

Об авторах:

ЛЕВИКОВ Александр Валерьевич – кандидат философских наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: leviksa@mail.ru

ЗИМИНА Софья Андреевна – студентка бакалавриата, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: ziminasofa7@gmail.com

ШАБАЛИНА Полина Игоревна – студентка бакалавриата, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: shabalina-p03@mail.ru

About the authors:

LEVIKOV Alexander Valeryevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, Tver. E-mail: leviksa@mail.ru

ZIMINA Sofya Andreevna – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: veronika36556@gmail.com

SHABALINA Polina Igorevna – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: rusalinarozmetova016@gmail.com

УДК 624.074

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ВОЗДУХООПОРНОГО ТИПА В РОССИИ

А.В. Левиков, В.А. Михайлова, Р.Р. Розметова

© Левиков А.В., Михайлова В.А.,
Розметова Р.Р., 2026

***Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы развития и применения пневматических воздухоопорных конструкций. Описаны их особенности, материалы, системы анкерного крепления и эксплуатационные преимущества. Представлены варианты практического применения динамической архитектуры, ориентированной на мобильность, адаптивность и комфорт человека.*

***Ключевые слова:** пневматические конструкции, воздухоопорные сооружения, динамическая архитектура, фторполимерные материалы ETFE, мобильные покрытия, адаптивные конструкции.*

С середины XIX века бурное развитие науки и техники привело к формированию в архитектуре нового направления – динамической архитектуры, ориентированной на гибкость, мобильность и адаптацию к потребностям человека и изменяющимся условиям среды [1]. Одним из характерных проявлений этой тенденции стали пневматические воздухоопорные конструкции – инженерные системы, использующие внутреннее давление воздуха для обеспечения формы и устойчивости оболочки.

За прошедшие десятилетия архитектурная практика испытала множество конструктивных и технологических решений, часть которых со временем потеряла актуальность. Однако пневматические сооружения сохранили востребованность благодаря сочетанию малого веса, быстроты монтажа, эргономичности и выразительных эстетических качеств. Эти особенности позволяют применять их в самых разных областях – от спортивных и выставочных комплексов до временных укрытий и мобильных инженерных сооружений.

Воздухоопорные конструкции получили наибольшее распространение в 1980–1990-х гг., когда сочетание легких синтетических материалов и инженерных инноваций позволило создавать крупнопролетные покрытия [1]. В начале XXI века интерес к ним возрождается благодаря внедрению нового поколения фторполимерных материалов, таких как ETFE (этилен-тетрафторэтиленовый сополимер). Данный материал отличается высокой светопрозрачностью, прочностью, долговечностью и устойчивостью к климатическим воздействиям, что открывает новые возможности для архитектурного проектирования и устойчивого строительства.

Существует два основных типа пневматических сооружений: воздухоопорные и пневмокаркасные. Воздухоопорные поддерживают форму за счет постоянного избыточного давления внутри, что обеспечивает устойчивость даже при больших нагрузках. Пневмокаркасные работают на принципе нагружения отдельных элементов, таких как трубы или арки, и не требуют поддержания давления во всем объеме [2].

Воздухоопорные конструкции представляют собой оболочки, форма и устойчивость которых обеспечиваются благодаря незначительной разности давлений во внутренних и внешних средах (рис. 1). Внутреннее давление в таких сооружениях создается при помощи нагнетательных установок и, как правило, превышает атмосферное на 10–40 кПа, что позволяет противостоять воздействию внешних нагрузок (ветровых и снеговых) [2]. Данное избыточное давление не оказывает негативного влияния на человека и не требует повышенных мер по герметизации внутреннего объема, что делает эксплуатацию воздухоопорных сооружений безопасной и комфортной.



Рис. 1. Воздухоопорная конструкция

К основным элементам воздухоопорного сооружения относятся оболочка, шлюзовые входы, анкерные устройства, контурные элементы, а также воздуходувные и отопительные установки (рис. 2). Шлюзы, как правило, имеют каркас из металла, дерева или пластика, на который закрепляется герметизирующая оболочка [3]. Размер шлюзов варьируется в зависимости от назначения сооружения, т.е. от небольших проходов для персонала до крупных герметичных отсеков, обеспечивающих въезд техники и авиации.

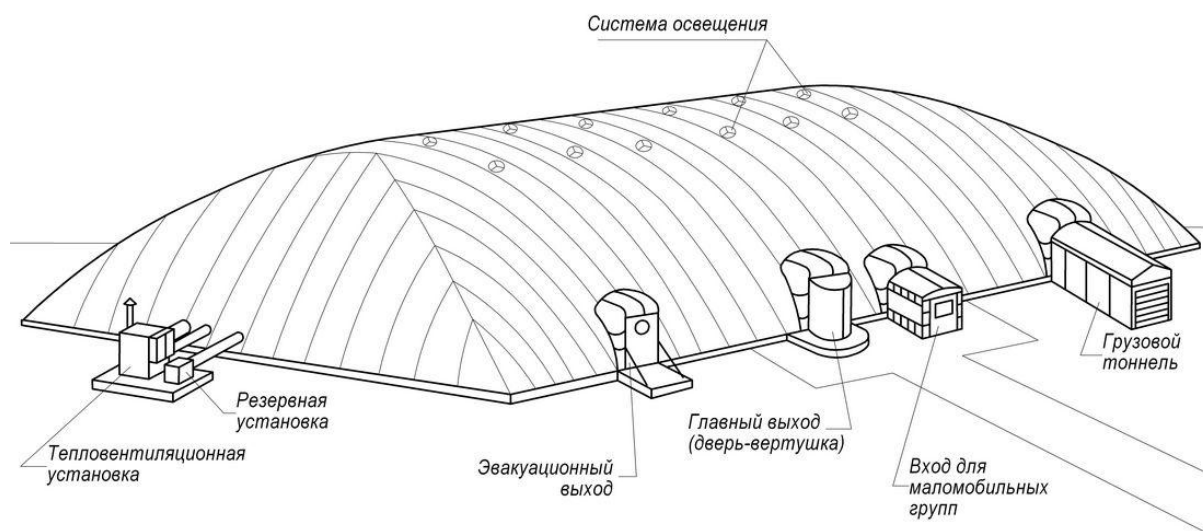


Рис. 2. Основные элементы воздухоопорной конструкции

Особое значение имеет система анкерного крепления оболочки. Для надежной фиксации применяются различные конструкции, включая стальные трубы, анкеры и натяжные канаты. Наиболее распространенным решением является присоединение оболочки к фундаменту с помощью верхней и нижней труб, соединенных скобами, либо использование канатных и вантовых систем. В сельском строительстве также

применяются водонаполненные рукава и земляные анкеры, обеспечивающие устойчивость конструкции при минимальных затратах [3].

В конструкциях воздухоопорного типа широко применяются синтетические ткани и полимерные пленки, покрытые герметизирующими и защитными составами [4]. В качестве основы используются как натуральные волокна (хлопок, лен), так и искусственные и синтетические материалы (вискозные, полиамидные, полиэфирные, капроновые и лавсановые ткани). Наиболее распространенной основой для современных оболочек является полиэфирная ткань, обладающая высокой прочностью при небольшом весе и хорошей устойчивостью к растяжению.

В зависимости от назначения сооружения и условий эксплуатации используются однослойные, двухслойные и многослойные оболочки, иногда с теплоизоляционными прослойками [4]. Помимо этого, применяются армированные композитные материалы, сочетающие тканевую основу с сеткой из синтетических волокон или металлических нитей. Такое армирование увеличивает сопротивляемость оболочки к ветровым и снеговым нагрузкам, предотвращает разрывы и локальные деформации.

В сфере спортивной архитектуры воздухоопорные покрытия активно используются для перекрытия теннисных кортов, зимних тренировочных площадок, крытых залов легкой атлетики, футбольных манежей и иных сооружений, где важны быстрота монтажа, возможность сезонного использования и снижение эксплуатационных затрат. По оценкам, порядка 45 % всех пневматических сооружений в России сегодня применяются именно для спортивных целей [5].

Значительную долю составляют конструкции складского и промышленного применения: около 50–70 % от общего числа возведенных объемных воздушно-опорных покрытий используются как складские помещения или ангары благодаря их легкости, быстрому разворачиванию и относительно невысоким материальным затратам на них.

Кроме того, воздухоопорные конструкции находят применение в мобильных инженерных и гуманитарных проектах. В частности, они используются как временные укрытия, павильоны выставочного типа, покрытия строительных монтажных площадок и даже как сооружения для нужд военных или спасательных служб.

Экономические предпосылки применения пневматических конструкций связаны с относительно низкой стоимостью полимерных материалов по сравнению с традиционными строительными материалами. Дополнительным фактором является экономичность транспортировки и монтажа фторполимерных пленок, обусловленная их малым весом. Современные социальные и климатические условия в ряде регионов мира указывают на необходимость того, чтобы архитектурные решения позволяли оперативно реагировать на критические ситуации

гуманитарного характера. Высокая мобильность, быстрота возведения и адаптивность пневматических воздухоопорных сооружений делают их эффективными средствами обеспечения временного жилья для беженцев и лиц, лишившихся крова в результате природных катастроф. Эти сооружения также пригодны для работы в экстремальных климатических условиях.

Библиографический список

1. Пшеничникова К.А. Предпосылки формирования пневматических конструкций в современной архитектуре // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2025. № 3 (44). С. 183–200.

2. Кузьменко Д.И., Тимошенко И.А. Применение воздухоопорных сооружений для спортивных объектов // *Наука и молодежь: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / под ред. Р.С. Жуковского [и др.]*. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. 2024. С. 25–27.

3. Ким А.Ю., Харитонов С.П. История и перспективы развития пневматических сооружений в России // *СИМВОЛ НАУКИ*. 2016. № 5. С. 52–54.

4. Паузин С.А., Лоншакова К.И. Особенности проектирования зданий с пневматическими конструкциями. Н. Новгород: НГАСУ, 2019. 90 с.

5. Пименова Е.В., Демидова Л.М. Динамическая архитектура: трансформация фасадов общественных зданий // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 1 (44). С. 113.

FEATURES OF APPLICATION AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF PNEUMATIC AIR-RESISTANT STRUCTURES IN RUSSIA

A.V. Levikov, V.A. Mikhailova, R.R. Rozmetova

Abstract. *The article discusses the problems of development and application of pneumatic air-supported structures. It describes their features, materials, anchor attachment systems, and operational advantages. The article presents examples of practical application of dynamic architecture that focuses on mobility, adaptability, and human comfort.*

Keywords: *pneumatic structures, air support structures, dynamic architecture, ETFE fluoropolymer materials, mobile coatings, adaptive structures.*

Об авторах:

ЛЕВИКОВ Александр Валерьевич – кандидат философских наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: leviksa@mail.ru

МИХАЙЛОВА Вероника Андреевна – студентка бакалавриата, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: veronika36556@gmail.com

РОЗМЕТОВА Русалина Руслановна – студентка бакалавриата, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: rusalinarozmetova016@gmail.com

About the authors:

LEVIKOV Alexander Valeryevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, Tver. E-mail: leviksa@mail.ru

MIKHAILOVA Veronika Andreevna – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: veronika36556@gmail.com

ROZMETOVA Rusalina Ruslanovna – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: rusalinarozmetova016@gmail.com

УДК 624.014.2

ОСОБЕННОСТИ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

С.А. Соколов, Т.Р. Баркая, В.А. Мунтян

© Соколов С.А., Баркая Т.Р.,
Мунтян В.А., 2026

***Аннотация.** В статье рассмотрены особенности легких металлических конструкций (ЛМК) одноэтажных зданий, уделено внимание конструкциям типа «Орск». Проанализированы конструктивные и эксплуатационные характеристики рамных систем, применяемых в промышленном и общественном строительстве. Отмечены преимущества ЛМК по сравнению с традиционными железобетонными каркасами, такие как сокращение сроков монтажа, снижение трудозатрат и повышение огнестойкости. Сделан акцент на коробчатых рамах с гофрированной стенкой, их сейсмостойкости, экономичности и термической инерции. Приведено сравнение с конструкциями типа «Канск» и «Алма-Ата», выявлены области применения и экономическая эффективность.*