

Технология устройства монолитных плит перекрытия с пустотообразователями при реконструкции объекта исторического наследия

А.Ф. Хузин, Р.Р. Богданов, А.Р. Мавлюбердинов

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: Актуальность исследования обусловлена критическим состоянием значительной части исторической застройки в России, где междуэтажные перекрытия являются наиболее уязвимыми элементами. Проблема заключается в необходимости их замены на конструкции, отвечающие современным нормативам по несущей способности и пожарной безопасности, без увеличения нагрузки на ослабленные фундаменты и стены.

Ключевые слова: реконструкция, объект культурного наследия, монолитное перекрытие, пустотообразователь, облегченная конструкция, несущая способность, технологическая карта.

Проблема реконструкции объектов культурного наследия особенно актуальна в связи с предаварийным состоянием исторической застройки российских городов. Наиболее уязвимыми элементами являются междуэтажные перекрытия. Традиционные деревянные конструкции XIX - начала XX века характеризуются физическим износом до 80% и не соответствуют современным нормам пожарной безопасности и несущей способности [1, 2]. Особенно остро это проявляется в зданиях общественного назначения. Анализ выявил ограничения традиционных технологий: деревянные клееные конструкции не обеспечивают необходимой огнестойкости [3, 4]; металлические балки ухудшают тепло- и звукоизоляцию; сборные железобетонные плиты создают чрезмерную нагрузку на старые фундаменты [5, 6].

Технология монолитных плит с пустотообразователями предлагает перспективное решение. Исторически пустотные конструкции появились в начале XX века [7], а современный интерес к облегченным перекрытиям открывает новые возможности реконструкции [7, 8].

Расчеты [9] показывают, что при толщине 200-250 мм такие конструкции снижают вес на 35-40% по сравнению с традиционными монолитными плитами, что критически важно для исторических зданий. Огнестойкость (REI 60) превышает нормативные требования, а возможность перекрытия пролетов до 12-15 метров расширяет возможности реконструкции [7, 10].

Однако коробчатые [11] и сферические [12] пустотообразователи имеют недостатки: низкий процент замены бетона (22-30%), необходимость многоэтапного бетонирования, риск образования пустот и коррозии арматуры [11-13]. Основной проблемой остается контроль положения пустотообразователей и предотвращение их всплытия [13].

Перспективным направлением является использование несъёмных пустотообразователей из картоно-полиэтиленовых труб, собранных в модули. Эта технология обеспечивает высокий процент замены бетона (до 41,9%), возможность непрерывного бетонирования и снижение расхода арматуры [14]. Использование экономичных материалов снижает общую стоимость работ [15].

Для повышения прочностных характеристик предложено применение сталефибробетонных смесей [16]. Введение стальных волокон (20-50 кг/м³) повышает прочность на растяжение при изгибе в 2-3 раза и позволяет сократить расход арматуры на 9,82% [16].

Особое значение имеет техническое нормирование. Технология требует разработки специальных нормативов трудозатрат, отсутствующих в ЕНиР и ГЭСН [17]. Совместные трудозатраты составляют 152,34 чел./ч на 100 м² перекрытия [17].

Таким образом, разработка усовершенствованных технологий с пустотообразователями модульного типа и дисперсным армированием

позволяет эффективно решать проблемы замены перекрытий с минимальным влиянием на исторические конструкции.

Исследование проведено на конкретном объекте культурного наследия с использованием методов натурного обследования, анализа документации, сравнительного анализа технологий и калькуляции затрат. Для оценки эффективности выполнен сравнительный расчет для участка перекрытия 57 м² по двум вариантам: традиционная монолитная плита и пустотная плита с системой «Сибформа».

На основе анализа выбрана система двухэтапного бетонирования с отечественными пустотообразователями «Сибформа» (СТО 35546020.001–2022). Ключевыми факторами выбора стали оптимальное соотношение трудоемкости монтажа и объема вытесняемого бетона, наличие российской нормативной базы и логистические преимущества.

Выбор обоснован сравнительным анализом систем пустотообразователей (U-Boot, U-Bahn, Сибформа, BubbleDeck Type B, Cobiax Eco-Line, Slim-Line, Simkar) для плиты толщиной 200 мм на участке 57 м². Общий вид систем опалубок представлен на рис. 1.

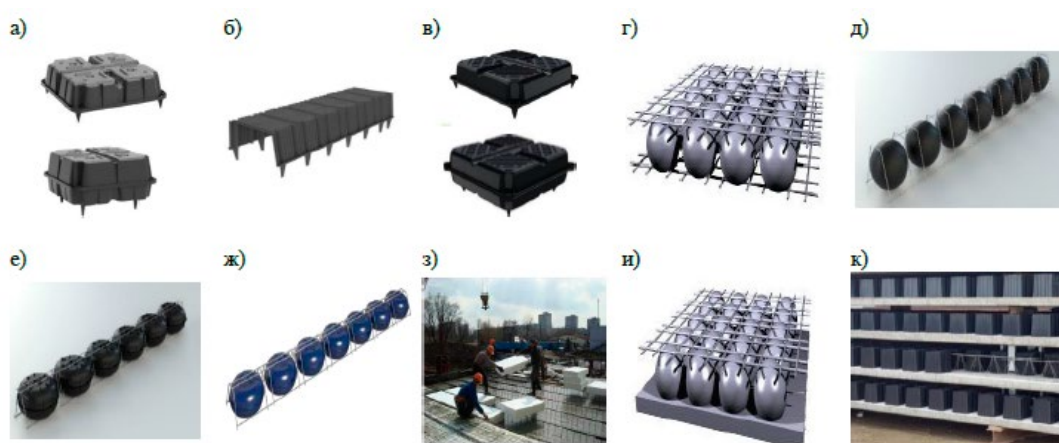


Рис. 1. – Варианты систем опалубок для облегченных конструкций, где: а – DaliForm: U-Boot, б – DaliForm: U-Bahn, в – Сибформа, г – BubbleDeck: тип Б, д – Cobiax: Eco-Line, е – Cobiax: Slim-Line, ж – Simkar, з – Монофант; и – BubbleDeck: тип А, к – Airdeck

Системы U-Bahn, BubbleDeck Type B и Cobiax Eco-Line были исключены из рассмотрения из-за конструктивных ограничений по минимальной толщине перекрытия. Для оставшихся систем были разработаны схемы размещения вкладышей с соблюдением требований по усилению краевых зон. Анализ показал, что наибольший объем бетона вытесняют системы на основе мелкогазонаполненных вкладышей (Slim-Line/Simkar), однако их применение требует более чем в 3 раза большего количества элементов, что значительно увеличивает трудоемкость. Система «Сибформа» показала сопоставимый с U-Boot объем вытеснения бетона при лучшей технологичности и адаптации к российским условиям. Сравнительные характеристики пустотообразователей представлены в таблице № 1.

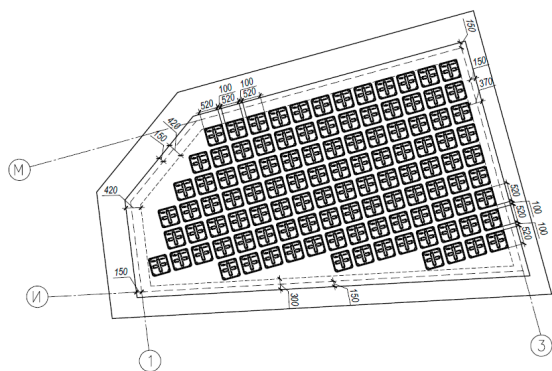
Таблица № 1

Сравнительные характеристики пустотообразователей для плиты 57 м²

Параметр	U-Boot	Сибформа	Slim-Line / Simkar
Производитель	DaliForm	Сибформа	Cobiax / G-TECH
Марка вкладыша	u-10	СФ100	S-100
Размер 1 вкладыша, мм	520x520	500x500	315
Объем 1 вкладыша, м ³	0.0213	0.02045	0.008 / 0.00727
Мин. расстояние между осями, мм	600	620	350
Кол-во вкладышей, шт.	110	118	361
Вытесняемый объем бетона, м ³	2.343	2.413	2.888 / 2.527

Анализ показал, что наибольший объем бетона вытесняют системы на основе мелкогазонаполненных вкладышей (Slim-Line/Simkar). Однако их применение требует более чем в 3 раза большего количества элементов (361 шт. против 110–118 шт.), что значительно увеличивает трудоемкость монтажа и продолжительность работ. Система «Сибформа» показала сопоставимый с U-Boot объем вытеснения бетона (2.413 м³ против 2.343 м³) при лучшей технологичности и адаптации к российским условиям.

a)



Technical drawing of a rectangular concrete slab with a grid of reinforcement bars. The drawing shows a top view of the slab with dimensions in millimeters. The overall dimensions are 3150 mm by 3150 mm. The slab has a central grid of reinforcement bars with a spacing of 150 mm. The drawing includes callouts for material (M) and reinforcement (N) and a section line 1-1.

Были разработаны детальные технологические карты на два ключевых процесса: демонтаж существующих деревянных перекрытий и устройство новых монолитных пустотных плит. Технология демонтажа включала последовательную разборку конструкций сверху вниз: чистый пол и лаги → удаление засыпки → демонтаж наката → разборка подшивки потолка → извлечение балок. Для безопасного проведения работ использовался автомобильный кран. Трудозатраты на демонтаж составили 71.26 чел.-час, стоимость – 62 тыс. руб.

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

1. Монтаж инвентарной опалубки из стоек, главных и поперечных балок с фанерной палубой.
2. Устройство нижней арматурной сетки из стержней Ø8 мм А400 с креплением к кирпичным стенам на химические анкеры.
3. Монтаж вкладышей «Сибформа» СФ100 с фиксацией проектного положения с помощью соединительных муфт.
4. Устройство верхней арматурной сетки.
5. Бетонирование в 2 этапа: Первый этап – укладка бетона В25 до низа вкладышей (высота ~50 мм) с уплотнением вибраторами. Второй этап (после схватывания первого слоя) – укладка бетона до проектной отметки верха плиты (200 мм). Данная методика предотвращает всплытие вкладышей.
6. Уход за бетоном и распалубка после набора 70% прочности.

Трудозатраты на устройство нового перекрытия составили 76.25 чел.-час, стоимость – 269 тыс. руб.

Для количественной оценки эффективности проведен сравнительный анализ двух вариантов перекрытия на участке 57 м²: традиционного сплошного монолитного и пустотного с системой «Сибформа». Результаты приведены в таблице № 2.

Таблица № 2

Сравнительные параметры вариантов перекрытия

Параметр	Сплошная плита	Пустотная плита («Сибформа»)	Эффект, %
Толщина плиты, мм	200	200	-
Объем бетона, м ³	11.4	8.899	-22
Арматура	Ø12 А400	Ø8 А400	-
Расход арматуры, т	1.15	0.52	-55
Кол-во вкладышей, шт.	0	118	-
Масса конструкции, т	28.51	21.87	-23
Трудозатраты, чел.-час	77.62	76.25	-2
Стоимость, тыс. руб.	314	269	-14

Полученные результаты демонстрируют значительные преимущества технологии с применением пустотообразователей «Сибформа» для реконструкции объектов культурного наследия.

Снижение массы перекрытия на 23% (на 6.64 т для плиты 57 м²) является критически важным для исторических зданий с ослабленными фундаментами и стенами. Это позволяет минимизировать риски неравномерных осадок и необходимость в масштабных работах по усилению существующих конструкций. Двухэтапная технология бетонирования доказала свою эффективность в предотвращении всплытия вкладышей.

Прямая экономия на устройстве самого перекрытия составляет 14% за счет снижения расхода бетона (-22%) и арматуры (-55%). Однако совокупный экономический эффект значительно выше за счет сокращения затрат на сопутствующие работы: уменьшение объема усиления фундаментов (экономия ~180-220 тыс. руб. на этаж), снижение логистических расходов на доставку материалов (экономия ~12-18 тыс. руб. на этаж) и общее сокращение трудозатрат. Для всего объекта (площадь перекрытий 480 м²) совокупная экономия оценивается в 1.8–2.1 млн рублей.

Основной проблемой, выявленной в ходе работы, является отсутствие прямых расценок на операции по установке пустотообразователей в действующих федеральных единичных расценках (ФЕР) и ЕНиР. Это требует от сметчиков применения корректирующих коэффициентов (в данной работе использовались нормы на установку деревянных пробок с коэффициентом 0.5), что усложняет процесс нормирования и калькуляции стоимости.

Таким образом, результаты подтверждают, что разработанная технология является не только технически осуществимой, но и экономически целесообразной для широкого применения при реконструкции исторических зданий, позволяя эффективно решать проблему замены перекрытий с соблюдением требований сохранности объектов культурного наследия.

Литература

1. Абрамян С.Г. Реконструкция зданий и сооружений: основные проблемы и направления. Часть 1. // Инженерный вестник Дона, 2015, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3453/.
2. Юдина А.Ф. Реконструкция перекрытий в зданиях старого жилого фонда методом облегченной конструкции // Инженерный вестник Дона, 2023, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8255/.
3. Серебрянский С.В. Ограничение области применения деревянных строительных конструкций // Аллея Науки. 2020. Т. 1. № 11(50). URL: alley-science.ru/domains_data/files/2November2020/.
4. Карельский А.В., Лабудин Б.В., Мелехов В.И. Требования к надежности и безопасной эксплуатации большепролетных клееных деревянных конструкций // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2012. № 3 (327). С. 143-147.
5. Фоломеев А. А. Снижение материалоемкости железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1974. 66 с.
6. Ильин А.Ю., Лопатин А.Н. Монолитные железобетонные пустотные перекрытия с применением неизвлекаемых пустотобразователей // Молодые ученые - развитию национальной технологической инициативы (Поиск). 2022. № 1. С. 176-178.
7. Глотов Д.А., Лоскутов И.С., Кантур О.В. Монолитные пустотные перекрытия в строительстве зданий // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2012. № 3. С. 66-71.
8. Босак С.В., Мордич А.И., Симбиркин В.Н. К повышению несущей способности и жесткости перекрытий, образованных многопустотными плитами // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 4. С. 30-36.
9. Егоров П.И., Тереза Е.А. Анализ расчета монолитной плиты перекрытия с пустотобразователями прямоугольной формы // Ученые

заметки ТОГУ, 2016, Т. 7. № 4. С. 186–191. URL: ejournal.togudv.ru/ejournal/pub/articles/1365/.

10. Cobiax [web source] URL: cobiax.com/intl/en (дата обращения: 28.09.2025).

11. U-boot [web source] URL: daliform.com/ru/disposable-formwork-for-two-way-lightened-voided-slabs-ru (date of reference: 28.09.2025).

12. Pushkarev B.A., Burenina N.B. Method of manufacturing reinforced concrete floor slabs using non-removable void formers // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1889. Article 022014. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/2/022014.

13. Миронова А.Ю., Фаликман В.Р. Применение современных технологий с целью снижения себестоимости бетонной смеси // Бетон и железобетон. 2022. № 1 (180). С. 23-28.

14. Azhiguzhayeva A., Basshieva Zh., Malgarayeva Zh. Economic efficiency of housing construction. Environmental impact // Journal of Environmental Management and Tourism. 2021. Vol. 12. № 3 (51). P. 703. DOI: 10.14505/jemt.v12.3(51).10.

15. Конарев С.В., Жданова С.М. Проектирование монолитных плит перекрытий и покрытий с применением несъемной опалубки с помощью пустотообразователей и соединительных муфт // Актуальные вопросы строительства на Дальнем Востоке России: материалы научно-практической конференции (г. Хабаровск, 25 февраля 2025 г.). Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2025. С. 92-97.

16. Мухаметрахимов Р.Х., Хузин А.Ф. Особенности технологии устройства и контроля качества монолитных сталефибробетонных перекрытий с использованием пустотообразователей // Известия КГАСУ. 2018. № 3 (45). С. 228-235.

17. Топчий Д.В., Болотова А.С., Воробьев А.С., Атаманенко А.В. Техническое нормирование технологии устройства железобетонных плит перекрытия с применением неизвлекаемых вкладышей-пустотообразователей // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2019. Т. 20. № 2. С. 155–162.

References

1. Abramyan S.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3453/.
2. Yudina A.F. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8255/.
3. Serebryanskiy S.V. Alleya Nauki, 2020, vol. 1, № 11(50). URL: alley-science.ru/domains_data/files/2November2020/.
4. Karelskiy A.V., Labudin B.V., Melekhov V.I. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal, 2012, № 3 (327), pp. 143-147.
5. Folomeev A.A. Snizhenie materialoemkosti zhelezobetonnykh konstruktsiy. Moscow, Stroyizdat Publ., 1974. 66 p.
6. Ilyin A.Yu., Lopatin A.N. Molodye uchenye - razvitiyu natsional'noy tekhnologicheskoy initsiativy (Poisk), 2022, № 1, pp. 176-178.
7. Glotov D.A., Loskutov I.S., Kantur O.V. Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruktsiy i sooruzheniy, 2012, № 3, pp. 66-71.
8. Bosak S.V., Mordich A.I., Simbirkin V.N. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2017, № 4, pp. 30-36.
9. Egorov P.I., Teresa E.A. Uchenye zametki TOGU, 2016, vol. 7, № 4, pp. 186–191. Available at: ejournal.togudv.ru/ejournal/pub/articles/1365/.
10. Cobiax. URL: cobiax.com/intl/en (reference date: 28.09.2015).
11. U-boot. URL: daliform.com/ru/disposable-formwork-for-two-way-lightened-voided-slabs-ru (reference date: 28.09.2013).

12. Pushkarev B.A., Burenina N.B. Journal of Physics: Conference Series, 2021, vol. 1889, art. 022014. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/2/022014.
13. Mironova A.Yu., Falikman V.R. Beton i zhelezobeton , 2022, № 1 (180), pp. 23-28.
14. Azhiguzhayeva A., Basshieva Zh., Malgarayeva Zh. Journal of Environmental Management and Tourism, 2021, vol. 12, № 3 (51), p. 703. DOI: 10.14505/jemt.v12.3(51).10.
15. Konarev S.V., Zhdanova S.M. Aktual'nye voprosy stroitel'stva na Dal'nem Vostoke Rossii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Khabarovsk, 2025, pp. 92-97.
16. Mukhametrakhimov R.Kh., Khuzin A.F. Izvestiya KGASU, 2018, № 3 (45), pp. 228-235.
17. Topchiy D.V., Bolotova A.S., Vorobiev A.S., Atamanenko A.V. Vestnik RUDN, 2019, vol. 20, № 2, pp. 155–162.

Авторы согласны на обработку и хранение персональных данных.

Дата поступления: 19.09.2025

Дата публикации: 25.10.2025