

14. Кочкин А. А. О повышении звукоизоляции ограждающих конструкций / А. А. Кочкин, Л. Э. Шашкова // Academia. Архитектура и строительство. – 2010. – № 3. – С. 198–199.

15. Пашенко Ю. О. Анализ несущей способности анкерного крепления системы навесных вентилируемых фасадов по типу стеновых сэндвич-панелей / Ю. О. Пашенко, К. С. Котова, Р. Н. Зорин // Проектирование и строительство : сборник научных трудов 5-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. – 2021. – С. 95–100.

© Ю. О. Пашенко, М. И. Марченко, О. А. Сотникова

**Ссылка для цитирования:**

Пашенко Ю. О., Марченко М. И., Сотникова О. А. Исследование звукоизоляции ограждающих конструкций из стеновых блоков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 3 (41). С. 5–10.

УДК 614.821

DOI 10.52684/2312-3702-2022-413-10-15

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ИСПЫТАНИЯ АНКЕРНОЙ ЛИНИИ НА КРОВЕЛЬНОМ ПОКРЫТИИ

*Г. Д. Леликов, К. В. Жердев, В. А. Антонова*

**Леликов Георгий Дмитриевич**, инженер, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация;

**Жердев Кирилл Валерьевич**, инженер, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация;

**Антонова Валерия Александровна**, инженер, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7 (917) 997-17-55; e-mail: v.antonova@ikbs-mgsu.ru

Рассмотрена одна из ключевых проблем, связанная с проектированием конструкций кровель, возможные нагрузки на конструкцию кровли от крепления концевых анкерных элементов. Ставится задача получить реальные нагрузки от срыва одного человека и зависания его на линии. За процесс имитации падения человека берется методика динамического испытания из ГОСТ EN 795-2019, где в качестве человека использовался жесткий стальной груз. Для получения практических результатов был задействован стенд для испытаний средств индивидуальной защиты от падения с высоты со специальной оснасткой для жесткого крепления гибких анкерных линий. Проведено несколько испытаний, результаты которых представлены в виде графиков зависимости нагрузки от времени на каждую отдельную анкерную точку крепления. Сформулирован вывод о минимальном запасе прочности при проектировании узлов крепления анкерных точек с общим заключением.

**Ключевые слова:** нагрузки на кровлю, анкерная линия, анкерная точка, падение с высоты, проектирование кровли, складные на кровле, испытания, падение человека, реальные нагрузки.

## RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF DYNAMIC TEST OF ANCHOR LINE ON ROOFING

*G. D. Lelikov, K. V. Zherdev, V. A. Antonova*

**Lelikov Georgiy Dmitrievich**, engineer, Moscow State University of Civil Engineering National Research University, Moscow, Russian Federation;

**Zherdev Kirill Valeryevich**, engineer, Moscow State University of Civil Engineering National Research University, Moscow, Russian Federation;

**Antonova Valeriya Aleksandrovna**, engineer, Moscow State University of Civil Engineering National Research University, Moscow, Russian Federation, phone: +7 (917) 997-17-55; e-mail: v.antonova@ikbs-mgsu.ru

The article considers one of the key problems associated with the design of roof structures, possible loads on the roof structure from the attachment of the end anchor elements. The main task is to get real loads from disrupting one person and hanging him on the line. The dynamic test method from GOST EN 795-2019 is taken for the process of simulating a human fall, where a rigid steel weight was used as a person. To obtain practical results, a stand for testing personal protective equipment against falling from a height with special equipment for rigid fastening of flexible anchor lines was used. Several tests have been carried out, the results of which are presented in the form of graphs of the dependence of the load on time on each individual anchorage point. The conclusion about the minimum margin of safety in the design of anchor points fastening units with a general conclusion on the article is formulated.

**Keywords:** roof loads, anchor line, anchor point, falling from a height, roof design, mortgages on the roof, tests, human fall, real loads.

Строительство – это сложный и многоуровневый процесс создания объектов инфраструктуры. Любые объекты инфраструктуры проходят одинаковый жизненный цикл: идея, проект, согласование, строительство и эксплуатация. Самым долгим этапом является эксплуатация, но ее качество зависит от всех предшествующих этапов.

Одним из самых сложных мест для последующей является кровля здания. Поскольку кровля

всегда находится на опасной высоте для человека, а обслуживание необходимо проводить регулярно, работа на ней зачастую связана с большими рисками. Разработкой решений по вопросам безопасности [1–7] на кровле занимаются различные компании, которые предлагают свои способы установки анкерных точек или линий обеспечения безопасности. Подобные решения зачастую несут скрытую опасность, поскольку

кровельный «пирог», заложенный проектировщиками, как правило, не допускает нарушение его целостности путем внедрения в него дополнительных элементов конструкции. Существуют крепления анкерных элементов, не нарушающие целостность кровли, например установка прижимных пластин для фальцевой кровли, но и это по ряду факторов является спорным и не отвечает всем критериям безопасности.

Ключевой проблемой применения анкерных точек являются допустимые нагрузки на подобные изделия. Согласно ГОСТ EN 795-2019 анкерная точка, предназначенная для использования одним человеком, должна выдерживать статическое нагружение 12 кН. В соответствии с ГОСТ EN/TS 16415-2015 анкерная точка, допускающая применение более чем одним человеком одновременно, должна выдерживать статическую нагрузку 13 кН для двух человек, 14 кН для трех и т. д. И это самые минимальные прочностные требования для анкерных изделий. Нагрузки на крайние точки гибких анкерных линий еще выше.

При проектировании конструкции кровли, как правило, пользуются СП 17.13330.2017, где расчет идет в основном по ветровой, снеговой и прочим нагрузкам, не затрагивая вопросы крепления иных приспособлений и нагрузки от них, и СП 20.13330.2016, где сосредоточенные нагрузки, на которые проверяются несущие элементы конструкций на порядок ниже. Таким образом, исходя из рассмотренных нормативных документов, ключевым в вопросе безопасности применения анкерных изделий является место

их крепления на кровле с необходимым запасом прочности к несущим узлам.

Цель работы: определение нагрузок, требуемых для расчета при проектировании конструктивных узлов кровли, на которые крепятся крайние анкера гибкой анкерной линии.

Для поставленной цели выделяются следующие задачи:

- подбор испытательных образцов гибких анкерных линий для получения эмпирических данных;
- подготовка испытательного стенда для проведения испытаний с соответствующими средствами измерения;
- монтаж испытательных образцов в соответствии с инструкцией изготовителя и проведение испытаний на них;
- сбор, анализ и сопоставление полученных значений с теоретическими данными из нормативных документов.

#### Методы испытаний

За основу получения эмпирических данных по нагрузкам на крайние концевые элементы были приняты испытательные модели гибкой анкерной линии, на которых допускается работать одному человеку. То есть нагрузка на крайние точки будет от падения одного пользователя.

1. Испытательное оборудование и средства измерения

Для проведения экспериментов был использован стенд для испытаний средств индивидуальной защиты от падения с высоты [8–10], состоящий из трех блоков, обозначенных на плане (рис. 1).

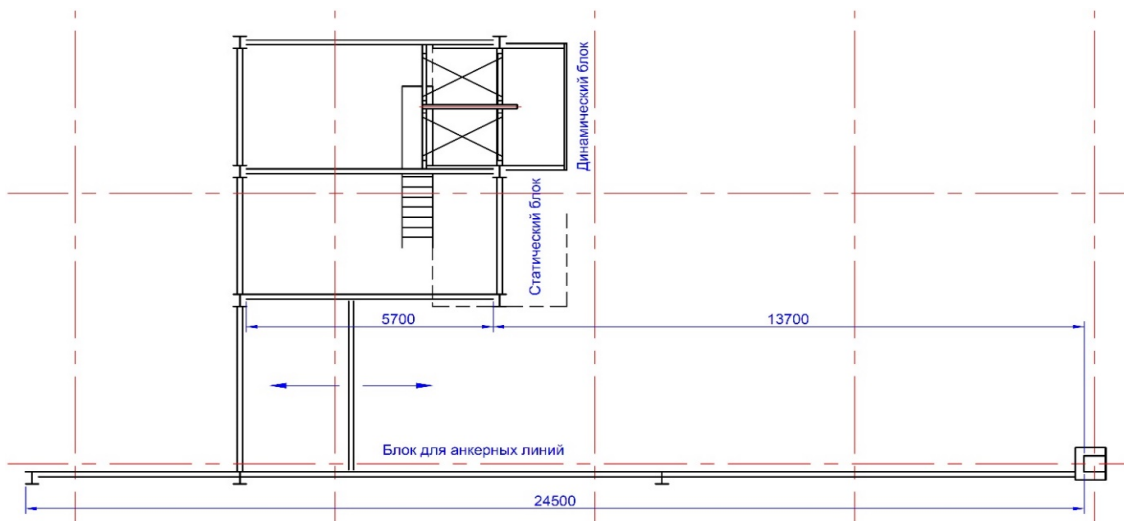


Рис. 1. Расположение блоков стенда для испытаний средств индивидуальной защиты на плане

Для проведения испытаний [11–15] по имитации падения человека на гибкой анкерной линии будет задействован блок для анкерных линий, который отвечает требованиям ГОСТ EN 795 и ГОСТ EN/TS 16415. Конструкция состоит из несущего монтажного профиля с перемещаемым угловым сегментом и расположена на ко-

лоннах на отметке 7,5 м над уровнем пола. Подъемное устройство имеет возможность перемещаться вдоль всей линии и осуществлять сброс с фактором падения 2 от закрепленной линии.

Для упрощения испытания по имитации падения человека будет использоваться жесткий стальной груз массой 100 кг, что соответствует

примерному весу одного работника. Принцип испытания на блоке состоит в следующем: анкерную линию устанавливают в соответствии с инструкцией изготовителя. На каждый концевой анкер линии крепится датчик измерения силы. К месту приложения силы через мобильное анкерное крепление также крепится датчик измерения силы. Один конец испытательного стропа присоединяют к датчику измерения силы на точке мобильного анкерного крепления, а другой конец – к испытательному грузу. Точку мобильного анкерного крепления располагают в центре испытуемого пролета (посередине между анкерами). С датчиков измерения силы сигнал приходит и записывается на единое многоканальное регистрирующее устройство.

Динамическое испытание проводится по методике из ГОСТ EN 795-2019 для устройств типа С, что соответствует анкерным линиям, на которых допускается работать одновременно одному человеку.

После сброса испытательного груза измеряется пиковая нагрузка на концевых анкерах и на датчике посередине пролета, но для наших задач нагрузкой посередине пролета можно пренебречь.

## 2. Требование к образцам

Для испытаний использовалось несколько однопролетных анкерных линий длиной до 20 м (рис. 2). Все образцы содержат концевые анкерные элементы, через которые нагрузка от линии передается на конструкцию. Каждая линия

содержит в своей конструкции амортизатор рывка, который предназначен для смягчения нагрузки на пользователя во время падения. Все линии предназначены для установки их на постоянной основе и содержат в качестве линии крепления стальной трос. В зависимости от инструкции изготовителя точкой присоединения пользователя к стальному тросу может выступать отдельная специальная каретка, стальное кольцо или твердосплавный стальной соединительный элемент по ГОСТ Р EN 362.



Рис. 2. Пример установленной гибкой анкерной линии

## 3. Проведение испытаний

Для получения нагрузки на элементы крепления к структуре от падения человека с высоты была принята методика динамического испытания из ГОСТ EN 795-2019 для анкерных устройств типа С (рис. 3), поскольку данное испытание приближено к реальной эксплуатационной ситуации.

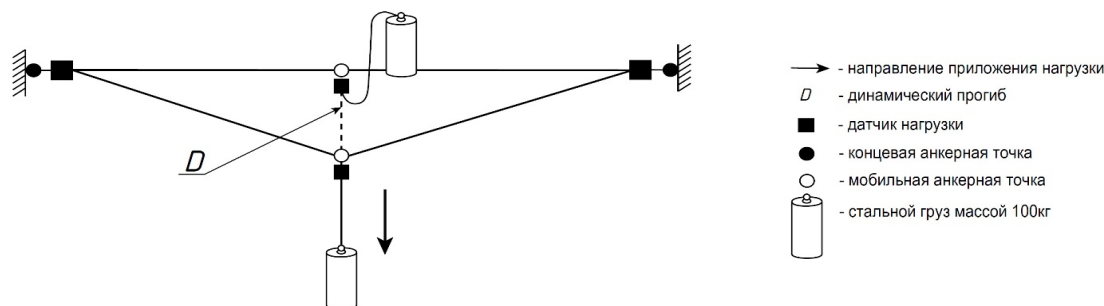


Рис. 3. Схема динамического испытания анкерной линии

В соответствии со схемой испытания на рис. 3 каждая линия крепилась на стенд. Все линии крепились в соответствии с инструкцией изготовителя, применяя все необходимые компоненты, участвующие в анкерной линии для установки на объектах. В каждой линии присутствует амортизатор рывка, но у всех он выполнен в разном конструктивном исполнении поэтому на схеме он не отображен. Дополнительно к элементам линии в схему были включены датчики нагрузки. В соответствии с методикой испытания в схему также добавлен датчик на средней анкерной точке.

По методике испытания для имитации падения человека используется жесткий стальной груз, который крепится к линии с помощью специально подготовленного стропа из динамиче-

ской веревки длиной 2 м. Перед сбросом груз опускается до момента удержания его анкерной линией. Это нужно для приведения линии к эксплуатационному положению. После, груз поднимается до момента, когда на линию перестает воздействовать нагрузка и от этого положения осуществляется подъем до высоты, которая соответствует усилию остановки падения в 9 кН на анкерную точку. Говоря простым языком, изначально высота сброса груза должна быть подобрана для конкретного динамического стропа на жесткой анкерной точке, чтобы знать на какую высоту поднимать груз для сброса на линии. После подъема груза включается записывающая аппаратура и происходит сброс (рис. 4) без начального приложения ускорения на груз с записью усилий.



Рис. 4. Пример анкерной линии после испытаний

Поскольку после динамического рывка часть компонентов линии выходят из строя, повторные испытания допускались в случае их полной замены, при условии, что это допускается изготовителем линии.

**Результаты испытаний**  
В результате испытаний линий были получены данные на концевые анкерные точки, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Сводная таблица результатов испытаний**

Наименование	Точка крепления № 1	Точка крепления № 2	Диаграмма
Образец № 1	10,8 кН	11,5 кН	Рис. 5
Образец № 2	12,2 кН	12,1 кН	Рис. 6

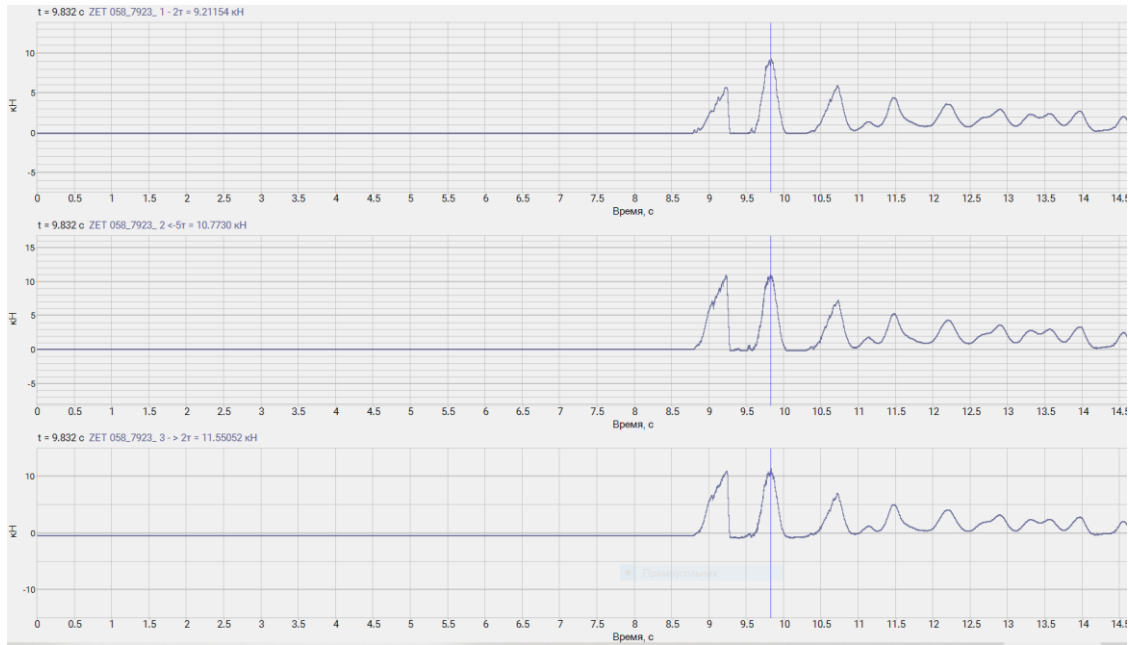


Рис. 5. Диаграмма нагружения образца № 1

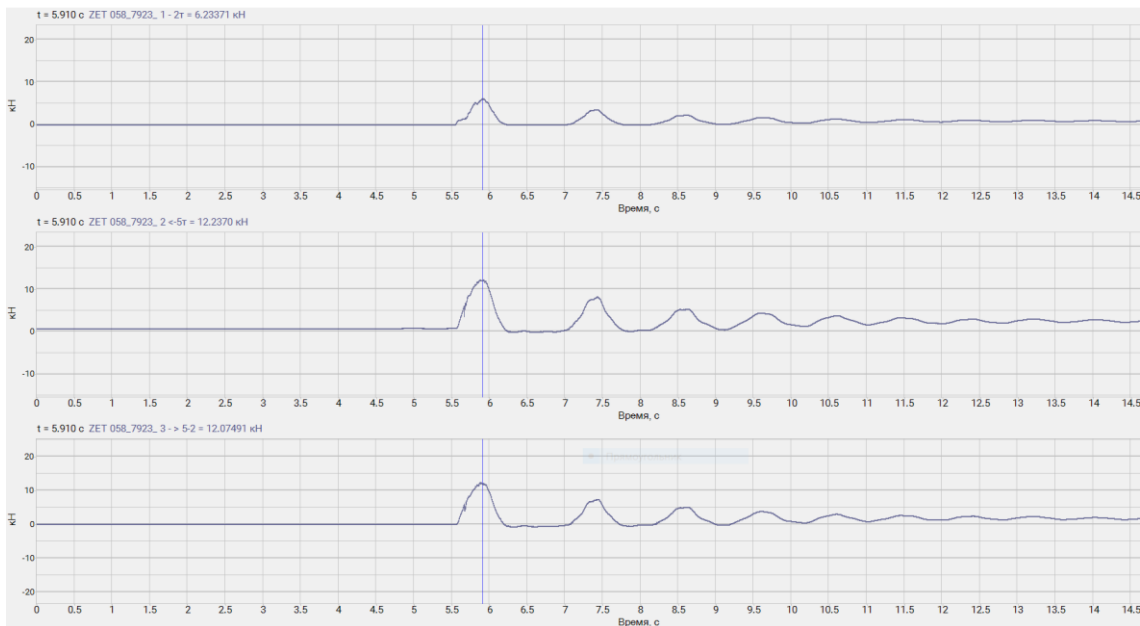


Рис. 6. Диаграмма нагружения образца № 2

На диаграммах представлены три графика: первый из них соответствует нагружению средней точки, два других соответствуют нагружению по краям анкерной линии. На рис. 5, на первой волне нагрузки видно, как срабатывает амортизатор рывка, предназначенный для снижения нагрузки на пользователя в жестких стационарных анкерных линиях. Пиковое нагружение произошло после раскрытия амортизатора. Также можно увидеть, что в момент срабатывания амортизатора, на концевые точки приходит нагрузка сопоставимая с пиковой. На рисунке 6 по характеру нагружения видно, что амортизатор рывка представляет собой непрерывную конструкцию совместно с жестким тросом, что можно наблюдать по более растянутому во времени периоду нагружения. В целом, конструкция анкерной линии и троса на образце № 2 оказались более эластичными, чему соответствует довольно быстрое и плавное угасание колебаний в системе, но несмотря на это пиковые значения нагрузок на данном образце оказались выше, чем на образце № 1.

#### **Выводы и заключение**

В ходе исследования были решены следующие задачи:

- подобраны разные конструктивные конфигурации гибких анкерных линий для эксперимента;
- подготовлены средства измерения и оборудование в виде испытательного стенда с оснастками для жесткого закрепления линий к структуре;
- произведен монтаж гибких анкерных линий в соответствии с инструкцией изготовителя с последующим испытанием по методике динамического испытания из ГОСТ EN 795-2019 для типа С;

• собраны и проанализированы данные по каждому эксперименту. Эмпирические данные сопоставлены с теоретическими значениями из нормативных документов.

По результатам испытаний нескольких конструктивных решений гибких анкерных линий при имитации срыва на них человека мы получили реальные значения нагрузок, приходящиеся на концевые анкерные точки. Максимальное значение 12,2 кН было получено на образце № 2. При этом необходимо учитывать, что это значение получено при имитации падения от одного человека. Таким образом, экспериментальным путем была достигнута нагрузка на крайние анкеры, которая является минимальной для статического теста, но на средний анкер согласно ГОСТ EN 795-2019. При этом считается, что статический тест имеет минимальный коэффициент запаса по нагрузке равный двум от динамически возможного нагружения. Исходя из этого, при разработке конструкции кровли проектировщикам следует делать закладные элементы для крепления анкерных точек, способных выдерживать хотя бы 25 кН, при учете минимального запаса по нагрузке.

Несмотря на то, что результаты испытания распространяются только на испытанные в рамках изучения данного вопроса образцы, полученные значения уже могут помочь проектировщикам кровельных конструкций в понимании величины и характера нагрузок.

Таким образом, результатом исследования является то, что теоретико-практическим путем была определена минимальная расчетная нагрузка, требуемая для проектирования конструктивных решений на кровле для креплений крайних анкеров гибкой анкерной линии.

#### **Список литературы**

1. Фам, Н. Т. Актуализация систематизации методов динамических испытаний ограждений предохранительных инвентарных / Н. Т. Фам, В. В. Василенко, Д. А. Корольченко // Пожаровзрывобезопасность. – 2017. – Т. 26. – № 12. – С. 35-44. – DOI 10.18322/PVB.2017.26.12.35-44.
2. Pham, N. T. Stability of Ladders when Working at heights and Safety while performing this type of work / N. T. Pham, V. V. Vasilenko // Journal of Physics: Conference Series : International Scientific Conference on Modelling and Methods of Structural Analysis 2019, MMSA 2019, Moscow, 13–15 ноября 2019 года. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012190. – DOI 10.1088/1742-6596/1425/1/012190.
3. Lelikov, G. Anchoring devices for mounting reticulate catchers on rocky sections of roads / G. Lelikov, D. Prostakishin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 23, Construction - The Formation of Living Environment, 55 Giai Phong Road, Hanoi, 23–26 сентября 2020 года. – 55 Giai Phong Road, Hanoi, 2020. – P. 052029. – DOI 10.1088/1757-899X/869/5/052029.
4. Wu, D. Work safety success theory based on dynamic safety entropy model / D. Wu, Z. Li // Safety Science. – 2019. – Vol. 113. – P. 438-444. – DOI 10.1016/j.ssci.2018.12.022.
5. Work-related factors and individual characteristics affecting work ability of different age groups / C. Varianou-Mikellidou, G. Boustras, O. Nicolaidou [et al.] // Safety Science. – 2020. – Vol. 128. – P. 104755. – DOI 10.1016/j.ssci.2020.104755.
6. Бузила, С. О. Обеспечение безопасности при работах, выполняемых на высоте в безопасном пространстве с применением технологий промышленного альпинизма / С. О. Бузила, М. В. Соболева, Г. Г. Пасечник // Академический журнал Западной Сибири. – 2019. – Т. 15. – № 4(81). – С. 7-8
7. Сенченко, В. А. Обеспечение безопасности работ на высоте при производстве работ на плоских крышах / В. А. Сенченко, С. А. Карауш, Т. Т. Каверзнева // Строительство: новые технологии - новое оборудование. – 2017. – № 6. – С. 50-56.
8. Стенды для исследований средств индивидуальной защиты от падения человека с высоты / А. А. Ступаков, П. Д. Капырин, Г. Д. Леликов [и др.] // Вестник МГСУ. – 2015. – № 8. – С. 130-139.

9. Vasilenko, V. Definition of the inspection criteria for personal protective equipment (for work at heights) on example of full body harnesses / V. Vasilenko, D. Korolchenko, P. Nam Thanh // MATEC Web of Conferences, Moscow, 14–16 ноября 2018 года. – Moscow: EDP Sciences, 2018. – P. 02042. – DOI 10.1051/mateconf/201825102042.

10. Harness Sizing and Strap Length Configurations / H. Hsiao, J. Whitestone, S. Taylor [et al.] // Human Factors. – 2009. – Vol. 51. – No 4. – P. 497-518. – DOI 10.1177/0018720809346320.

11. Василенко, В. В. Актуализация методики динамических испытаний амортизаторов как средств индивидуальной защиты от падения с высоты / В. В. Василенко // Строительство - формирование среды жизнедеятельности : Электронный ресурс: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Москва, 26–28 апреля 2017 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 439-441.

12. Prostackishin, D. Dynamic test method for full body harnesses exploited in cold climates / D. Prostackishin, Ph. Nam Thanh // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : BUILDINTECH BIT 2020. INNOVATIONS AND TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION, Belgorod, 08–09 октября 2020 года. – Belgorod: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012027. – DOI 10.1088/1757-899X/945/1/012027.

13. Карасев, В. К. Обслуживание и периодический осмотр СИЗ от падения с высоты / В. К. Карасев, А. С. Суханов // Безопасность и охрана труда. – 2016. – № 4(69). – С. 24-26.

14. Обследование и восстановление высотных объектов методом промышленного альпинизма / А. А. Ступаков, Г. Д. Леликов, П. А. Семенов, В. В. Василенко // Механизация строительства. – 2015. – № 2(848). – С. 48-52.

15. Техника безопасности при работе на высоте / О. В. Внукова, Ю. Р. Царькова, И. В. Царьков, И. Л. Волкова // Физика и современные технологии в АПК : Материалы XII Всероссийской (с международным участием) молодежной конференции молодых ученых, студентов и школьников, Орел, 16 декабря 2020 года / Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парухина. – Орел: Издательство Картуш, 2021. – С. 163-166.

© Г. Д. Леликов, К. В. Жердев, В. А. Антонова

**Ссылка для цитирования:**

Леликов Г. Д., Жердев К. В., Антонова В. А. Результаты экспериментальных исследований динамического испытания анкерной линии на кровельном покрытии // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 3 (41). С. 10–15.

УДК 692.1

DOI 10.52684/2312-3702-2022-41-3-15-22

**ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАНИЙ  
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ**

*А. Н. Шебуняев*

**Шебуняев Александр Николаевич**, аспирант, Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7(977)946-11-93; e-mail: shebunyaev95@mail.ru

Изложен аналитический обзор основных публикаций по теме исследования влияния динамических воздействий на физико-механические свойства песчаных грунтов с целью оценки современного уровня проработки данного вопроса и выявления актуальных задач данной области механики грунтов. По результатам обзора установлено, что в рассматриваемой области механики грунтов проведен значительный объем исследований: установлены зависимости между статической составляющей напряжения, физическими свойствами песчаных грунтов и интенсивностью их виброуплотнения, введено понятие виброползучести (вибровязкости). Однако, несмотря на внушительную проработку данной области, в ней остался ряд нерешенных вопросов, и она является весьма актуальной для углубленного познания. В частности, для дальнейшего изучения авторам статьи видится перспективным экспериментально-теоретическое установление зависимости вязкости песчаных грунтов от их физико-механических свойств и условий нагружения при вибрационном воздействии.

**Ключевые слова:** динамическая нагрузка, виброуплотнение, виброползучесть, вибровязкость.

**REVIEW OF THE RESULTS OF STUDIES OF THE INFLUENCE OF VIBRATIONS  
ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF SANDY SOILS**

*A. N. Shebunyaev*

**Shebunyaev Alexander Nikolaevich**, post-graduate student, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: +7(977)946-11-93; e-mail: shebunyaev95@mail.ru

The article presents an analytical review of the main publications on the topic of studying the influence of dynamic influences on the physico-mechanical properties of sandy soils in order to assess the current level of study of this issue and identify current problems in this field of soil mechanics. Based on the results of the review, it was found that a significant amount of research has been carried out in the field of soil mechanics under consideration: the dependencies between the static component of stress, the physical properties of sandy soils and the intensity of their vibration compaction were established, the concept of vibration creep (vibration viscosity) was introduced. However, despite the impressive elaboration of this area, there are a number of unresolved issues in it, and it is very relevant for in-depth knowledge. In particular, for further study, the authors of the article see a promising experimental and theoretical determination of the dependence of the viscosity of sandy soils on their physical and mechanical properties and loading conditions under vibration.