

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 691.3

МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОЕКТИРУЕМЫМ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ ПЕРЕКРЫТИЯМ

Богданов Павел Александрович, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: pawel0030@mail.ru

Научный руководитель: **Кузнецова Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии строительного производства, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: com4lena@mail.ru

***Аннотация.** Данная тема рассматривает методы и некоторые из возможных технических решений для выполнения основных требований к проектируемым сталежелезобетонным перекрытиям.*

Каждая строительная конструкция должна быть безопасна, долговечна, насколько позволяет используемый материал, и пригодна к эксплуатации в соответствии со своим прямым назначением. Именно поэтому на этапе проектирования сталежелезобетонных конструкций нужно учитывать необходимые мероприятия, позволяющие выполнить основные требования к таким конструкциям согласно п. 4.2.5 СП¹:

- по безопасности,
- по эксплуатационной пригодности,
- по долговечности.

***Ключевые слова:** стальной профилированный настил, несъемная опалубка, вертикальные стержневые анкера, рифы, сталежелезобетонные плиты перекрытия, огнезащита, ТВР.*

***Для цитирования:** Богданов П. А. Методы и технические решения выполнения основных требований к проектируемым сталежелезобетонным перекрытиям // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 27–34.*

METHODS AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR MEETING THE BASIC REQUIREMENTS FOR DESIGNED STEEL-REINFORCED CONCRETE FLOORS

Bogdanov Pavel Alexandrovich, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: pawel0030@mail.ru

Research advisor: **Kuznetsova Elena Vladimirovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction Production Technology, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: com4lena@mail.ru

***Abstract.** This topic examines methods and some of the possible technical solutions for meeting the basic requirements for designed steel-reinforced concrete floors.*

Each building structure must be safe, durable, as far as the material used allows, and suitable for use in accordance with its intended purpose. That is why, at the design stage of steel-reinforced concrete structures, it is necessary to take

¹ СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. –URL: <https://docs.cndt.ru/document/456044285> (дата обращения: 25.05.2023).

into account the necessary measures to fulfill the basic requirements for such structures in accordance with clause 4.2.5 of the SP:

- on safety,
- according to operational suitability,
- in terms of durability.

Key words: *profiled steel decking, fixed formwork, vertical rod anchors, reefs, steel-reinforced concrete floor slabs, fire protection, TVR.*

Cite as: Bogdanov, P. A. (2024) [Methods and technical solutions for meeting the basic requirements for designed steel-reinforced concrete floors]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 27–34.

Целью данной работы является рассмотрение методов достижения необходимых показателей по долговечности и эксплуатационной пригодности, а также технических решений по безопасности при проектировании сталежелезобетонных перекрытий.

При применении профилированного листа в качестве несъемной опалубки и внешней арматуры плиты перекрытия одним из главных вопросов является его совместная работа с бетоном. Существующие нормативные документы позволяют рассматривать профилированный настил как арматуру только при наличии устройств, обеспечивающих совместность

его работы с бетоном [3].

Стальной профилированный настил, используемый в качестве арматуры плиты, должен иметь надежное сцепление с бетоном, что обеспечивается выштампованными при прокате рифами, образующими шпонки на его гранях, и специальными анкерными устройствами [3].

В качестве анкерных устройств рекомендуются вертикальные стержневые анкеры из арматурной стали, привариваемые в процессе монтажа через лист настила к верхней полке стального прогона (см. рисунок 1) ².

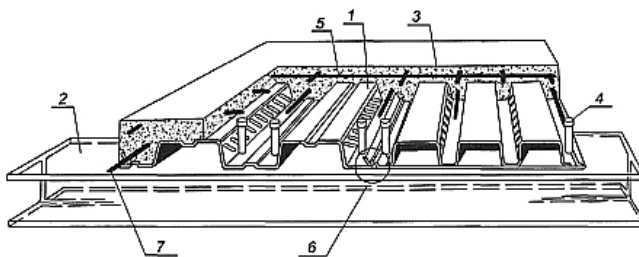


Рисунок 1. Конструкция монолитного перекрытия по СПН с вертикальными стержневыми анкерами

1 – СПН с рифлеными стенками гофр; 2 – элемент балочной клетки; 3 – монолитный бетон плиты; 4 – вертикальный стержневой анкер; 5 – сетка противоусадочного армирования; 6 – соединение гофрированных профилей между собой; 7 – рабочая арматура.

Источник: взято из источника «Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом» ²

Вертикальные стержневые анкеры приваривают по всем прогонам, служащим опорами СПН, обеспечивая совместную работу прогонов с железобетонной плитой, а также анкеровку по его концам. Число анкеров принимают не менее одного в каждом гофре по концам СПН и не менее одного через два гофра на промежуточных опорах при непрерывности настила³.

Расстояние от анкера до края СПН и грани прогона должно быть не менее $1,5d$ (где d – диаметр анкера), а между осями анкеров в одном гофре – не менее $70d$ ³.

Длину анкеров следует принимать равной высоте плиты за вычетом величины защитного слоя от торца анкера до поверхности бетона. Ширина гофра для приварки анкеров должна быть не менее 50 мм ⁴ (см. рисунок 2).

² Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом. – М.: НИИЖБ, ЦНИИПромзданий. 2007. – 43 с.

³ Там же.

⁴ СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. –URL: <https://docs.cntd.ru/document/456044285> (дата обращения: 25.05.2023).

Для обеспечения совместной работы бетона и металлического настила, помимо анкеровки, необходимы следующие условия:

– выштамповка рифов глубиной 3–5 мм различной формы на поверхности наклонных стенок гофров;

– увеличенная площадь сцепления листовой стали с бетоном, что достигается применением СПН с частым расположением гофр, в которых соотношение b/S_n не более 0,6 [2].

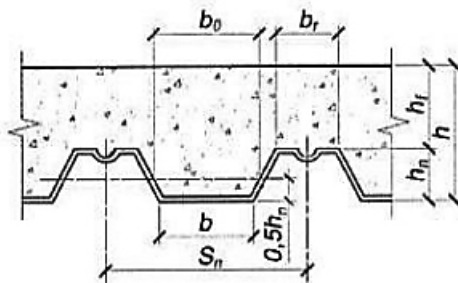


Рисунок 2. Максимальное соотношение ширины основания и шага гофра
Источник: взято из [2]

При несоблюдении условия сцепления листовой стали с бетоном происходит взаимное проскальзывание на границе материалов, что уменьшает несущую способность и увеличивает прогиб плиты [2].

Опытным путем выяснено, что форма рифов напрямую влияет на прочность сцепления листовой стали с бетоном. От соединения бетона с профнастилом зависит работа плиты – чем больше жесткость кон-

тактного шва, тем лучше передаются усилия от одного материала к другому [6]. В ЦНИИСК им. Мельникова был проведен эксперимент, в ходе которого прямоугольные металлические пластины с выштампованными рифами различной формы, имитирующие стенки гофров, были связаны между собой монолитным бетонным блоком (см. рисунок 3) [2].

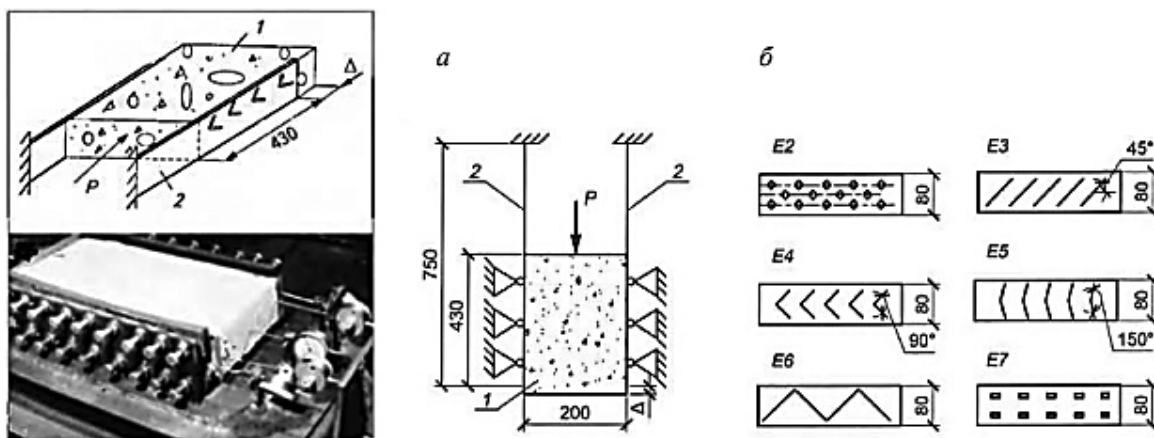


Рисунок 3. Испытания на сдвиг при различной форме рифов.
а – расчетная схема испытаний; б – пластины различной формы рифов
Источник: взято из [2; 7]

Испытания осуществлялись путем сдвига бетонного блока относительно неподвижно закрепленных стальных пластин. В результате выяснилось, что зигзагообразные выштамповки имеют наилучший показатель жесткости и прочности сцепления с бетоном.

При форме выштамповок Е6 сдвигающие усилия наиболее равномерно распределялись по контактной поверхности бетона. В образце Е2 средний ряд не был задействован в работе, а в образцах Е4 и Е5 результат зависел от угла наклона рифов (см. таблицу 1) [2].

Таблица 1. Результаты испытаний образцов на сдвиг

Обозначение пластины с выштамповками	Вид выштамповки	Сдвигающая сила Р, кН		Прототип или разработчик типа выштамповки
		при сдвиге 0,3 мм	при разрушении	
Е1	Без выштамповки	1,9	2,5	–
Е2		4	8,8	Германия
Е3		6	13,5	США
Е4		6,4	13,3	США
Е5		8,8	14,6	Россия
Е6		10	17,3	Россия

Источник: взято из [5]

После испытания на сдвиг, проводилось испытание плит на поперечный изгиб при аналогичных вариантах рифления СПН (профили с выштамповкой Е2 с наихудшими после первого испытания результатами не использовали). Второй эксперимент

проводился с целью удостовериться в данных, полученных в первом испытании, в реальной работе конструкций, и выяснить влияние анкерных упоров на обеспечение совместной работы бетона и стального листа (см. рисунок 4) [2].

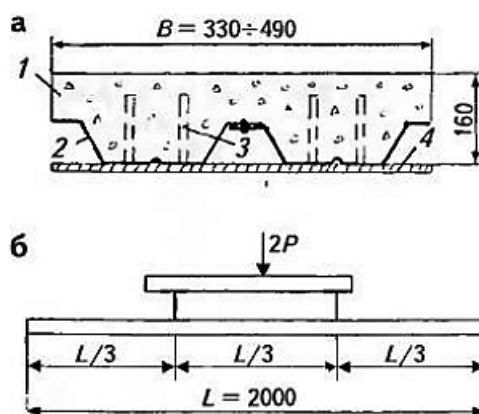


Рисунок 4. Испытание плит на изгиб
а – сечение плиты на опоре; б – схема испытаний; 1 – бетон; 2 – СПН; 3 – анкерный упор; 4 – опорная пластина

Источник: взято из [2]

Жесткость плит с профилированным листом, имеющим выштамповки Е6, оказалась наибольшей как с анкерами, так и без. Отсутствие анкерных болтов не позволило реализовать полностью прочностные свой-

ства плиты ни при каких формах рифления, что доказывает необходимость их применения в конструкции (см. рисунки 5, 6) [2].

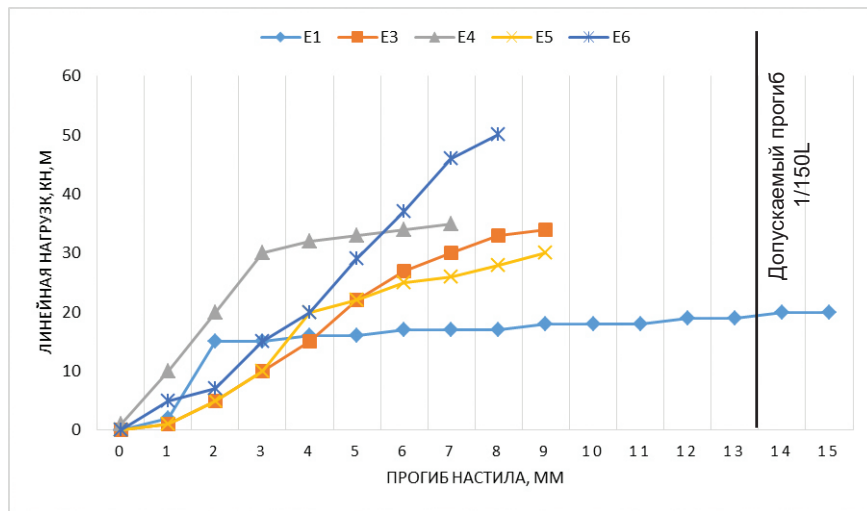


Рисунок 5. Зависимость прогиба от нагрузки для плит без анкерных упоров
 Источник: взято из [2]

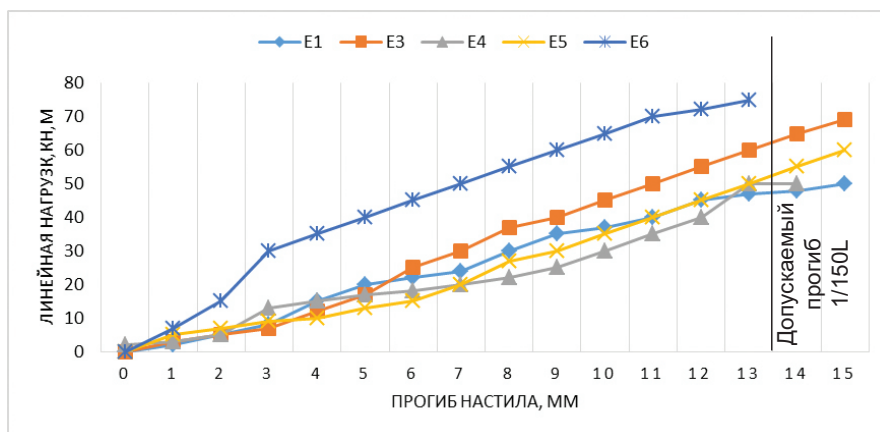


Рисунок 6. Зависимость прогиба от нагрузки для плит с анкерными упорами
 Источник: взято из [2]

Установка вертикальных анкеров в опорных сечениях повышает эффективность работы профилированного листа в качестве арматуры. В испытуемых образцах предельная нагрузка увеличивается в 2 раза.

Помимо достижения надежного сцепления бетона с СПН, также необходимо выполнять необходимые требования по долговечности сталежелезобетонного перекрытия и его эксплуатационной пригодности.

Поверхность соединительной детали, воспринимающей усилие отрыва (например, нижняя по-

верхность головки стержневого анкера (стад-болта), должна выступать не менее чем на 30 мм над нижней арматурой. Кроме того, должна быть обеспечена толщина защитного слоя, при необходимости – местное армирование, вуты определенной конфигурации и размеров, шаг соединительных деталей⁵.

При сооружении перекрытий с использованием профлиста также следует соблюдать следующие правила:

- длина опирания профлиста вдоль гофра на несущие стены и балки должна быть не менее 80 мм;

⁵ СТО 57398459-035-2014. Плиты перекрытий зданий и сооружений сталежелезобетонные с применением стальных профилированных листов. Нормы проектирования. – URL: https://www.proflist.ru/techinfo/STO_57398459-035-2014.pdf (дата обращения: 25.05.2023).

– в тех случаях, когда длина опирания получается меньше 80 мм, рекомендуется на опоре под профлист уложить полоску профлиста той же марки шириной 150–200 мм;

– при монтаже профлистов заранее следует предусмотреть установку креплений подвесного потолка.

Слабым звеном в сталежелезобетонном перекрытии по СПН в плане эксплуатации является именно нижний слой рабочей арматуры – стальной профилированный настил. Для обеспечения необходимых условий безопасной эксплуатации такой конструкции необходимо соблюдение следующих требований⁵:

– открытые поверхности стальных листов должны быть защищены от непосредственного атмосферного воздействия;

– профилированные листы из оцинкованной стали без дополнительного защитно-декоративного покрытия допускается применять только в неагрессивной среде;

– эксплуатация профилированных листов из неоцинкованной стали без дополнительного защитно-декоративного покрытия не допускается;

– если предусмотрено цинковое покрытие, то оно должно соответствовать требованиям⁶;

– цинковое покрытие общей массой 275 г/м² (с обеих сторон) является достаточным для листов, расположенных внутри зданий и эксплуатируемых в неагрессивной среде, но технические условия на покрытие могут изменяться в зависимости от условий эксплуатации.

Разбирая вопрос об организации огнезащиты сталежелезобетонных плит перекрытия, следует обратиться к правилам организации подвесного потолка.

Одним из возможных решений организации огнезащиты может стать конструкция огнезащитного подвесного потолка на двухуровневом каркасе типа П 232 с однослойной обшивкой из плит КНАУФ-Файерборд толщиной 12,5 мм.⁷ Такие плиты используются в зданиях различного назначения по всей России, соответственно имеется большой опыт использования, что и является гарантией надежности. Примерами являются:

– торговый комплекс «МЕГА» в г. Самара;

– здание МИДа в г. Москва;

– торговый центр «Стокманн» в г. Санкт-Петербург и т. д.

Каркас подвесного потолка представляет собой конструкцию, собираемую непосредственно при мон-

таже и состоящей из:⁷

– подвесов, прикрепленных при помощи анкерных дюбелей к несущему основанию потолка (стальные балки двутаврового сечения);

– основных профилей (ПП 60/27), которые закрепляются в подвесах;

– несущих профилей (ПП 60/27), закрепляемых при помощи соединительных изделий к основным профилям;

– шпаклевочная смесь КНАУФ-Фаерборд Шпахтель с армирующей лентой, для заделки стыков плит (см. рисунок 7).

По результатам проведенных испытаний конструкций подвесного потолка П 232 на двухуровневом каркасе с однослойной обшивкой из плит КНАУФ-Фаерборд было выявлено, что достижение критической температуры в 500 °С на стальных балках, защищенных конструкцией подвесного потолка, составляет 151 минуту. Предельных состояний по потере целостности и потере несущей способности не достигнуто⁷.

Данная конструкция огнезащитного подвесного потолка позволяет достичь необходимых требований по огнезащите конструкций сталежелезобетонного перекрытия. Несомненно, другие системы огнезащиты стальных конструкций также могут эффективно защитить от воздействия высоких температур при пожаре. Однако данная конструкция одновременно с функцией огнезащиты позволяет достичь и эстетических целей – закрыть собой металлические балки перекрытий, элементы инженерных сетей, прокладываемых в гофрах несъемной опалубки сталежелезобетонного перекрытия.

Также методом огнезащиты (пожаротушения) может быть ТВР – тонкораспыленная вода – эффективное и экономичное средство тушения пожаров. Благодаря использованию в качестве огнетушащего вещества воды, подаваемой под высоким давлением, и получению капель величиной не более 100–150 микрон создается мелкодисперсный туман, который быстро насыщает защищаемый объем помещения, сокращая при этом концентрацию кислорода, значительно увеличивая эффективность пожаротушения при использовании минимального количества воды. Кроме того, при испарении воды в зоне горения образуется пар, который на время препятствует газообмену продуктов горения с кислородом, а также участвует в снижении концентрации кислорода вблизи зоны горения [2].

⁶ ГОСТ Р 52246-2016. Прокат листовой горячеоцинкованной. Технические условия. –URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139182> (дата обращения: 25.05.2023).

⁷ Протокол испытаний № 15-1-С-17. Конструкция огнезащитного подвесного потолка на двухуровневом каркасе типа П 232 с однослойной обшивкой из плит КНАУФ-Файерборд толщиной 12,5 мм. – URL: https://prozask.ru/f/fajerbord_125mm-potolok_podvesnoj_s_dopolnieniem_re150.pdf (дата обращения: 25.05.2023).

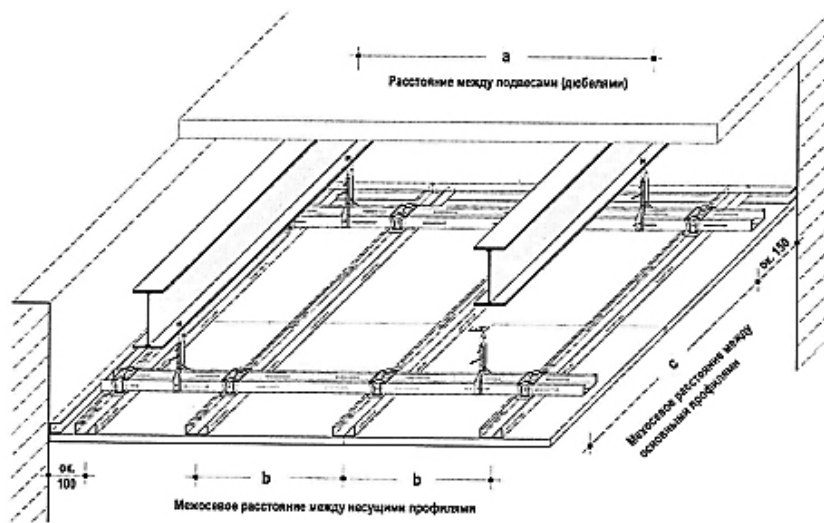


Рисунок 7. Схема подвесного потолка

Источник: взято из протокола испытаний №15-1-С-17⁷

Данный механизм пожаротушения применяется во многих системах комплексной безопасности зданий повышенной этажности. Снижение расхода воды при тушении пожара и отсутствие вреда для предметов интерьера и мебели делают его особенно привлекательным. Имеется также опыт в использовании механизма ТВР в зданиях со сталежелезобетонными плитами перекрытия по СПН – «Лахта Центр» [5].

Проанализировав представленные материалы, можно сделать вывод, что сталежелезобетонные конструкции отвечают требованиям по долговечности и эксплуатационной пригодности. Представленные в статье варианты рифов совместно с анкерными болтами и арматурными сетками позволяют получить необходимую степень адгезии бетона к металлу в сталежелезобетонных перекрытиях. Рассмотренные в статье способы огнезащиты сталежелезобетонных конструкций достаточны для огнезащиты. Также следует помнить, что представленные методы не единст-

венные, а общая номенклатура таких конструктивных решений обширна. В целом, сталежелезобетонные конструкции являются достойным аналогом таких распространенных конструкций в строительстве, как металлические и железобетонные.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенных материалов и технологических решений для привлечения внимания заказчиков, проектных организаций и строительно-монтажных организаций к работе со сталежелезобетонными конструкциями, обеспечивая экономическую эффективность и уменьшая затраты как при строительстве, так и при реконструкции зданий и сооружений.

На основе данной работы возможно проведение натурных испытаний объекта в условиях, соответствующих условиям эксплуатации, с подтверждением выводов и контролем измеряемых параметров.

Литература

1. Айрумян Э. Л., Румянцева И. А. Армирование монолитной железобетонной плиты перекрытия стальным профилированным настилом // Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 4. – С. 25–27. – EDN: HZQWMH
2. Дубровина О. Б., Голова А. И. Применение систем пожаротушения тонкораспыленной водой для защиты складских комплексов и терминалов. Сравнительная характеристика // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – № 11(131). – С. 48–53. – EDN: VLCNPN
3. Комлев А. А., Краснощек Ю. В. О совместной работе профилированного настила с бетоном в монолитных перекрытиях // Труды аспирантов и студентов ГОУ «СибАДИ»: Сборник научных трудов, Т. 8. – Омск: СибАДИ, 2011. – С. 76–79. – EDN: WC1ACF

4. Обеспечение совместной работы бетона и профлиста / Э. Ч. Цораев [и др.] // Современные тенденции развития информационных технологий в научных исследованиях и прикладных областях: сборник докладов II Международной научно-практической конференции, Владикавказ, 29–30 апр. 2021 г. – Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2021. – С. 224–228. – EDN: ZINDYW

5. Симоненко Я. Б. Комплексная безопасность зданий повышенной этажности «Лахта Центра» // AlfaBuild. – 2018. – № 5(7). – С. 7–15. – <https://doi.org/10.34910/ALF.7.1> EDN: BWMKXO.

6. Тамразян А. Г., Арутюнян С. Н. К учету профилированного настила как рабочей арматуры при расчете монолитных сталежелезобетонных плит перекрытий // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 7. – С. 64–68. – EDN: WHKJWT

7. Узун Д. А. Особенности устройства и работы стальных профилированных листов с разными типами сечений и видами рифов // Молодой исследователь: вызовы и перспективы. – 2020. – Т. 45 (192). – С. 490–501. – EDN: UYTYBK

Статья поступила в редакцию: 09.06.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.