 г. № 208. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41921> (дата обращения: 23.11.2024 г.)
3. Национальные счета, Валовый Внутренний Продукт: данные Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts> (дата обращения: 23.11.2024).

4. Росстат: ВВП России в 2020 году снизился на 3,1 %. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4671959> (дата обращения: 30.11.2024).
5. Трамплин в Азию: раскрыт объем российской внешней торговли за 2023 год. URL: <https://iz.ru/1605180/sofia-smirnova/tramplin-v-aziiu-raskryt-obem-rossiiskoi-vneshnei-torgovli-za-2023-god> (дата обращения: 30.11.2024).
6. О внешней торговле в 2021 г.: данные Росстат. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/26\\_23-02-2022.html](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/26_23-02-2022.html) (дата обращения: 30.11.2024).
7. Усков В. В., Кекутия М. Г. Оценка влияния рисков внешнеэкономической деятельности в условиях санкций и пандемии Covid-19 // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2022. Т. 12. № 9-1. С. 680–690. DOI: 10.34670/AR.2022.73.65.004. EDN: SICPXU (дата обращения: 30.11.2024 г.)

**УДК 334.021**

*Виктория Алексеевна Якушева,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: Eleanora.my@yandex.com*

*Viktoria Alekseevna Yakusheva,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: Eleanora.my@yandex.com*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ МЕСТО КОНКУРЕНЦИИ В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ**

### **MODERN FACTORS DETERMINING THE PLACE OF COMPETITION IN THE SYSTEM OF ECONOMIC SECURITY OF RUSSIA**

Актуальность исследования конкурентоспособности и экономической безопасности обусловлена рядом современных вызовов, с которыми сталкиваются государства и бизнес-структуры в условиях глобализации и усиления международной конкуренции. В эпоху цифровизации и технологических инноваций, когда новые продукты и бизнес-модели появляются с невероятной скоростью, вопросы конкурентоспособности приобретают особую остроту. Это требует от компаний и страны постоянного анализа внешней среды и адаптации к изменяющимся условиям рынка. С другой стороны, экономическая безопасность является ключевым элементом устойчивого развития государства и обеспечения благополучия его граждан. В условиях возрастающей глобальной нестабильности, политических конфликтов и экономических кризисов, задача обеспечения экономической безопасности становится все более актуальной и сложной. Несмотря на значительное количество исследований, посвященных вопросам конкурентоспособности и экономической безопасности, до сих пор нет единого понимания определяющих факторов, лежащих в основе этих понятий. Это затрудняет разработку эффективных мер государственной политики, направленных на повышение конкурентоспособности и обеспечение экономической безопасности.

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, экономическая безопасность, определяющие факторы, международная конкурентоспособность, инновация, экономическая стабильность.

The relevance of the study of competitiveness and economic security is due to a number of modern challenges faced by states and business structures in the context of globalization and increased international competition. In the era of digitalization

and technological innovation, when new products and business models appear at an incredible speed, the issues of competitiveness become particularly acute. This requires companies and the country to constantly analyze the external environment and adapt to changing market conditions. On the other hand, economic security is a key element of sustainable development of the state and of ensuring the well-being of its citizens. In the context of increasing global instability, political conflicts and economic crises, the task of ensuring economic security is becoming increasingly relevant and complex. Despite a significant number of studies devoted to the issues of competitiveness and economic security, there is still no common understanding of the determining factors underlying these concepts. This complicates the development of effective public policy measures aimed at improving competitiveness and ensuring economic security.

*Keywords:* competitiveness, economic security, determinants, international competitiveness, innovation, economic stability.

В современном глобализированном мире, где экономическое развитие и конкуренция приобретают всё большее влияние, вопросы конкурентоспособности и экономической безопасности становятся ключевыми факторами для обеспечения устойчивого роста и процветания страны. Эти понятия тесно взаимосвязаны и оказывают значительное влияние друг на друга, поскольку высокий уровень конкурентоспособности может способствовать укреплению экономической безопасности, а обеспечение экономической безопасности, в свою очередь, создаёт благоприятные условия для повышения конкурентоспособности.

Конкурентоспособность представляет собой способность страны, отрасли или компании успешно конкурировать на международных рынках, обеспечивая устойчивый рост и развитие [1]. Это комплексное понятие, включающие такие факторы, как производительность, инновации, человеческий капитал, институциональная среда и инфраструктура.

Экономическая безопасность, в свою очередь, относится к состоянию защищенности национальной экономики от внутренних и внешних угроз, способности обеспечивать стабильный экономический рост, эффективное использование ресурсов и достойный уровень жизни населения. Она основывается на принципах суверенитета, независимости, территориальной целостности и устойчивого развития.

Конкурентоспособность и экономическая безопасность тесно взаимосвязаны и оказывают сильное влияние друг на друга [2].

Высокий уровень конкурентоспособности способствует укреплению экономической безопасности страны, поскольку конкурентоспособные отрасли и компании могут успешно конкурировать на международных рынках, обеспечивая экономический рост, создание рабочих мест и повышение благосостояния населения.

С другой стороны, обеспечение экономической безопасности создаёт благоприятные условия для повышения конкурентоспособности. Стабильная экономическая среда, защита от внешних угроз, эффективное использование ресурсов и инвестиций в человеческий капитал и инфраструктуру способствует развитию конкурентоспособных отраслей и компаний.

На текущий момент множество факторов показывают на место конкуренции в системе экономической безопасности. Среди наиболее актуальных можно выделить следующие:

1. Глобализация экономики и усиление международной конкуренции.

Процессы глобализации значительно расширили рынки сбыта и источники ресурсов для компаний. В то же время они обострили конкурентную борьбу, заставляя предприятия искать новые пути повышения эффективности и конкурентоспособности [3]. Компании вынуждены не только противостоять иностранным игрокам на внутреннем рынке, но и самим выходить на зарубежные рынки, что требует серьёзных организованных и финансовых усилий.

Проведенный анализ динамики российского импорта и экспорта (рис. 1) позволяет сделать ряд выводов, имеющих важное значение для понимания роли конкуренции в системе экономической безопасности России.

Наблюдается устойчивая тенденция к росту российского экспорта в последние годы. Этот процесс обусловлен активным расширением рынков сбыта отечественной продукции, что во многом является результатом развития процессов глобализации. Российские компании всё смелее выходят на зарубежные рынки, успешно конкурируя с иностранными игроками. Данная тенденция свидетельствует о повышении конкурентоспособности отечественного бизнеса, что положительно сказывается на экономической безопасности страны.

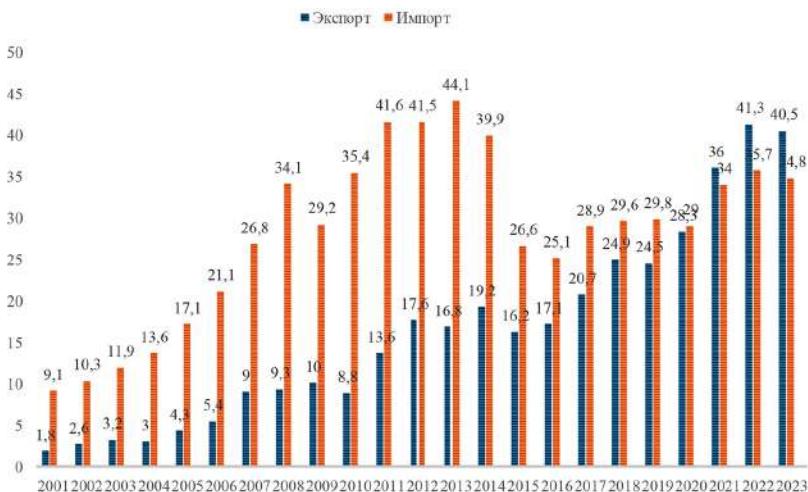


Рис. 1. Сравнительная динамика российского экспорта и импорта

В отличие от экспорта, импорт в Россию значительно снизился по сравнению с 2011–2014 годами. Это может быть связано как с проводимой политикой импортозамещения, так и с ответными экономическими санкциями.

Отечественным предприятиям пришлось существенно усилить свои конкурентные позиции, чтобы противостоять иностранным игрокам на внутреннем рынке. Таким образом, конкуренция с зарубежными поставщиками стала одним из важных факторов, определяющих экономическую безопасность России.

Выявление тенденций свидетельствуют об усилении позиций российских компаний как на внутреннем, так и на внешних рынках. Это свидетельствует о повышении роли конкуренции в обеспечении экономической безопасности, поскольку конкурентоспособные отечественные предприятия способны не только противостоять иностранным игрокам, но и успешно экспандировать на зарубежные рынки.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что конкуренция играет ключевую роль в системе экономической безопасности России. Она выступает важным фактором, определяющим устойчивость

национальной экономики, её способность противостоять внешним вызовам и эффективно использовать возможность глобализации.

## 2. Технологические изменения и цифровизация

Стремительное развитие новых технологий, таких как искусственный интеллект, роботизация, «Интернет вещей», оказывает сильное трансформирующее воздействие на все сферы экономики (рис. 2). Предприятия, которые успешно внедряют и используют передовые технологии, получают значительное конкурентные преимущества. В то же время отставание в технологической гонке грозит потерей доли рынка и ослаблением позиций компаний.

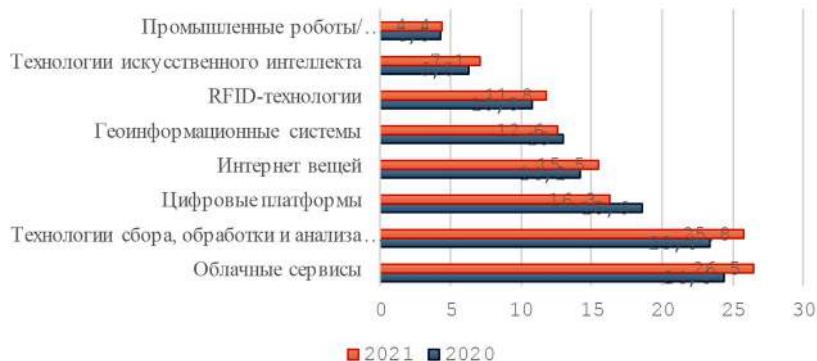


Рис. 2. Использование цифровых технологий в организациях [4]

## 3. Изменение потребительских предпочтений

Современные потребители становятся всё более требовательными, ориентируясь не только на цену и качество, но и на экологичность, социальную ответственность, индивидуализацию продуктов и услуг. Компании вынуждены постоянно отслеживать изменения в потребительском поведении и адаптировать свои бизнес-модели, чтобы сохранить лояльность клиентов и занимать устойчивые конкурентные позиции.

Таким образом, глобализация, цифровая трансформация и изменение потребительских предпочтений являются ключевыми факторами, определяющими место конкуренции в системе экономической

безопасности в современных условиях. Компаниям для обеспечения своей экономической безопасности и устойчивого развития необходимо не только эффективно противостоять внешним угрозам, но и постоянно адаптироваться к динамичным изменениям рыночной среды, совершенствуя свои конкурентные стратегии.

Конкурентоспособность и экономическая безопасность являются ключевыми факторами для обеспечения устойчивого экономического роста и процветания стран. Они тесно взаимосвязаны и оказывают значительное влияние друг на друга [5]. Повышение конкурентоспособности способствует укреплению экономической безопасности, а обеспечение экономической безопасности создает благоприятные условия для повышения конкурентоспособности.

Для достижения высокого уровня конкурентоспособности и обеспечения экономической безопасности необходимо комплексное сочетание мер, направленных на создание благоприятной институциональной среды, инвестиции в человеческий капитал, стимулирование инноваций и внедрение технологий, развитие инфраструктуры, диверсификацию экономики и международное сотрудничество.

Путем реализации рекомендованных мер страны смогут повысить свою конкурентоспособность на мировых рынках и обеспечить экономическую безопасность, что станет основой для устойчивого экономического роста и процветания в долгосрочной перспективе.

Таким образом:

1. Конкурентоспособность и экономическая безопасность являются важными аспектами деятельности организации, влияющими на ее успех и выживаемость на рынке.

2. Для обеспечения конкурентоспособности необходимо учитывать различные факторы, такие как качество продукции, цены, маркетинговые стратегии и т. д.

3. Основные теории и концепции, лежащие в основе конкурентоспособности и экономической безопасности, помогают разработать эффективные стратегии развития и укрепления позиций на рынке.

### **Литература**

1. Маханько Г. В., Шалагинова Е. С. Экономическая безопасность и конкурентоспособность региона как важнейшая составляющая экономической безопасности России // Современные проблемы социально-экономического развития: сборник материалов 4-й Международной научно-практической конференции, Махачкала, 21 февраля 2014 года. Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью «Апробация», 2014. С. 111–113.
2. Лелявина Т. А., Шеховцова А. В., Усков В. В. Основы управления и безопасности коммерческих предприятий: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Экономическая безопасность». СПб. : ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2023. 165 с.
3. Оценка риска в экономической безопасности предприятия: учебное пособие в 2 частях / А. К. Моденов, М. П. Власов, Т. Н. Орловская [и др.]. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2022. 268 с.
4. Использование информационных и коммуникационных технологий в организациях. URL: <https://42.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Использование%20информационных%20и%20коммуникационных%20технологий%20в%20организациях%20в%202023%20году.pdf> (дата обращения: 07.11.2024).
5. Петров М. А., Усков В. В. Управление эффективностью проектных решений с помощью коэффициента коммерциализации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 4, № 7(148). С. 13–19.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ГОРОДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

---

<i>Беляева Д. А.</i>	
Проблемы новой регламентации водоподготовки плавательных бассейнов . . . . .	3
<i>Смирнов Н. В.</i>	
Частотное регулирование электропривода.	
Изменение характеристики и рабочего диапазона насоса . . . . .	9
<i>Суворов И. В.</i>	
Особенности устройства и эксплуатации станций обезжелезивания воды . . . . .	17
<i>Богданов А. С.</i>	
Нейросетевой подход к задаче классификации пиломатериалов . . . . .	26
<i>Бушиев Н. Д.</i>	
Сравнительный анализ нейронных сетей для обработки речевых сигналов. . . . .	32
<i>Морева Е. В., Петров Д. С.</i>	
Применение PBR-текстур в архитектурной визуализации . . . . .	40
<i>Соколова А. В.</i>	
Разработка электронного журнала для учета посещаемости и успеваемости обучающихся в рамках проекта развития СПбГАСУ	
«Открытый цифровой университет». . . . .	48
<i>Макушева А. В., Сылка Д. И.</i>	
История расходящихся рядов . . . . .	57
<i>Мальгина Т. А., Ярмухомедова К. Р.</i>	
История развития теории определителей . . . . .	65

### БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

---

<i>Анисимов Д. А.</i>	
Анализ причин отказа ходовых модулей и оборудования землеройных машин . . . . .	79
<i>Белик Г. Н.</i>	
Разработка новых теоретических положений надежностно-ориентированной эксплуатации транспортно-технологических машин . . . . .	84

---

## Содержание

---

<i>Днепров О. Д.</i>	
Применение нейронных сетей для принятия решений при техническом диагностировании в условиях недостаточности информации . . . . .	91
<i>Евдокимов Ю. А., Мейке У. Н.</i>	
Анализ соответствия кабин тракторов общего назначения эргономическим требованиям к ним . . . . .	96
<i>Кипин Н. В.</i>	
Обоснование конструктивных и режимных параметров гидроструйного технологического оборудования машины для анкерования инженерных конструкций . . . . .	103
<i>Крупенин Ф. Р.</i>	
Системный подход в исследовании отказов самоподъемных гидравлических платформ для высотного строительства . . . . .	109
<i>Кумов Д. В.</i>	
Зависимость плавности хода транспортно-технологических машин от степени регулируемости системы подвески на базе колесного шасси . . .	115
<i>Мусливец М. А.</i>	
Исследования перспектив интеграции беспилотных транспортных систем в существующие транспортные сети . . . . .	123
<i>Выселка А. А.</i>	
Функциональная архитектура локальной интеллектуальной транспортной системы (ЛИТС) крупногабаритных, тяжеловесных и опасных грузов . . . . .	129
<i>Красногорцева Е. Д.</i>	
Формирование положения средств индивидуальной мобильности в рамках концепции МААС . . . . .	139
<i>Лебедев М. А.</i>	
Особенности влияния нагрузки на напряженно-деформированное состояние дорожных конструкций . . . . .	144

---

## ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

---

<i>Бешенцев И. Д.</i>	
Пражский трамвай: опыт, достойный внимания . . . . .	154
<i>Тиккоев В. Н.</i>	
Модернизация строительного контроля в условиях цифровизации экономики . . . . .	170

---

## Содержание

---

<i>Глебова А. А.</i>	
Экономическая безопасность строительных организаций: сущность и влияющие факторы . . . . .	174
<i>Жукова Е. К.</i>	
Зашита интеллектуальной собственности и ее влияние на обеспечение экономической безопасности в эпоху цифровых технологий . . . . .	180
<i>Морозов А. В.</i>	
Принципы продовольственной безопасности РФ: соответствие международным стандартам и национальным интересам . . . . .	185
<i>Снеткова А. А.</i>	
Влияние внешних угроз на экономическую безопасность РФ в условиях пандемии и санкций . . . . .	192
<i>Якушева В. А.</i>	
Современные факторы, определяющие место конкуренции в системе экономической безопасности России . . . . .	199

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Часть 2**

Материалы LXXVII Национальной  
научно-практической конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых

Компьютерная верстка *O. H. Комиссаровой*

Подписано к печати 29.09.2025. Формат 60×84 1/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 12,15. Тираж 500 экз. Заказ 94. «С» 50.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.  
Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ