



**Гасиев
Азамат
Абдуллахович**

кандидат технических наук, начальник отдела «Строительных и судебных экспертиз» Управления научных исследований и изысканий в области градостроительной безопасности и инженерной защиты от стихийных бедствий ФБГУ «ЦНИИП Минстроя России»

e-mail: gasiev@bk.ru



**Хасаулов
Юсуп
Михайлович**

кандидат технических наук, доцент. Кафедра «Строительные конструкции и механика», Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова

e-mail: hassau@mail.ru



**Хасаулов
Назир
Русланович**

магистрант кафедры «Строительные конструкции и механика», Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова

e-mail: kafedratpmkbsu@mail.ru

ГАСИЕВ А. А.
ХАСАУЛОВ Ю. М.
ХАСАУЛОВ Н. Р.
БАКИР ХАЛЕД,
КАБЛО МОХАМАД

Влияние стальной несъемной опалубки на основе просечно-вытяжной гофрированной сетки на прочность и деформативность монолитных железобетонных простенков при перекосе

В работе приведены сведения об актуальности использования стальной несъемной опалубки на основе просечно-вытяжной гофрированной сетки в монолитном строительстве. Представлены результаты экспериментальных исследований образцов железобетонных стен, возведенных при помощи системы стальной несъемной опалубки на основе ПВГС, дана оценка прочностных и деформативных характеристик образцов, картин трещинообразования и характер их разрушения при испытаниях на перекос в своей плоскости. Данные исследования свидетельствуют о существенном увеличении прочности и деформативности монолитных стен за счет включения в работу элементов рассматриваемой опалубки, что может внести существенный вклад в повышение сейсмостойкости.

Ключевые слова: стальная несъемная опалубка (СНО) на основе просечно-вытяжной гофрированной сетки (ПВГС), стальная сетчатая опалубка, монолитный железобетон, прочность, деформативность, трещинообразование, разрушение, сейсмостойкость.



**Бакир
Халед**

(Сирия)
магистрант кафедры «Строительные конструкции и механика», Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова

e-mail: kafedratpmkbsu@mail.ru



**Кабло
Мохамад**

(Сирия)
магистрант кафедры «Строительные конструкции и механика», Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова

e-mail: kafedratpmkbsu@mail.ru

GASIEV A. A., HASAULOV Yu. M., HASAULOV N. R., BAKIR HALED, KABLO MOHAMAD
 THE INFLUENCE OF STEEL PERMANENT FORMWORK ON THE BASIS OF THE EXPANDED METAL CORRUGATED MESH ON THE STRENGTH AND DEFORMABILITY OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE PIERS WITH BIAS

The paper presents information on the relevance of the use of steel permanent formwork on the basis of expanded corrugated mesh in monolithic construction. The results of experimental studies of samples of reinforced concrete walls, erected with the help of steel permanent formwork system based on EMCМ, the assessment of the strength and deformation characteristics of the samples, fracture patterns and the nature of their destruction during tests for skewing in its plane. These studies show a significant increase in the strength and deformability of monolithic walls due to the inclusion in the work of the elements of the formwork, which can make a significant contribution to increasing seismic resistance.

Keywords: steel permanent formwork (SPF) on the basis of expanded corrugated mesh (EMCM), steel mesh formwork, monolithic reinforced concrete, strength, deformability, cracking, destruction, seismic resistance. contribution to the improvement of earthquake resistance.

Стальная несъемная опалубка на основе ПВГС набирает все большую популярность во всем мире, в том числе в России [1–3]. По мнению специалистов в области монолитного домостроения, система опалубки на основе ПВГС отличается рядом преимуществ: отсутствием затрат подрядчика на приобретение опалубки; отсутствием стандартной опалубки и, соответственно, сопутствующих проблем (чистка, ремонт, замена, транспортировка, установка и т. д.); возможностью применения для производства изогнутых стен, наклонных крыш, колонн и т. д.; отсутствием давления бетона, что облегчает работу с существующими непрочными стенами внутри здания; не требуется применение крана, так как панели можно переносить руками (менее 11 кг/м²); сокращением времени строительства в 2–3 раза по сравнению с любым другим методом возведения несущих стен; скоростью и простотой установки панелей (не требуется высокая квалификация рабочих); возможностью наблюдать за процессом заливки бетона, что позволяет контролировать заполнение конструкции и образование пустот; возможностью одновременной установки теплоизоляционных материалов в панели опалубки (полистирол, полиуретан и др.); повышенной безопасностью; возможностью использования любого типа облицовки.

Опалубка на основе ПВГС, остающаяся в строительной конструкции, состоит из двух фильтрационных решеток, выполненных из цельнорешетчатого оцинкованного металла и усиленных вертикальными элементами жесткости (Иллюстрация 1). Наличие решеток способствует удалению из бетона воздуха и излишней влаги путем самотека с открытой стороны.

Очевидно, что использование данной опалубки не только выгодно экономически, но и оказывает существенное влияние на характеристики и работу элементов в системе здания. Рассматривая сетчатую опалубку как дополнительное армирование, можно ожидать увеличения несущей способности, уменьшения деформаций и изменения картины трещинообразования и характера разрушения элементов [4–10].

Авторами выполнены технические испытания образцов, моделирующих монолитные железобетонные стены, возведенные в стальной несъемной опалубке на основе ПВГС.

Исследовались прочностные и деформационные характеристики образцов, картина трещинообразования и характер их разрушения при испытаниях на перекокс в своей плоскости.

Исследования проводились на железобетонных образцах двух серий: ОБ-1 и ОБ-2.

Конструкции образцов серий ОБ-1 и ОБ-2 представлены на Иллюстрации 2.

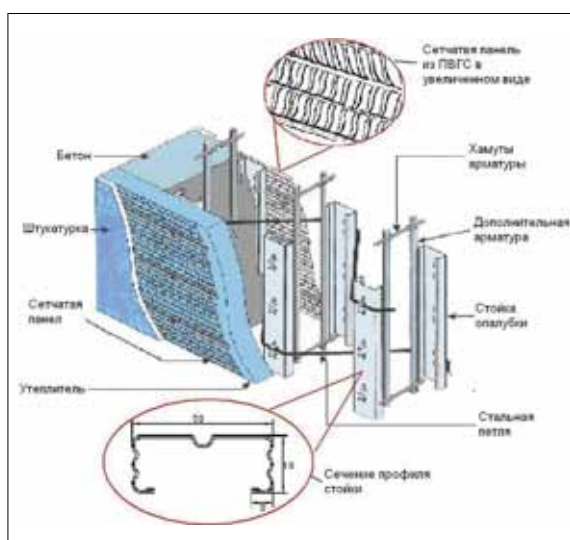


Иллюстрация 1. Стальная несъемная опалубка на основе ПВГС.
 Автор А. Гасиев

Серия ОБ-1 представляла собой «эталонные» железобетонные образцы с размерами 1000 × 1000 × 200 мм, изготовленные из заводского бетона класса В15 и армированные двумя металлическими сетками 200 × 200 мм арматурой А-III диаметром 6 мм.

Серия ОБ-2 — образцы, возведенные при помощи системы СНО на основе ПВГС, размеры, состав и армирование образцов такие же, что и у серии ОБ-1.

Материалы, применяемые в опытных образцах, удовлетворяли требованиям ГОСТ 26633–91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые», ГОСТ 23279–85 «Сетки арматурные сварные для железобетонных конструкций и изделий».

Для контроля прочности бетона из полученной заводской партии предварительно были изготовлены кубы. Прочность бетона в готовых конструкциях определялась неразрушающим методом, результаты определения прочности бетона в конструкции приведены в Таблице 1. Так же был проведен контроль подвижности бетонной смеси по стандартной методике путем замера осадки конуса.

Все образцы испытываются по одной схеме (Иллюстрация 3). Нагрузка P передается через опорные устройства на два противоположных угла кладки и вызывает сжатие образца вдоль его диагонали — перекокс. Такие или близкие им условия возникают, когда стены испытывают совместное воздействие горизонтальных и вертикальных нагрузок, имитирующих сейсмическое воздействие при деформировании простенка в плоскости стены.

Нагрузка на образцы при испытаниях прилагалась вдоль одной из диагоналей на площадке воздействия. Размеры (площадь) передаточных устройств в местах приложения нагрузки определяются из следующих условий:

1) недопущение местного смятия образцов (минимальные значения), при этом в процессе испытаний возникла ситуация местного смятия образцов, в связи с чем было принято решение усиления опорных зон путем устройства локальных обойм (см. Иллюстрацию 4, а, б);

2) недопущение ситуаций, при которых возникают деформации чистого сдвига, для того, чтобы четко зафиксировать момент растяжения в бетонных образцах (максимальные размеры).

Испытания образцов проводились на оборудовании ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко на прессе ИПС-1000.

Нагрузка прикладывалась поэтапно, ступенями: на стадии нагружения до предельных значений расчетной нагрузки — с шагом до $0,05P_{\max}$; на стадии, близкой к разрушению — с шагом до $0,02P_{\max}$, где $P_{\max}$ — расчетное значение разрушающей нагрузки.

Деформации конструкции измерялись в местах, указанных на Иллюстрации 4, на поверхности образцов, в продольном и поперечном направлениях индикаторами часового типа с ценой деления 0,1 мм на базе 0,8 и 0,4 м.

Для измерения ширины раскрытия трещин применялись измерительные микроскопы или лупы с ценой деления не более 0,05 мм.

Результаты испытаний образцов приведены в Таблице 1, а характер разрушений на Иллюстрации 4.

За величину действительной разрушающей нагрузки принималась наименьшая нагрузка, вызывающая одно из следующих состояний: разрушение элемента конструкции или сечения; разрушение по косым трещинам вблизи опор (выдергивание арматуры, раскалывание торцов, разрушение бетона у косой трещины), отслаивание несъемной опалубки.

В процессе испытаний установлено, что все образцы разрушились по одинаковой схеме — вдоль линии действия сжимающей силы.

По результатам испытаний строились графики деформирования вдоль растянутой диагонали (Иллюстрация 5).

Образцы серии ОБ-1

Для образцов серии ОБ-1 характерным является пластичный характер разрушения с появлением трещины в центре образца вдоль диагонали, по которой действует нагрузка, и последующим распространением трещины к местам приложения нагрузки.

Первые трещины в образцах этой серии зафиксированы при уровне нагрузки, равной 0,7–0,8 от разрушающей.

Как видно из диаграммы деформирования (Иллюстрация 5, а), на стадии нагружения, предшествовавшей разрушению, деформации растяжения вдоль диагонали образца, расположенной перпендикулярно линии действия нагружения, в 2,0–2,2 раза превышали деформации растяжения на линиях, расположенных параллельно максимально растянутой диагонали (согласно схеме установки приборов, Иллюстрация 3).

Исходя из характера образования трещин, развитие диагональной трещины происходит от центра к краям сжатой диагонали образца, отсюда можно сделать вывод о том, что основным критерием при оценке несущей способности является ее сопротивление главным растягивающим напряжениям.

Образцы серии ОБ-2

В образцах серии ОБ-2 диагональная трещина образовалась в центре и распространялась вдоль линии действия

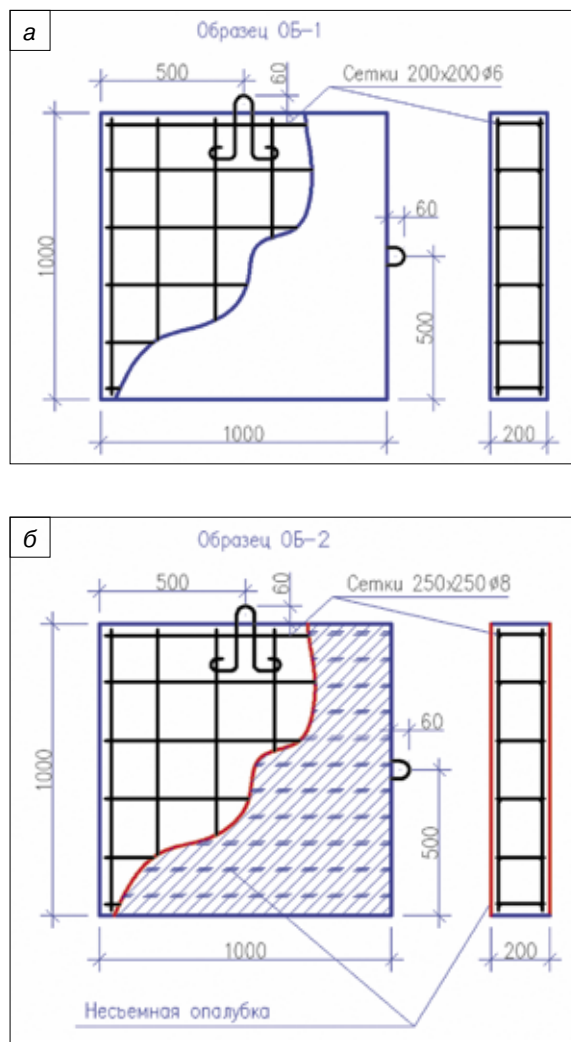


Иллюстрация 2. Образцы испытанных серий: а — ОБ-1; б — ОБ-2. Автор А. Гасиев

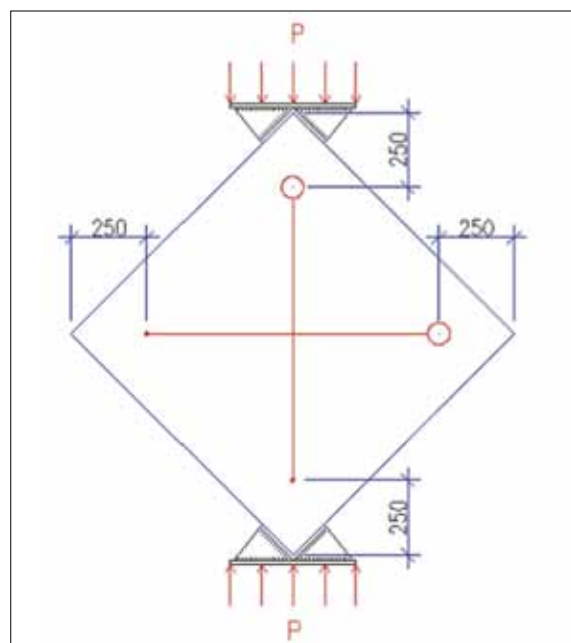


Иллюстрация 3. Схема испытания образцов с расстановкой измерительных приборов. Автор А. Гасиев

Таблица 1. Результаты испытаний образцов при воздействии вертикальной нагрузки

Условное обозначение серии	Приведенная разрушающая нагрузка для образцов внутри серии, R_p (кН)	Среднее значение разрушающей нагрузки внутри серии, $R_{p, \text{ср}}$ (кН)	Среднее значение предела прочности бетона образцов при сжатии, МПа	Повышение несущей способности, %
ОБ-1	590	696,7	26	
	800			
	700			
ОБ-2	1020	996,7	31	43
	1070			
	900			

Автор А. Гасиев

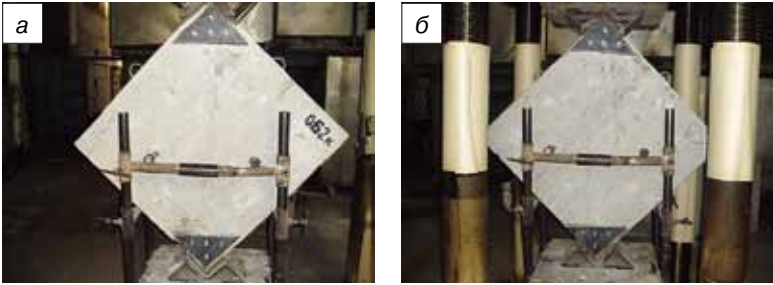


Иллюстрация 4. Характер разрушения испытанных образцов: а — ОБ-1; б — ОБ-2. Фото А. Гасиева

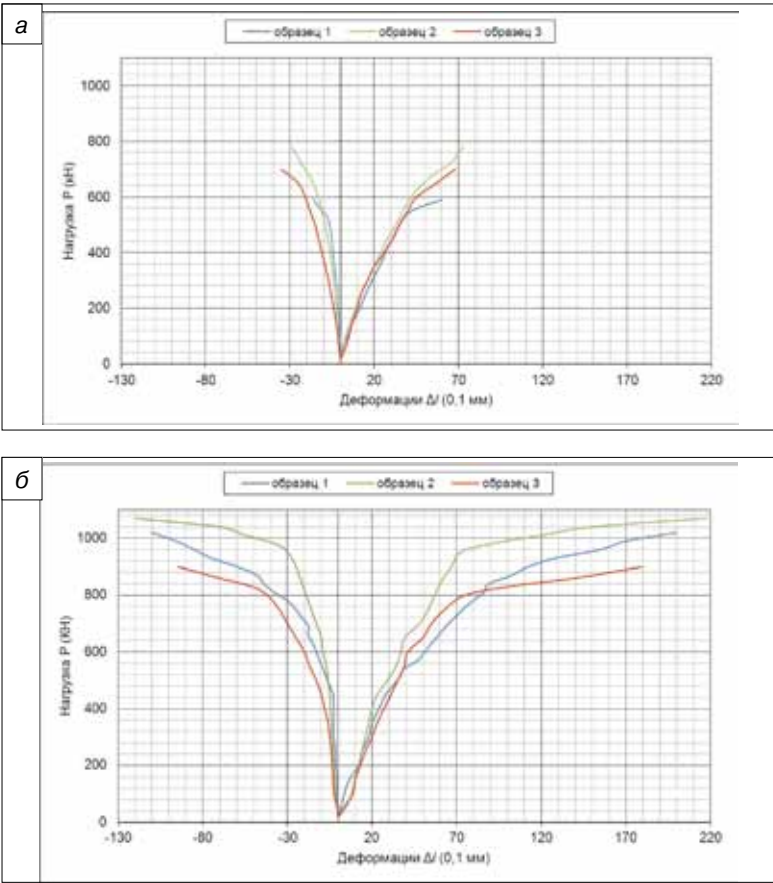


Иллюстрация 5. График деформирования образцов при нагружении: а — ОБ-1; б — ОБ-2К. Автор А. Гасиев

разрушающей нагрузки к углам (Иллюстрация 4, б).

Для данной серии образцов характерным является более длительный процесс развития пластических деформаций по сравнению с образцами ОБ-1.

Повышение несущей способности образцов серии ОБ-2 в сравнении с эталонными образцами ОБ-1 составило 1,43 раза, а деформативность при этом увеличилась в среднем почти в 2,5 раза. В серии ОБ-2 можно наблюдать уменьшение разницы между деформациями сжатия и растяжения, процесс деформирования протекает более однородно.

Прочность бетона в испытанных образцах подтверждает данные, полученные в [7], наблюдается прирост значения прочности бетона на 19%. Значение показателя прочности бетона приведено в Таблице 1.

Первые трещины в образцах серии ОБ-2 зафиксированы при уровне нагрузки, равной 0,8–0,85, этот показатель выше как в абсолютном, так и в относительном выражении по сравнению с серией ОБ-1.

Заклучение

По результатам испытаний образцов монолитных железобетонных стен, возведенных с помощью стальной несъемной опалубки на основе ПВГС, можно сделать следующие выводы:

- 1 В стеновых конструкциях, возведенных с помощью СНО на основе ПВГС, наблюдается общий прирост несущей способности при действии перекоса в своей плоскости более 40% по сравнению с аналогичными конструкциями, возведенными в традиционной щитовой опалубке.
- 2 Результаты испытаний, приведенные в статье, подтверждают данные об увеличении прочности бетона, уложенного в конструкции СНО, по сравнению с бетоном, уложенным в деревянную щитовую опалубку.
- 3 Наличие эффекта повышения несущей способности конструкций, возведенных при помощи СНО, обусловлено как приростом прочности бетона, уложенного в систему СНО, так и за счет включения стальной опалубки из ПВГС в работу конструкции, как дополнительного поверхностного армирования.
- 4 Стеновые конструкции, возведенные в СНО, имеют более высокие показатели трещиностойкости по сравнению с конструкциями, возведенными в традиционной опалубке.

5 Общие результаты, полученные в ходе испытаний, согласуются с данными работ [8–9], в которых также отмечен прирост несущей способности и улучшение деформативных свойств конструкций, возведенных с применением СНО, по сравнению с изготовленными в традиционной опалубке.

При проведении работ по испытаниям принимал участие М. Х. Байказиев, АО «НИЦ «Строительство».

Список использованной литературы

- 1 Айзенберг Я. М., Акбиев Р. Т., Гасиев А. А., Першин А. Ю. Сейсмостойкость конструкций с использованием системы стальной несъемной опалубки // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2008. № 4. — С. 44–47.
- 2 Акбиев Р. Т., Гасиев А. А. Сейсмостойкость кирпичных стен зданий, усиленных стальной несъемной опалубкой // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2012. № 3. — С. 48–53.
- 3 Айзенберг Я. М., Акбиев Р. Т., Гасиев А. А. Заключение по применению домостроительной системы «Кoffor» для строительства в сейсмических районах Российской Федерации — НО РАСС 2008 г.
- 4 Гасиев А. А., Акбиев Р. Т., Эльмурзаев Я. М. Экспериментальные исследования кирпичных стен зданий, усиленных стальной несъемной опалубкой // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений, 2011. № 2. — С. 68–72.
- 5 Гасиев А. А., Беппаев З. У., Хасаулов Ю. М. Исследования динамики и уровня набора прочности бетона, уложенного в стальную несъемную опалубку // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — М.: ИПК РУДН, 2015. № 6. — С. 70–77.
- 6 Грановский А. В., Носков И. В. Прочность монолитных железобетонных конструкций, изготовленных с использованием стальной несъемной опалубки // Промышленное и гражданское строительство, 2016. № 10. — С. 129–131.
- 7 Грановский А. В., Джамуев Б. К., Носков И. В. К оценке несущей способности стен из каменных материалов, армированных металлической сеткой STRECKR // Жилищное строительство, 2017. № 1–2. — С. 3–6.
- 8 Деркач В. Н., Орлович Р. Б. Взаимодействие каменного заполнения с каркасом зданий // Жилищное строительство, 2012. № 10. — С. 9–12.
- 9 Поляков С. В. Сейсмостойкие конструкции зданий. — М.: Высш. школа, 1983. — 304 с.
- 10 Zolotcov A., Ismailov Yu. Vibrational tests on sections of monolithic building at high levels of loading // Proceedings of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering. Acapulco, Mexico, 1996. — P. 514–524.
- 11 Официальный сайт компании «Coffor». — URL: <http://www.coffor.com>.
- 12 Официальный сайт компании «L'armature coffrante». — URL: <https://www.3drcoffrages.com>.
- 13 Официальный сайт компании ООО «Научно-производственное объединение 22». — URL: <http://proster.setka22.ru>.
- 3 Ajzenberg Ya. M., Akbiev R. T., Gasiev A. A. Zaklyuchenie po primeneniyu domostroitel'noj sistemy «Koffor» dlya stroitel'stva v seismicheskikh rajonah Rossijskoj Federacii — NO RASS 2008 g.
- 4 Gasiev A. A., Akbiev R. T., El'murzaev Ya. M. Eksperimental'nye issledovaniya kirpichnyh sten zdaniy, usilennyh stal'noj nes'emnoj opalubkoj // Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenij, 2011. № 2. — S. 68–72.
- 5 Gasiev A. A., Bepaev Z. U., Hasaulov Yu. M. Issledovaniya dinamiki i urovnya nabora prochnosti betona, ulozhennogo v stal'nyu nes'emnyu opalubku // Stroitel'naya mekhanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij. — M.: IPK RUDN, 2015. № 6. — S. 70–77.
- 6 Granovskij A. V., Noskov I. V. Prochnost' monolitnyh zhelezobetonnyh konstrukcij, izgotovlennyh s ispol'zovaniem stal'noj nes'emnoj opalubki // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2016. № 10. — S. 129–131.
- 7 Granovskij A. V., Dzhamuev B. K., Noskov I. V. K ocenke nesushchej sposobnosti sten iz kamennyh materialov, armirovannyh metallicheskoj setkoj STRECKR // Zhilishchnoe stroitel'stvo, 2017. № 1–2. — S. 3–6.
- 8 Derkach V. N., Orlovich R. B. Vzaimodejstvie kamennogo zapolneniya s karkasom zdaniy // Zhilishchnoe stroitel'stvo, 2012. № 10. — S. 9–12.
- 9 Polyakov S. V. Sejsmostojkie konstrukcii zdaniy. — M.: Vyssh. shkola, 1983. — 304 s.
- 10 Zolotcov A., Ismailov Yu. Vibrational tests on sections of monolithic building at high levels of loading // Proceedings of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering. Acapulco, Mexico, 1996. — P. 514–524.
- 11 Oficial'nyj sayt kompanii «Coffor». — URL: <http://www.coffor.com>.
- 12 Oficial'nyj sayt kompanii «L'armature coffrante». — URL: <https://www.3drcoffrages.com>.
- 13 Oficial'nyj sayt kompanii ООО «Nauchno-proizvodstvennoe ob'edinenie 22». — URL: <http://proster.setka22.ru>.

References

- 1 Ajzenberg Ya. M., Akbiev R. T., Gasiev A. A., Pershin A. Yu. Sejsmostojkost' konstrukcij s ispol'zovaniem sistemy stal'noj nes'emnoj opalubki // Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij, 2008. № 4. — S. 44–47.
- 2 Akbiev R. T., Gasiev A. A. Sejsmostojkost' kirpichnyh sten zdaniy, usilennyh stal'noj nes'emnoj opalubkoj // Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij, 2012. № 3. — S. 48–53.

Azamat Gasiev

Candidate of Sciences in Technology, Head of Construction and Forensic Expertise Department. FSBI «TsNIP Minstroy Russia», Moscow, Russian Federation
e-mail: gasiev@bk.ru

Yusup Hasaulov

Candidate of Sciences in Technology, Absolute Professor at the Department of «Building structures and mechanics», Kabardino-Balkar state University after H. M. Berbekov
e-mail: hassau@mail.ru

Nazir Hasaulov

Undergraduate at the Department of «Building structures and mechanics», Kabardino-Balkar state University after H. M. Berbekov

Haled Bakir (Syria)

Undergraduate, Department of «Building structures and mechanics», Kabardino-Balkar state University after H. M. Berbekov

Mohamad Cablo (Syria)

Undergraduate, Department of «Building structures and mechanics», Kabardino-Balkar state University after H. M. Berbekov

Статья поступила в редакцию в апреле 2019 г.
Опубликована в июне 2019 г.