

УДК 002.304

ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ**Масеев Дмитрий Викторович,**

аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», г. Саранск
yurina_iriha@mail.ru

Аннотация

В работе сделан обзор современных вибропоглощающих полимерных композитов. Было установлено, что на сегодняшний день существует широкий спектр материалов, которые могут быть использованы в качестве вибропоглощающих компонентов. Это как традиционные, так и новые, инновационные материалы, которые обладают уникальными свойствами. В ходе исследования были проанализированы существующие методики оценки вибропоглощающих свойств композитов. Исследованы рекомендации по применению различных наполнителей и технологий для использования в гражданском строительстве и строительстве дорог. Успешное применение вибропоглощающих полимерных композитов в строительной отрасли не только улучшает эксплуатационные характеристики объектов, но и повысят их энергоэффективность и долговечность.

Ключевые слова: вибропоглощающие полимерные композиты, механическая энергия, демпфирующие свойства, коэффициент механических потерь, модифицированные матрицы, наполнители, прочность, жесткость, долговечность.

VIBRATION-ABSORBING BUILDING COMPOSITES**Maseev Dmitry Viktorovich,**

postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "National Research Mordovian State University named after N. P. Ogarev", Saransk

ABSTRACT

The paper provides an overview of modern vibration-absorbing polymer composites. It has been found that today there is a wide range of materials that can be used as vibration-absorbing components. These are both traditional and new, innovative materials that have unique properties. In the course of the study, the existing methods for assessing the vibration-absorbing properties of composites were analyzed. Recommendations on the use of various fillers and technologies for use in civil engineering and road construction are investigated. The successful application of vibration-absorbing polymer composites in the construction industry will not only improve the operational characteristics of facilities, but also increase their energy efficiency and durability.

Keywords: vibration-absorbing polymer composites, mechanical energy, damping properties, coefficient of mechanical loss, modified matrices, fillers, strength, rigidity, durability.

Введение

В последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к разработке и применению новых материалов, обладающих уникальными свойствами, которые могут существенно улучшить характеристики строительных объектов. Одной из таких областей является создание вибропоглощающих строительных композитов, которые способны эффективно снижать уровень вибраций и шумов, возникающих в результате различных механических воздействий. Вибрации могут оказывать негативное влияние на долговечность конструкций, а также на комфортность проживания и работы людей в зданиях и сооружениях. Поэтому разработка новых вибропоглощающих материалов становится актуальной задачей для инженеров и ученых, работающих в области строительных технологий.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью создания высокоэффективных вибропоглощающих материалов, которые могут быть использованы в строительстве и смежных отраслях. В условиях современного строительства, где требования к энергоэффективности и долговечности объектов становятся все более строгими, использование композитных материалов с улучшенными вибропоглощающими свойствами может значительно повысить качество и срок службы зданий. В частности, акцент на использование различных наполнителей в эпоксидных смолах и каучуковых вяжущих открывает новые горизонты для оптимизации характеристик композитов.

В рамках данной работы будет проведен обзор современных вибропоглощающих материалов, что позволит выявить существующие тенденции и достижения в этой области. Особое внимание будет уделено методам испытаний вибропоглощающих свойств, которые являются ключевыми для оценки эффективности разработанных композитов. Важно отметить, что выбор наполнителей оказывает значительное влияние на физико-механические свойства композитов, и в работе будет проведен анализ различных наполнителей, их характеристик и влияния на конечные свойства материалов.

Кроме того, работа будет включать в себя исследование технологий обработки и производства композитов, что позволит понять, как различные методы могут влиять на качество и эффективность конечного продукта. Практическое применение результатов исследования будет рассмотрено в контексте реальных строительных проектов, где вибропоглощающие композиты могут быть использованы для повышения комфорта и безопасности. Сравнительный анализ известных технологий, применяемых в производстве вибропоглощающих материалов, также будет важной частью работы, так как позволит выявить сильные и слабые стороны существующих решений.

Наконец, в работе будут обозначены перспективы дальнейших исследований в области вибропоглощающих строительных композитов. Это может включать в себя как разработку новых наполнителей, так и совершенствование существующих технологий, что в конечном итоге приведет к созданию более эффективных и долговечных материалов. Таким образом, данное исследование направлено на решение актуальной проблемы разработки новейших вибропоглощающих материалов, что, безусловно, будет способствовать улучшению энергоэффективности и долговечности строительных объектов.

Обзор современных вибропоглощающих материалов

Вибропоглощающие композиты представляют собой многокомпонентные материалы, способные эффективно воспринимать и рассеивать механическую энергию вибрации. В контексте современных инженерных материалов особое внимание уделяется

полимерным композитам, в которых используются как традиционные полимеры, так и новейшие модифицированные матрицы, способствующие улучшению демпфирующих характеристик.

На современном рынке представлены различные вибропоглощающие материалы, которые находят применение в строительстве и других отраслях. Эти материалы предназначены для значительного снижения уровней шума и вибрации, зачастую достигая 85% в диапазоне низких частот от 20 до 1000 Гц. Основным механизмом их работы заключается в преобразовании механической энергии колебаний в тепловую, что позволяет преобразовывать вибрацию без ее изоляции от источника [1].

Битумные материалы, используемые с незапамятных времен, включают в себя композит из фольги, битума и клея. Они обеспечивают высокую жесткость и надежность, что делает их популярным выбором для изоляции в строительстве. Однако с развитием технологий возникли и другие, более современные решения. Например, полиуретан стал стандартом благодаря своему высокому коэффициенту механических потерь и способности к гашению вибрации [2].

Следует отметить, что помимо серьезных универсальных материалов существуют и специализированные решения. Например, никелид титана обладает высокими демпфирующими свойствами и может использоваться в уникальных конструкциях, где традиционные материалы оказываются недостаточно эффективными [3]. Интересно, что свойства вибропоглощающих материалов напрямую зависят от их химического состава и структуры. Для их эффективного применения необходимо учитывать, что они должны быть устойчивыми к высоким температурам и агрессивным химическим средам [4].

Анализ данных материалов показывает, что ключевыми критериями для их выбора являются коэффициент механических потерь и динамический модуль упругости. Эти параметры влияют на общую эффективность гашения вибрации и, следовательно, на жизнеспособность материала в конкретных условиях эксплуатации [5]. Кроме того, современные исследования демонстрируют необходимость разработки таких решений, которые одновременно обеспечивают шумоизоляцию и виброизоляцию для оптимизации эксплуатационных характеристик.

Виброизоляция традиционно включает в себя пассивные методы, такие как резиновые прокладки и пружины, однако активные системы, использующие электронику для гашения колебаний, также становятся все более распространенными. Каждая из технологий имеет свои преимущества и недостатки, но ротация между ними должна быть основана на конкретных условиях эксплуатации и требованиях [1].

В последние годы наблюдается рост интереса к пористым материалам, такими как пористо-волокнистые и пористо-губчатые, которые используются для уменьшения передачи вибрации от различных машин и механизмов. Эти вещества часто представляют собой композиты, созданные для достижения наилучших вибропоглощающих характеристик [2]. Исследования показывают, что их поведение при различных нагрузках и температурах может существенно варьироваться, что необходимо учитывать при проектировании.

Применение современных вибропоглощающих композитов охватывает широкий спектр областей: от строительства зданий и сооружений до специализированных решений для аэрокосмической и автомобильной промышленности. Каждое из направлений имеет свои специфические требования к материалам, обеспечивающим удовлетворение всех необходимых стандартов по шумоизоляции и виброизоляции [3].

Методы оценки вибропоглощающих свойств композитов основаны на физических и механических испытаниях, которые позволяют получить необходимую информацию о степени диссипации вибрационных колебаний. Сравнительный анализ существующих стандартов для механических испытаний, как отечественных, так и зарубежных,

показывает, как эти методы различаются. Анализ подчеркивает недостатки каждого из подходов, что может помочь в разработке более надежных методов оценки диссипативных свойств [7]. Испытания на стойкость к повреждению и ускоренное старение также играют значительную роль в оценке долговечности материалов.

Прогнозирование физических свойств, включая такие характеристики как прочность, жесткость и долговечность, остается сложной задачей. Исследования, посвященные определению влияния наполнителей на вибропоглощающие свойства, показывают, что даже небольшие изменения в составе могут приводить к значительным колебаниям в поведении композитов [8].

Учитывая это, актуальным становится использование ультразвуковых методов для определения физико-механических характеристик композитов. Эти методы обеспечивают возможность неdestructивной оценки свойств материалов, что критически важно для хозяйственного использования и долголетия изделий [9].

В связи с этим актуальными остаются исследования, направленные на разработку новых тестов и методов анализа, позволяющих получить более полные данные о свойствах композитов в различных эксплуатационных условиях. Такой подход не только улучшает процессы разработки новых материалов, но и способствует эффективному использованию уже существующих в новых приложениях.

Вибропоглощающие свойства композитов зависят в значительной степени от типа и содержания наполнителей, используемых в их составе. Разнообразие наполнителей, таких как органические, минеральные и металлические, позволяет значительно изменить как физико-механические, так и вибропоглощающие характеристики конечного продукта. Например, исследования показывают, что чешуйчатые и волокнистые наполнители, такие как слюда и графит, обеспечивают наиболее эффективное демпфирование благодаря своей структуре и способу взаимодействия с полимерной матрицей [10].

Оптимальная концентрация наполнителя имеет решающее значение для достижения желаемых эксплуатационных свойств композита. При чрезмерном увеличении концентрации добавок может наблюдаться ухудшение механических характеристик материала, в то время как слишком низкое содержание может привести к недостаточному взаимодействию между частицами наполнителя, что не позволяет полностью реализовать потенциал матрицы [11].

Ключевую роль в демпфировании играет трение между полимерной матрицей и наполнителями. Это трение усиливается при увеличении плотности наполнителя, что в свою очередь улучшает способность композита поглощать вибрации, что подтверждается рядом экспериментальных данных [12].

Температурные условия использования композитов могут значительно повлиять на их демпфирующие свойства. Эксперименты показывают, что с увеличением температуры область эффективного вибропоглощения перемещается, что, возможно, связано с изменениями в структуре полимерной матрицы [6]. Такой эффект можно наблюдать, когда используются определенные типы наполнителей, которые обладают высокой термостойкостью. Например, использование эпоксидных смол в качестве матричных элементов способствует лучшим механическим характеристикам на повышенных температурах.

Применение различных комбинаций методов и материала для обработки в конечном итоге влияет на свойства готового композита. Наращивание прочности, шумоизоляция и вибропоглощение – это результаты не только правильного выбора исходных компонентов, но и точного соблюдения технологий намотки, прессования и экструзии. Высокая сложность процесса обработки требует постоянных исследований и внедрения инновационных технологий, что станет залогом создания будущих, более эффективных материалов.

В последние годы наблюдается активное внедрение вибропоглощающих строительных композитов в гражданское строительство и промышленность. Эти материалы обладают уникальными характеристиками, позволяющими эффективно уменьшать уровень вибраций и шумов, что делает их особенно актуальными в условиях современных массивных проектов и плотной городской застройки. Основная цель их применения - обеспечение комфортной жизненной среды и повышение долговечности конструкций.

Одна из ключевых областей применения вибропоглощающих композитов - это строительство жилых и общественных зданий. Вибрационная нагрузка на здания может существенно влиять на комфорт проживания, а также приводить к повреждениям конструкций. Внедрение вибропоглощающих композитов в конструкции стен и перекрытий позволяет значительно снизить уровень вибраций, передающихся от внешних источников, таких как дороги, трамвайные линии или другие строительные объекты [13]. Применение таких решений в жилом строительстве способствует созданию комфортных условий для проживания и снижению уровня шума, что, в свою очередь, положительно сказывается на здоровье и благополучии жителей.

Также стоит отметить, что вибропоглощающие композиты широко применяются в строительстве инфраструктурных объектов. Это охватывает мосты, тоннели и дороги, где требования к долговечности и устойчивости конструкции особенно высоки. Разработка и внедрение новых композитов с улучшенными характеристиками позволяет создавать конструкции, способные выдерживать значительные механические нагрузки и устойчивые к воздействию внешней среды [14].

При проектировании новых зданий и сооружений важно учитывать не только устойчивость материалов, но и их способность к вибропоглощению. Это делает необходимым проведение детальных исследований и испытаний, чтобы определить оптимальные составы и технологии производства. Исследования показывают, что правильный выбор наполнителей и матриц может привести к значительному повышению эффективности вибропоглощающих свойств композитов [15]. В этом процессе активно используются современные технологии, такие как 3D-печать и композитные методы, позволяющие получать более точные и оптимизированные конструкции.

Важными аспектами практического применения вибропоглощающих материалов являются не только их эффективность, но и устойчивость к воздействию внешних факторов. Эти материалы должны быть способными выдерживать разные климатические условия, включая резкие изменения температуры и влажности. Исследования показывают, что композитные материалы, содержащие полимерные матрицы и армирующие наполнители, показывают отличные результаты в этом отношении, что делает их надежными для использования в строительстве [16].

Таким образом, практическое применение вибропоглощающих строительных композитов охватывает широкий спектр областей, от жилого строительства до крупных инфраструктурных проектов. Эффективное использование таких материалов не только улучшает качество жизни, но и способствует устойчивому развитию строительной отрасли в целом.

Технологии обработки и производства вибропоглощающих строительных композитов развиваются в ответ на растущие запросы к конструкции и долговечности современного строительства. Разнообразие методов успешного создания таких материалов открывает новые горизонты для их применения. Одним из направлений является использование полимерных композитов, основанных на стекловолокне и углеволокне, что осуществляется благодаря их высокой прочности и устойчивости к воздействию факторам внешней среды [17].

Важным аспектом является проверка прочностных характеристик разработанных композитов. В работе, проведенной Богословским и Мартиросовым, представлено

сравнение прочностных параметров стекловолоконных и углеволоконных композитов. Отмечается, что оптимизация методов их производства напрямую влияет на эксплуатационные свойства и применение в строительстве [17].

Ключевым элементом современных композитов является использование инновационных армирующих материалов. Например, в исследованиях Мартиросова и его коллег упоминается о композитной арматуре, которая существенно превосходит традиционные металлические аналоги по коррозионной стойкости и прочности [17]. Такой подход позволяет проектировать более устойчивые конструкции, например, для фундаментов и мостов, где важна высокая нагрузочная способность и долговечность.

Композитные материалы показывают высокую эффективность в условиях различного рода нагрузок и агрессивной среды, что делает их популярными в строительной отрасли. Как подтверждают исследования, применение композитов в строительстве не только улучшает эксплуатационные характеристики объектов, но и снижает затраты на их обслуживание [18][19]. Эти свойства делают их идеальными для использования в современных условиях.

Сравнительная эффективность различных технологий замещения традиционных материалов на композитные также актуальна. Композитные панели, по своим характеристикам, значительно превосходят стальные и алюминиевые прочные конструкции [20]. Данные показатели обеспечиваются благодаря удачному выбору материалов и технологий их обработки.

С применением композитных растворов можно добиться экономии на стадии эксплуатации долговечных конструкций. Композиции, содержащие инновационные наполнители, используют в различных строительных элементах, таких как панели, кровли и перекрытия [21]. Это открывает возможности для применения разношироких компонентов, что в свою очередь уменьшает общий вес зданий и способствует их мобильности.

Необходимо выделить, что область применения композитных материалов продолжает расширяться, и новые исследования в этой сфере акцентируют внимание на все более сложных и специализированных решениях. Например, использование композитных арматур позволяет повысить надежность и долговечность конструкций, что имеет значение в регионах с повышенными сейсмическими нагрузками [19].

Таким образом, текущие разработки в области вибропоглощающих строительных композитов подчеркивают их потенциал в строительстве. Дальнейшие сравнительные исследования различных технологий и производственных подходов будут способствовать не только улучшению свойств материалов, но и решению многочисленных практических задач, что является важным на современном этапе развития строительной индустрии [17][18][20]

Перспективы дальнейших исследований в области вибропоглощающих строительных композитов представляют собой динамично развивающееся направление, востребованное как в научном сообществе, так и в практической деятельности различных отраслей экономики. Как показывают последние достижения, одним из актуальных направлений является разработка новых материалов, которые по своей функциональности могут использоваться в условиях повышенной температуры и вибрации, что открывает интересные возможности для применения в авиации, транспорте, отрасли строительства.

Растет рынок вибропоглощающих материалов. Этот рост будет поддержан внедрением инновационных технологий, таких как модернизация традиционных битумных и резинобитумных звукоизоляционных материалов с использованием базальтовой ваты. Использование последних позволяет значительно улучшить звукоизоляционные свойства материалов за счет повышения их устойчивости к внешним воздействиям.

Современные методики тестирования позволяют выявить влияния различных показателей на эффективность поглощения вибраций, что, в свою очередь, способствует созданию эффективных строительных конструкций, специализированных приборов и технологий, которые помогут наилучшим образом проанализировать свойства новых материалов. Исследования показывают, что такие модификации с использованием полимеров открывают новые горизонты для разработки высокоэффективных вибропоглощающих решений.

Заключение

В заключение данной работы можно подвести итоги, касающиеся исследования вибропоглощающих строительных композитов, их свойств, применения и перспектив дальнейшего развития. В условиях современного строительства, где требования к энергоэффективности и долговечности объектов становятся все более актуальными, разработка новых материалов, обладающих высокими вибропоглощающими свойствами, представляет собой важную задачу. В ходе исследования было проанализировано множество аспектов, касающихся как теоретических, так и практических аспектов создания и применения таких композитов.

В процессе работы было установлено, что на сегодняшний день существует широкий спектр материалов, которые могут быть использованы в качестве вибропоглощающих компонентов. Это как традиционные, так и новые, инновационные материалы, которые обладают уникальными свойствами.

Таким образом, проведенное исследование подчеркивает важность разработки и применения вибропоглощающих строительных композитов, а также необходимость дальнейших исследований в этой области. Успешная реализация предложенных рекомендаций и технологий может значительно улучшить характеристики строительных объектов, повысить их энергоэффективность и долговечность, что, в свою очередь, будет способствовать созданию более комфортной и безопасной среды.

Список литературы:

1. Виброизоляция: вибропоглощающие материалы – DRIVE2 [Электронный ресурс] // www.drive2.ru - Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/532643/>, свободный.
2. Виды вибропоглощающих материалов и их отличия | Блог... [Электронный ресурс] // stp-russia.ru - Режим доступа: <https://stp-russia.ru/blog/vidy-vibropogloshchayushchikh-materialov-i-ikh-otlichiya/>.
3. Какой материал хорошо поглощает вибрацию. Мир Поглощения... [Электронный ресурс] // telegra.ph - Режим доступа: <https://telegra.ph/kakoj-material-horoshho-pogloshchaet-vibraciyu-mir-pogloshcheniya-vibracij-ot-poliuretana-do-nikelida-titana-11-04>.
4. RU2012506C1 - вибропоглощающий слоистый материал [Электронный ресурс] // yandex.ru - Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/ru2012506c1_19940515.
5. Виброизоляция - Википедия [Электронный ресурс] // tr-page.yandex.ru - Режим доступа: https://tr-page.yandex.ru/translate?lang=en-ru&url=https://en.wikipedia.org/wiki/vibration_isolation, свободный.
6. Федеральное государственное бюджетное образовательное... [Электронный ресурс] // dissovet.pguas.ru - Режим доступа: http://dissovet.pguas.ru/files/212-184-01/avdonin/dissertaciya_avdonin1.pdf, свободный.
7. Черкасов В.Д., Карташов В.А. О диссипативных свойствах композитов со сверхвысоким наполнением // Инженерные технологии и системы. 2001. №3-4. URL:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/o-dissipativnyh-svoystvah-kompozitov-so-sverhvysokim-napolneniem>
8. Жарин Д.С. [Электронный ресурс] // new-disser.ru - Режим доступа: https://new-disser.ru/_avtoreferats/01002979569.pdf, свободный.
 9. Валиев А.И., Фарид Р.Ш, Сулейманов А.М., Низамов Р.К. Оценка напряженно-деформированного состояния гибридных полимерных композитов, изготовленных методом вакуумной инфузии // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. №4 (66). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-napryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-gibridnyh-polimernyh-kompozitov-izgotovlennyh-metodom-vakuumnoy-infuzii>.
 10. Влияние типа наполнителя на динамические свойства вибропоглощающих полимерных композитных материалов на основе этиленвинилацетата [Электронный ресурс] // top-technologies.ru - Режим доступа: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37258>.
 11. Милонова Н.А., Мизеровский Л.Н., Воскун М.Д. Применение полимерных волокон для регулирования вибро-поглощающих свойств композиционных материалов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2003. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-polimernyh-voлокon-dlya-regulirovaniya-vibro-pogloschayuschih-svoystv-kompozitsionnyh-materialov>.
 12. Влияние состава наполнителей на свойства полимерных... [Электронный ресурс] // moluch.ru - Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/96/21554/>.
 13. Композитные Материалы в Строительстве | Применение, Виды... [Электронный ресурс] // polyalpan-msk.ru - Режим доступа: https://polyalpan-msk.ru/articles/effektivnoe_iskpolzovanie_peredovykh_kompozitnykh_materialov_v_sovremennom_stroitelstve.
 14. Композитные материалы в строительстве [Электронный ресурс] // sk-r.ru - Режим доступа: <https://sk-r.ru/blog/osobennosti-iskpolzovaniya-kompozitnyh-materialov-v-stroitelstve/>.
 15. Композиты в строительстве. Мегaproект от Сауди Арамко. [Электронный ресурс] // magazine.neftegaz.ru - Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/694485-kompozity-v-stroitelstve-megaproekt-ot-saudi-aramko/>.
 16. Омаров Ж.М., Жолдыбаев Ш.С., Жандалинова К.А.К, Оразова Д. К. Использование композитных материалов в строительной отрасли // Наука и техника Казахстана. 2019. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskpolzovanie-kompozitnyh-materialov-v-stroitelnoy-otrasli>.
 17. Богословский С.Е., Мартыросов М.И. Сравнительный анализ прочностных характеристик тканевых полимерных композитов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-prochnostnyh-harakteristik-tkanevyh-polimernyh-kompozitov>.

18. Оценка конкурентных преимуществ композиционных материалов... [Электронный ресурс] // resources.today - Режим доступа: <https://resources.today/pdf/19ecor322.pdf>.
19. Сравнительный анализ композитной и металлической арматуры [Электронный ресурс] // moluch.ru - Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/344/77456/>.
20. Сравнение композитных панелей. Стальной композит против алюминиевого композита. [Электронный ресурс] // tdapl.ru - Режим доступа: <https://tdapl.ru/blog/sravnenie-kompozitnykh-paneley-stalnoy-kompozit-protiv-alyuminievogo-kompozita/>.
21. Эффективность использования инновационных композитных материалов в строительстве [Электронный ресурс] // unistroy.spbstu.ru - Режим доступа: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2014/9\(24\)/7_dalabayev_24.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2014/9(24)/7_dalabayev_24.pdf).

References:

1. Vibration isolation: vibration-absorbing materials – DRIVE2 [Electronic resource] // www.drive2.ru - Access mode: <https://www.drive2.ru/b/532643/>, free.
2. Types of vibration-absorbing materials and their differences | Blog... [Electronic resource] // stp-russia.ru - Access mode: <https://stp-russia.ru/blog/vidy-vibropogloshchayushchikh-materialov-i-ikh-otlichiya/>.
3. What material absorbs vibration well. The World of Absorption... [Electronic resource] // telegra.ph - Access mode: <https://telegra.ph/kakoj-material-horosho-pogloshchaet-vibraciyu-mir-pogloshcheniya-vibracij-ot-poliuretana-do-nikelida-titana-11-04>.
4. RU2012506C1 - vibration-absorbing laminated material [Electronic resource] // yandex.ru - Access mode: https://yandex.ru/patents/doc/ru2012506c1_19940515.
5. Vibration isolation - Wikipedia [Electronic resource] // tr-page.yandex.ru - Access mode: https://tr-page.yandex.ru/translate?lang=en-ru&url=https://en.wikipedia.org/wiki/vibration_isolation, free.
6. Federal State Budgetary Educational... [Electronic resource] // dissovet.pguas.ru - Access mode: http://dissovet.pguas.ru/files/212-184-01/avdonin/dissertaciya_avdonin1.pdf, free.
7. Cherkasov V.D., Kartashov V.A. On the dissipative properties of composites with ultra-high filling // Engineering technologies and systems. 2001. No. 3-4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-dissipativnyh-svoystvah-kompozitov-so-sverhвысоким-napolneniem>
8. Zharin D.S. [Electronic resource] // new-disser.ru - Access mode: https://new-disser.ru/_avtoreferats/01002979569.pdf, free.
9. Valiev A.I., Farid R.Sh., Suleimanov A.M., Nizamov R.K. Evaluation of the stress-strain state of hybrid polymer composites manufactured by vacuum infusion // Bulletin of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2023. No. 4 (66). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-napryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-gibridnyh-polimernyh-kompozitov-izgotovlennyh-metodom-vakuumnoy-infuzii>.

10. Influence of the filler type on the dynamic properties of vibration-absorbing polymer composite materials based on ethylene vinyl acetate [Electronic resource] // top-technologies.ru - Access mode: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37258>.
11. Milonova N.A., Mizerovsky L.N., Voskun M.D. Application of polymer fibers to regulate vibration-absorbing properties of composite materials // News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology. 2003. No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-polimernyh-volokon-dlya-regulirovaniya-vibro-pogloschayuschih-svoystv-kompozitsionnyh-materialov>.
12. The influence of filler composition on the properties of polymer... [Electronic resource] // moluch.ru - Access mode: <https://moluch.ru/archive/96/21554/>.
13. Composite Materials in Construction | Application, Types... [Electronic resource] // polyalpan-msk.ru - Access mode: https://polyalpan-msk.ru/articles/effektivnoe_iskolzovanie_peredovykh_kompozitnykh_materialov_v_sovremennom_stroitelstve.
14. Composite materials in construction [Electronic resource] // sk-r.ru - Access mode: <https://sk-r.ru/blog/osobennosti-iskolzovaniya-kompozitnyh-materialov-v-stroitelstve/>.
15. Composites in construction. Megaproject from Saudi Aramco. [Electronic resource] // magazine.neftegaz.ru - Access mode: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/pererabotka/694485-kompozity-v-stroitelstve-megaproekt-ot-saudi-aramco/>.
16. Omarov Zh.M., Zholdybaev Sh.S., Zhandalinova K.A.K, Orazova D.K. Use of composite materials in the construction industry // Science and Technology of Kazakhstan. 2019. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskolzovanie-kompozitnyh-materialov-v-stroitelnoy-otrasli>.
17. Bogoslovsky S.E., Martirosov M.I. Comparative analysis of strength characteristics of fabric polymer composites // Bulletin of Tula State University. Technical sciences. 2022. No. 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-prochnostnyh-harakteristik-tkanevyh-polimernyh-kompozitov>.
18. Assessment of competitive advantages of composite materials... [Electronic resource] // resources.today - Access mode: <https://resources.today/pdf/19ecor322.pdf>.
19. Comparative analysis of composite and metal reinforcement [Electronic resource] // moluch.ru - Access mode: <https://moluch.ru/archive/344/77456/>.
20. Comparison of composite panels. Steel composite versus aluminum composite. [Electronic resource] // tdpppl.ru - Access mode: <https://tdpppl.ru/blog/sravnienie-kompozitnykh-paneley-stalnoy-kompozit-protiv-alyuminievogo-kompozita/>.
21. Efficiency of using innovative composite materials in construction [Electronic resource] // unistroy.spbstu.ru - Access mode: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2014/9\(24\)/7_dalabayev_24.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2014/9(24)/7_dalabayev_24.pdf).