

Е.В. Назарова [E.V. Nazarova],
Р.А. Хажнагоева [R.A. Khazhnagoeva],
Н. Ю. Аветян [N. Y. Avetyan],
А.С. Марутян [A.S. Marutyan]

УДК 37.01:681.5(470-25)
DOI: 10.37493/2307-910X.2022.2.14

ГИБКИЙ ВЕРХНИЙ ЭТАЖ ИЗ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРНЫХ СИСТЕМ

THE FLEXIBLE UPPER FLOOR MADE OF LIGHT METAL STRUCTURES USING STRUCTURAL SYSTEMS

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский Федеральный университет», Пятигорский институт
(филиал) СКФУ, г. Пятигорск

Аннотация

Представлен способ повышения сейсмостойкости при помощи гибких верхних этажей вновь возводимых зданий и сооружений, а также реконструируемых и ремонтируемых объектов существующей застройки. Приведено техническое решение легких металлических конструкций комплектной поставки системы «Новокисловодск». Если в соединениях аналогичных конструкций системы МЕРО, МАРХИ, «Кисловодск» каждый узловой элемент позволяет закручивать до 8...10 и более торцевых болтов стержней, то для соединения такого же количества стержней новой системы применим один болт.

Ключевые слова: сейсмостойкое строительство, гибкий верхний этаж, структурные конструкции, легкие металлические конструкции, болтовые соединения, профильные трубы, гнутосварные профили.

Abstracts

A method of increasing seismic resistance using flexible upper floors of newly erected buildings and structures, as well as reconstructed and repaired objects of existing development is presented. The technical solution of light metal structures of the complete delivery of the Novokislovodsk system is given. If in the joints of similar structures of the MERO, MARKHI, Kislovodsk system, each nodal element allows screwing up to 8 ...10 or more end bolts of rods, then one bolt is used to connect the same number of rods of the new system.

Key words: earthquake-resistant construction, flexible upper floor, structural structures, light metal structures, bolted joints, profile pipes, bent-welded profiles.

Введение

Гибкий верхний этаж входит в число наиболее эффективных способов усиления вновь возводимых зданий и сооружений, а также реконструируемых и ремонтируемых объектов уже существующей застройки. Сущность способа заключается в том, что над зданием создается механический гаситель колебаний посредством дополнительного гибкого этажа. При этом его эффективность в малоэтажных строениях больше, чем в многоэтажных [1, 2]. Рациональность гибких верхних этажей можно существенно увеличить за счет использования пространственно-стержневых (структурных) конструкций, в ряду которых повышенной сейсмостойкостью отличаются структурные секции покрытий размерами в плане 30×30 метров системы «Кисловодск». Поэтому вполне закономерно, что после разрушительного Ташкентского землетрясения (26 апреля 1966 года) в Ташкенте был построен весьма крупный завод металлических конструкций, специализированный на модулях типа «Кисловодск». Сейсмостойкость конструктивной системы «Кисловодск» еще раз убедительно подтвердилась еще раз после не менее разрушительного Спитакского землетрясения (7 декабря 1988 года).

В текущем году исполняется полста лет отечественной отрасли легких металлические конструкции комплектной поставки (ЛМК) [3, 4]. Первенцем серийного изготовления таких конструкций стал модуль типа «Кисловодск», который представляет собой перекрестно-стержневую пространственную (структурную) систему покрытия [5]. Кисловодский опытный завод металлоконструкций освоил производство этих конструкций на полгода раньше появления самой отрасли, и в числе первых объектов с их применением оказались спортивный зал в Кисловодске и Нижний рынок в Пятигорске (рис. 1).



Рисунок 1. Снимки спортивного зала в Кисловодске (а) и Нижнего рынка в Пятигорске (б, в) / Fig. 1. Photos of the gym in Kislovodsk (a) and Nizhny market in Pyatigorsk (b, c)

Материалы и методы

Триггером для развития современных структурных конструкций послужила система МЕРО, предложенная в 1942 г. немецким инженером Менгеринхаузенем [6]. Основа ее компоновки заключается в соединительном узловом элементе сферической формы с гнездами метрической резьбы для завинчивания торцевых болтов стержней из трубчатых профилей, что по сей день остается предметом численных и экспериментальных исследований (рис. 2, а) [7, 8].

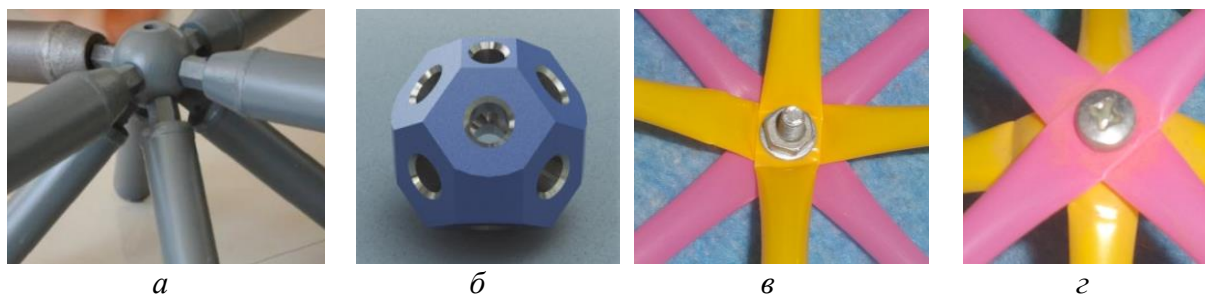


Рисунок 2. Снимки узлового соединения системы МЕРО (а), узлового элемента системы МАРХИ, «Кисловодск» (б) и узлового соединения системы «Новокисловодск» (в, г) / Fig. 1. Photos of the gym in Kislovodsk (a) and Nizhny market in Pyatigorsk (b, c)

В Московском архитектурном институте узловые элементы типа МЕРО были модифицированы с заменой сферической формы на форму граненого кристалла (рис. 2, б), что послужило и продолжает служить основой для конструктивной системы МАРХИ, «Кисловодск» [9, 10]. Их дальнейшим развитием могут стать ЛМК системы «Новокисловодск» [11, 12].

Техническим результатом предлагаемого решения является уменьшение трудозатрат изготовления и расхода конструкционного материала, а также расширение компоновочных возможностей несущих конструкций и повышение их универсальности. Для покрытия двускатной формы в ее коньковой зоне сплюснутые плоские участки элемента верхнего пояса одного из пересекающихся направлений имеют двойные симметричные гибы, а сплюснутые плоские участки элемента нижнего пояса того же направления – одиночные несимметричные

гибы. Предлагаемое техническое решение достаточно универсально. Оно позволяет использовать элементы полной заводской готовности из квадратных (ромбических) или круглых (овальных, плоскоовальных) труб с болтовыми соединениями на монтаже. При этом узлы соединений поясов и раскосов, а также их взаимных пересечений отличаются только количеством соединяемых элементов. Весьма распространенные структурные модули (секции) покрытий системы МАРХИ, «Кисловодск» собирают на болтах, количество которых в одном узле может достигать до 8...10. Эти болты в заводских условиях закрепляют при помощи торцевых сварных деталей в унифицированных стержневых элементах поясов и раскосов [13]. В предлагаемых конструкциях один центрально расположенный узловый болт соединяет до 8 стержневых элементов. Подобные конструкции могут найти ту область рационального применения, где модули «Кисловодск» менее эффективны из-за своих крупных габаритов (рис. 3).

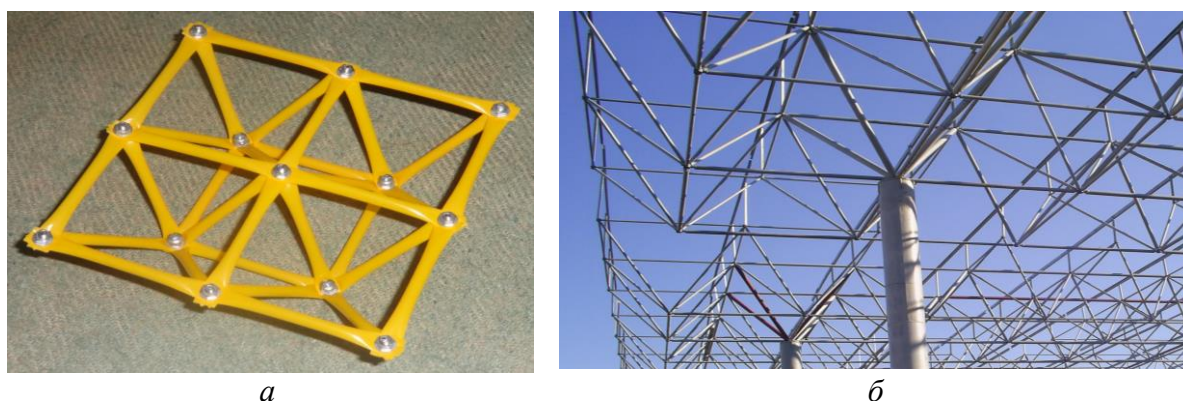


Рисунок 3. Снимки фрагмента структурной конструкции системы «НовоКисловодск» из пластмассовых трубчатых элементов (а) и структурных конструкций покрытия из унифицированных стержневых и узловых элементов системы МАРХИ, «Кисловодск» (б)/ Fig. 3. Photos of a fragment of the structural structure of the Novokislovodsk system from plastic tubular elements (а) and structural structures of the coating from unified rod and node elements systems MARCHI, "Kislovodsk" (b)

Особенно рациональны такие конструкции в сейсмостойком строительстве с гибкими верхними этажами (рис. 4), способными гасить колебания [14], эффективность которых во избежание резонансных явлений можно повысить при помощи стержней-демпферов [15]. Поэтому представляется целесообразным и полезным приступить к проекту их опытных проработок под рабочим названием ЛМК типа «Новокисловодск». Сделать это можно на базе Пятигорского института Северо-Кавказского федерального университета и Кисловодского завода металлических конструкций.

Остается добавить, что конструктивная система «Новокисловодск» была представлена на XII Международной научно-практической конференции «Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения» в Томске 1-4 марта 2022 года [16]. Кроме того, конструктивная система «Новокисловодск» была представлена 29 марта того же года в администрации города-курорта Кисловодска и на Кисловодском заводе металлических конструкций, где достигнута предварительная договоренность изготовить и испытать контрольный образец такой системы, а до этого 7 и 8 февраля состоялась презентация проекта «Гибкий верхний этаж» в Пятигорском институте СКФУ и городской администрации Пятигорска (рис. 5) [17].



Рисунок 4. Снимки зданий с гибкими верхними этажами в Кисловодске (а, б), Пятигорске (в) и Ванадзоре, Армения (г) / Fig. 4. Photos of buildings with flexible upper floors in Kislovodsk (a , b), Pyatigorsk (c) and Vanadzor (Armenia, d)



Рисунок 5. Снимки с презентации проекта «Гибкий верхний этаж» в Пятигорском институте СКФУ (а, б) и городской администрации Пятигорска (в) / Fig. 5. Photos from the presentation of the "Flexible top floor" project at the Pyatigorsk Institute of NCFU (a , b) and the city administration of Pyatigorsk (c)

Выводы

1. Проведенные исследования и их результаты доказали целесообразность и рациональное применение в сесмостойком строительстве.
2. Новые модификации подобных конструкций могут быть масштабированы и производиться малыми сериями на базе местных промышленных площадок, начиная с Кисловодского завода металлоконструкций, производственного участка фирмы «Модуль-Строй» в г. Пятигорске, а также с возможностью использования в Технопарке г. Невиномыска.
3. Комплексная поставка легких металлоконструкций модификаций системы «НовоКисловодск» может быть адаптирована для системы использования при капитальных ремонтах строений жилого комплекса, нуждающихся в повышении сесмостойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хачиян Э. Сейсмические воздействия и прогноз поведения сооружений. – Ереван: Издательство «Гитутюн» НАН РА, 2015. – С. 396–442.
2. Villaverde R. Roof isolation system to reduce the seismic response of buildings: A preliminary assessment, *Earthquake spectra*, 14 (3), 521–532, 1998.
3. Трофимов В.И., Каминский А.М. Легкие металлические конструкции зданий и сооружений. М.: Издательство АСВ, 2002. 576 с.
4. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «45 лет отрасли легких металлических конструкций: от модуля «Кисловодск» до модуля «Пятигорск» (03.04.2017 – 05.04.2017) / Под ред. Марутян А.С., Файбишенко В.К., Вартумяна А.А. Пятигорск: Издательство ПФ СКФУ, 2017. 262 с.
5. Трофимов В.И., Бегун Г.Б. Структурные конструкции. М., Стройиздат, 1972. С. 13.
6. Горохов Е.В., Васылев В.Н., Муцанов А.В., Волчков А.Н. Экспериментальные исследования влияния узловых соединений структурных конструкций на устойчивость центрально-сжатых стержней // *Металлические конструкции*. 2020. № 2. С. 87–101.
7. Dabin Yang, Mingjin Li, Feng Fu, Jinzhi Wu. Experimental and numerical studies on a new type of bolt-ball joint for spatial grid structures // *Journal of Constructional Steel Research* 188 (2022) 107035.
8. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. М.: Стройизда, 1984. С. 37–50.
9. Роменский И.В., Гладких А.Ю., Тарасенко Н.А. Влияние осадки опор на напряженно-деформированное состояние структурного покрытия типа «Кисловодск» // *Металлические конструкции*. 2020. № 3. С. 103–115.
10. Роменский И.В., Муцанов А.В., Войтенко А.С. Влияние унификации элементов на массу конструкций покрытия системы «Кисловодск» // *Металлические конструкции*. 2021. № 3. С. 119–134.
11. Марутян А.С. Профильные трубы новых модификаций для строительных металлоконструкций, включая модули «Пятигорск» и «Новоиславовск». Пятигорск: Издательство ПФ СКФУ, 2016. С. 137–144.
12. Аветян Н.Ю., Марутян А.С. Плоскоовальные гнутозамкнутые профили / Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения: материалы XI Международной научно-практической конференции, 3-4 марта 2021 г. / Под ред. Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. Томск: Издательство ТГАСУ, 2021. Ч. 1. С. 342–347.
13. ТУ 5285-001-47543297-09. Стержни и узловые элементы системы МАРХИ. М.: ООО НПЦ «Виктория», 2009. 60 с.
14. Мелкумян М.Г. Исследование эффективности одно- и двухмассового динамического гасителя колебаний на модели каркаса здания при вибрационных испытаниях // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 5. С. 23–29.
15. Марутян А.С. Стержни-демпферы в легких металлических конструкциях зданий и сооружений / Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения: материалы IX Международной научно-практической конференции, 12-15 марта 2019 г. / Под ред. Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. Томск: Издательство ТГАСУ, 2019. Ч. 1. С. 450–455.
16. Назарова Е.В., Хажнагоева Р.А., Аветян Н.Ю., Марутян А.С. Легкие металлоконструкции системы «Новоиславовск» / Инвестиции, строительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения: материалы XII Международной научно-практической конференции, 1-4 марта 2022 г. / Под ред. Т.Ю. Овсянниковой, И.Р. Салагор. Томск: Издательство ТГАСУ, 2022. Ч. 1. С. 447–456.

17. Электронный ресурс. Режим доступа: [https://pyatigorsk.org/files/global/Novosti/18_02stydney/WhatsApp%20Image%202022-02-18%20at%2014.59.35%20\(2\).jpeg](https://pyatigorsk.org/files/global/Novosti/18_02stydney/WhatsApp%20Image%202022-02-18%20at%2014.59.35%20(2).jpeg) (Дата обращения: 10.06.2022).

REFERENCES

1. Hachiyani E. Seismicheskie vozdejstviya i prognoz povedeniya sooruzhenij. – Erevan: Izdatel'stvo «Gitutyun» NAN RA, 2015. – S. 396–442.
2. Villaverde R. Roof isolation system to reduce the seismic response of buildings: A preliminary assessment, Earthquake spectra, 14 (3), 521–532, 1998.
3. Trofimov V.I., Kaminskij A.M. Legkie metallicheskie konstrukcii zdaniy i sooruzhenij. M.: Izdatel'stvo ASV, 2002. 576 s.
4. Materialy Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «45 let otrasli legkih metallicheskih konstrukcij: ot modulya «Kislovodsk» do modulya «Pyatigorsk» (03.04.2017 – 05.04.2017) / Pod red. Marutyana A.S., Fajbishenko V.K., Vartumyana A.A. Pyatigorsk: Izdatel'stvo PF SKFU, 2017. 262 s.
5. Trofimov V.I., Begun G.B. Strukturnye konstrukcii. M., Strojizdat, 1972. S. 13.
6. Gorohov E.V., Vasylev V.N., Mushchanov A.V., Volchikov A.N. Eksperimental'nye issledovaniya vliyaniya uzlovyh soedinenij strukturnyh konstrukcij na ustojchivost' central'no-szhatelyh sterzhnej // Metallicheskie konstrukcii. 2020. № 2. S. 87–101.
7. Dabin Yang, Mingjin Li, Feng Fu, Jinzhi Wu. Experimental and numerical studies on a new type of bolt-ball joint for spatial grid structures // Journal of Constructional Steel Research 188 (2022) 107035.
8. Rekomendacii po proektirovaniyu strukturnyh konstrukcij / CNIISK im. Kucherenko. M.: Strojizda, 1984. S. 37–50.
9. Romenskij I.V., Gladkih A.Yu., Tarasenko N.A. Vliyanie osadki opor na napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie strukturnogo pokrytiya tipa «Kislovodsk» // Metallicheskie konstrukcii. 2020. № 3. S. 103–115.
10. Romenskij I.V., Mushchanov A.V., Vojtenko A.S. Vliyanie unifikacii elementov na massu konstrukcij pokrytiya sistemy «Kislovodsk» // Metallicheskie konstrukcii. 2021. № 3. S. 119–134.
11. Marutyan A.S. Profil'nye truby novyh modifikacij dlya stroitel'nyh metallokonstrukcij, vkluchaya moduli «Pyatigorsk» i «Novokislovodsk». Pyatigorsk: Izdatel'stvo PF SKFU, 2016. S. 137–144.
12. Avetyan N.Yu., Marutyan A.S. Ploskooval'nye gnutozamknutyie profili / Investicii, stroitel'stvo, nedvizhimost' kak drajvery social'no-ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya: materialy HI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 3-4 marta 2021 g. / Pod red. T.Yu. Ovsyannikovej, I.R. Salagor. Tomsk: Izdatel'stvo TGASU, 2021. Ch. 1. S. 342–347.
13. TU 5285-001-47543297-09. Sterzhni i uzlovyie elementy sistemy MARHI. M.: OOO NPC «Viktoriya», 2009. 60 s.
14. Melkumyan M.G. Issledovanie effektivnosti odno- i dvumassovogo dinamicheskogo gasitelya kolebanij na modeli karkasa zdaniya pri vibracionnyh ispytaniyah // Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2012. № 5. S. 23–29.
15. Marutyan A.S. Sterzhni-dempferi v legkih metallicheskih konstrukciyah zdaniy i sooruzhenij / Investicii, stroitel'stvo, nedvizhimost' kak drajvery social'no-ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya: materialy IH Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 12-15 marta 2019 g. / Pod red. T.Yu. Ovsyannikovej, I.R. Salagor. Tomsk: Izdatel'stvo TGASU, 2019. Ch. 1. S. 450–455.
16. Nazarova E.V., Haznagoeva R.A., Avetyan N.Yu., Marutyan A.S. Legkie metallokonstrukcii sistemy «Novokislovodsk» / Investicii, stroitel'stvo, nedvizhimost' kak drajvery social'no-

ekonomicheskogo razvitiya territorii i povysheniya kachestva zhizni naseleniya: materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 1-4 marta 2022 g. / Pod red. T.Yu. Ovsyannikovo, I.R. Salagor. Tomsk: Izdatel'stvo TGASU, 2022. Ch. 1. S. 447–456.

17. Elektronnyj resurs. Rezhim dostupa: [https://pyatigorsk.org/files/global/Novosti/18_02stydeny/WhatsApp%20Image%202022-02-18%20at%2014.59.35%20\(2\).jpeg](https://pyatigorsk.org/files/global/Novosti/18_02stydeny/WhatsApp%20Image%202022-02-18%20at%2014.59.35%20(2).jpeg) (Data obrashcheniya: 10.06.2022).

ОБ АВТОРАХ / ABOUT AUTHORS

Назарова Екатерина Валерьевна, студентка второго курса по специальности «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» колледжа Пятигорского института (филиала) СКФУ, E-mail: nazarova2004katy@mail.ru

Nazarova Ekaterina Valerievna, second-year student in the specialty "Construction and operation of buildings and structures" of the college of the Pyatigorsk Institute (branch) of the NCFU, E-mail: nazarova2004katy@mail.ru

Хажнагоева Регина Артуровна, студентка пятого курса по специальности «Дизайн архитектурной среды» инженерного факультета Пятигорского института (филиала) СКФУ, E-mail: missregishka2016@yandex.ru

Khazhnagoeva Regina Arturovna, fifth-year student in the specialty "Design of the architectural environment" of the Faculty of Engineering of the Pyatigorsk Institute (branch) of the NCFU, E-mail: missregishka2016@yandex.ru

Аветян Наринэ Юрьевна, преподаватель колледжа Пятигорского института (филиала) СКФУ, E-mail: n.avetyan@bk.ru

Avetyan Narine Yuryevna, teacher of the college of the Pyatigorsk Institute (branch) of NCFU, E-mail: n.avetyan@bk.ru

Марутян Александр Суренович, преподаватель колледжа, ведущий научный сотрудник отдела организации проектно-грантовой деятельности Пятигорского института (филиала) СКФУ, кандидат технических наук, доцент, E-mail: al_marut@mail.ru, 0000-0001-5464-5929

Marutyan Alexander Surenovich, college teacher, leading researcher of the department for organizing project and grant activities of the Pyatigorsk Institute (branch) of NCFU, candidate of technical sciences, associate professor, E-mail: al_marut@mail.ru, 0000-0001-5464-5929

Дата поступления в редакцию: 12.03.2022

После рецензирования: 23.04.2022

Дата принятия к публикации: 13.06.2022