



DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-2-214-227

УДК 624.012.4

## НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВОЗВЕДЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКЕ ИЗ ЦЕМЕНТНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

А.П. Свинцов<sup>1</sup>, А.Р. Коэн<sup>2</sup>, З.А. Бисиев<sup>3</sup>, И.Ю. Арсамаков<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Российский университет дружбы народов (РУДН)

*Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6*

<sup>2</sup> ООО «УК Генстрой»

*Российская Федерация, 109147, Москва, ул. Малая Калитниковская, 7*

<sup>3</sup> ООО «Интергрупп»

*Российская Федерация, 196158, Санкт-Петербург, литер А, Московское шоссе, 13*

Использование несъемной опалубки из цементно-стружечных плит для возведения жилых зданий из монолитного железобетона является одним из эффективных методов современного строительства. В процессе производства строительной продукции, несмотря на жесткий контроль, в конструкциях возможно образование дефектов. В этой связи оценка надежности строительной технологической системы по показателям качества является актуальной задачей. Визуальное обследование строительных конструкций и инструментальное измерение выявленных дефектов выполнено на строительных объектах ООО «УК Генстрой». Это позволило обосновать оценку надежности строительной технологической системы, используемой при возведении жилых зданий из монолитного железобетона в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит. Математическая обработка количественных характеристик качественных параметров выполнена методами математической статистики с обеспеченностью  $\alpha=0,95$ . В результате исследования установлены наиболее часто встречающиеся дефекты строительных конструкций, возведенных с использованием несъемной опалубки из цементно-стружечных плит, а также выявлены причинно-следственные связи их образования. Вероятность одновременного невыполнения задания по параметрам качества хотя бы по одному признаку изменяется от  $Q_{\min} = 0,082$  до  $Q_{\max} = 0,161$  при среднем значении  $Q_{\text{cp}} = 0,119$ . Технологическим регламентом допустимо значение  $Q_{\text{cp}} = 0,2$ . В целом, строительная технологическая система возведения жилых зданий из монолитного железобетона в несъемной цементно-стружечной опалубке соответствует уровню надежности по параметрам качества, установленному проектной документацией.

**Ключевые слова:** опалубка, бетонная смесь, надежность, качество

### Введение

Возведение жилых зданий из монолитного железобетона с использованием несъемной цементно-стружечной опалубки является одним из эффективных методов строительства. В настоящее время среди всех отраслей строительство характеризуется самым высоким уровнем дефектности возводимых конструкций. В этой связи оценка надежности строительной технологической системы по параметрам качества является актуальной научно-технической задачей.

В научной периодической печати широко представлены результаты различных аспектов применения несъемной опалубки из цементно-стружечных плит. Однако ее надежность по показателям качества оказалась вне активного интереса специалистов России и других стран. Это сдерживает решение задач по обеспечению высокого качества продукции, производимой посредством строительной технологической системы возведения жилых зданий в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит.

В результате теоретического и экспериментального исследования выявлены наиболее часто образующиеся дефекты конструкций и установлены причинно-следственные связи их образования. На основе натурных обследований выполнена оценка надежности технологической системы по показателям качества возводимых конструкций.

### **Анализ состояния вопроса**

Жилищное строительство характеризуется широким применением современных строительных технологических систем. Производство бетонных работ на строительной площадке начинается с проектирования и выбора опалубки. Это позволяет обеспечить оптимизацию производства работ, повысить качество конструкций и эффективно использовать опалубку [1]. В монолитном строительстве жилых зданий одним из наиболее эффективных методов является возведение конструкций в несъемной опалубке. В России доля монолитного строительства в несъемной опалубке составляет 8,7% [2]. С учетом особенностей возводимых конструкций применяют несъемную опалубку из армированных, облицовочных, магнетитовых панелей, полистирольных блоков, цементно-стружечных плит и др.

Применение несъемной опалубки позволяет существенно сократить стоимость и сроки строительства, а также значительно уменьшить эксплуатационные затраты. При этом снижение затрат на отделочные работы составляет 35–60% [3]. По сравнению со сборным строительством возведение в несъемной опалубке имеет преимущества: по капитальным вложениям в производственную базу — на 60%, по энергоемкости производства строительной продукции — на 30%, по расходу цемента и арматуры в несущих конструкциях — на 20% [4; 5].

Несъемная опалубка значительно сокращает трудоемкость производства работ при возведении стен и перекрытий из монолитного железобетона [6]. При этом важным достоинством указанной технологической системы является минимальная потребность в строительной технике большой грузоподъемности.

Технологическая система возведения монолитных зданий в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит получила широкое распространение в жилищном строительстве. В малоэтажном строительстве продолжительность возведения отдельно стоящего дома общей площадью 100–250 м<sup>2</sup> составляет 2–3 месяца [7].

Технико-экономическое исследование, результаты которого представлены в [8; 9], позволило полагать, что применение несъемной опалубки из цементно-стружечных плит рационально при возведении зданий средней этажности — от

3 до 5 этажей. Использование этой технологической системы при многоэтажном строительстве не менее эффективно, чем в малоэтажном. В сравнении с кирпичным вариантом домостроения снижаются сроки возведения зданий в 1,5–2 раза, себестоимость уменьшается на 20–30%, а затраты на энергообеспечение при эксплуатации сокращаются до 30% [4].

Несмотря на техническую и экономическую эффективность возведения монолитных зданий, в том числе и в несъемной опалубке, образование производственного брака полностью исключить невозможно. Несъемная опалубка, выполненная из сверхвысокопрочного цементного композита, допускает образование трещин с шириной раскрытия до 0,45 мм. Трещины вызваны расслоением цементной матрицы опалубки, что уменьшает несущую способность конструктивных элементов [10]. На реализацию любого технологического процесса оказывает влияние множество факторов, которые не всегда поддаются регулированию и управлению.

Основные проблемы, возникающие при возведении монолитных железобетонных конструкций, обусловлены особенностями укладки и уплотнения бетонной смеси, а также ее воздействием на цементно-стружечные панели щитов несъемной опалубки [11].

В общем количестве дефектов, возникающих в процессе реализации технологического процесса, наибольшее значение имеют ошибки, связанные с человеческим фактором [12–14]. Дефекты строительных конструкций, возникающие в процессе их возведения, служат основной причиной, обуславливающей около 60% аварий в строительстве [15]. Строительный брак повышает вероятность возникновения аварий в 10 раз по сравнению с проектными данными [16]. Контроль качества бетона и бетонной опалубки посредством мониторинга с использованием интеграционной среды позволяет обеспечить безопасность производства работ при строительстве [17].

Анализ показателей надежности строительных технологических систем говорит о том, что одним из наиболее эффективных методов ее повышения является организация ритмичной работы, исключение простоев и непредвиденных отказов [18; 19]. В результате анализа эмпирических моделей, описывающих вероятностные процессы функционирования технологических систем, установлена статистически значимая экономическая связь между устойчивостью реализации производства и надежностью технологической системы [20]. В целом, технологическая система возведения монолитных железобетонных зданий в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит признана эффективной в техническом, экономическом и энергетическом аспектах. Исследования российских и зарубежных специалистов показывают, что указанная строительная технологическая система позволяет решать важную научно-техническую задачу повышения энергетической и экономической эффективности современного строительства.

Однако в настоящее время вопросы оценки надежности строительных технологических систем исследованы недостаточно. Это сдерживает эффективное решение задач по уменьшению дефективности строительства зданий из монолитного железобетона с применением несъемной опалубки.

## Методы исследования и измерительные приборы

Производственные исследования надежности строительной технологической системы выполнены на строительных площадках ООО «УК Генстрой». Камеральные исследования, математическая обработка и научный анализ данных выполнены в Российском университете дружбы народов.

При исследовании использовались следующие методы: визуальный осмотр возведенных конструкций; инструментальные измерения выявленных дефектов; обобщение данных дефектных ведомостей и результатов инструментальных измерений; статистическая обработка количественных параметров, характеризующих дефекты по их видам; оценка надежности технологической системы по показателям качества.

Визуальное обследование возведенных конструкций выполнено для выявления дефектов, образовавшихся в процессе реализации технологических процессов. Визуальное обследование выполнено в дневное время суток при естественном освещении, а при необходимости использована локальная подсветка. При визуальном обследовании использована фотофиксация типичных и наиболее значимых дефектов.

Инструментальные измерения выполнены для получения количественных данных, характеризующих образовавшиеся дефекты в процессе реализации технологических процессов. Для непосредственного измерения использованы следующие инструменты и приборы: металлическая линейка длиной  $l_l = 30$  см с ценой деления 1 мм; мерная лента (рулетка) длиной  $l_p = 5$  м с ценой деления 1 мм; угольник строительный с ценой деления 1 мм; измеритель времени распространения звука «Пульсар-1.1»; правило-уровень длиной  $l_n = 2,5$  м.

При исследовании использован опытно-статистический метод оценки показателей надежности строительной технологической системы. Опытно-статистические методы основаны на использовании данных непосредственных измерений параметров качества строительных конструкций (рис. 1).

На конструкциях с выявленными дефектами выполнены инструментальные измерения следующих параметров:

— длина трещин, ширина их раскрытия и глубина развития;



а



б

**Рис. 1.** Инструментальные измерения образовавшихся дефектов: а — сквозная трещина в щите опалубки; б — выпуклость вертикальной конструкции  
[Fig. 1. Instrumental measurements of the formed defects: а — through crack in formwork panel; б — convex curvature of vertical structure]

- длина, ширина и наибольшая глубина сколов щитов опалубки;
- объемная деформация конструкций;
- адгезия щитов цементно-стружечной опалубки к бетону;
- размеры расслоения щитов опалубки.

Обобщение данных визуального обследования и инструментальных измерений выполнено на основе классификации качественных признаков и количественных характеристик дефектов.

Математическая обработка полученных данных выполнена по известным методикам теории вероятности и математической статистики с определением средних значений, стандартных отклонений и доверительных интервалов с обеспеченностью  $\alpha = 0,05$ .

Оценка надежности строительной технологической системы выполнена на основе определения и оценки вероятности выполнения задания (вероятности безотказной работы) по параметрам качества. Оценка технологической системы по параметрам качества выполнена с условием вероятности выхода одного из показателей качества изготовленной продукции за пределы, установленные в конструкторской и технологической документации. В соответствии с ГОСТ 27.202-83 в общем виде вероятность выполнения задания по  $j$ -му показателю качества произведена по формуле

$$P_j(t) = \frac{N - n_j(t)}{N}, \quad (1)$$

где  $n_j(t)$  — количество элементов, изготовленных с дефектом контролируемого параметра;  $N$  — количество обследованных строительных конструкций по  $j$ -му параметру качества;  $t$  — параметр качества возведенной конструкции (трещина, скол опалубки и др.).

Оценка вероятности невыполнения задания одновременно по  $k$  параметрам качества произведена по формуле

$$Q_{1...k}(t) = 1 - P_j(t). \quad (2)$$

Для дефектов монолитных железобетонных конструкций, возводимых в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит, характерно нормальное распределение. В соответствии с ГОСТ 27.202—83 доверительный интервал определен по плану:

$$P\left(\bar{x} - \frac{t_\gamma S}{\sqrt{n}} < a < \bar{x} + \frac{t_\gamma S}{\sqrt{n}}\right) = \gamma, \quad (3)$$

где  $t_\gamma$  — квантиль распределения Стьюдента, определяемый для заданной доверительной вероятности  $\gamma$ , зависящий от уровня значимости  $\alpha = 1 - \gamma$  и числа степеней свободы  $k = n - 1$ ;  $S$  — среднеквадратическое отклонение по выборке.

Исследуемый параметр  $a$  подчиняется нормальному закону распределения, и его доверительный интервал определен по формуле

$$I_s = \left( S \sqrt{\frac{n-1}{\chi_1^2}} < s < S \sqrt{\frac{n-1}{\chi_2^2}} \right), \quad (4)$$

где  $\chi_1^2, \chi_2^2$  — значения критерия согласия Пирсона, определяемые в зависимости от вероятности  $P$  и числа степеней свободы  $k = n - 1$ .

Вероятность  $P$  определяется по формуле

$$P = \begin{cases} \frac{1-\gamma}{2} & \text{для } \chi_1^2 \\ 1 - \frac{1-\gamma}{2} & \text{для } \chi_2^2 \end{cases}, \quad (5)$$

где  $\gamma$  — доверительная вероятность, принимаемая в зависимости от уровня требований, предъявляемых к качеству строительной продукции.

Использование указанных методов исследования и измерительных приборов позволило получить достоверные данные и статистически значимые результаты, характеризующие надежность строительной технологической системы возведения жилых зданий из монолитного железобетона в несъемной цементно-стружечной опалубке.

### Результаты и их обсуждение

Строительная технологическая система возведения зданий с использованием несъемной опалубки из цементно-стружечных плит, применяемая строительной компанией ООО «УК Генстрой», является одной из разновидностей монолитного домостроения. Система несъемной опалубки состоит из щитов, выполненных из цементно-стружечных плит толщиной 24 мм, соединенных между собой стальными элементами. Блоки несъемной опалубки поступают на строительную площадку, где их устанавливают в проектное положение (рис. 2). После установки, соединения и закрепления блоков стен и перекрытий в узлы их заполняют бетонной смесью с уплотнением и выдерживанием в соответствии с технологическим регламентом.

При реализации технологических процессов в полном соответствии с технологическими регламентами возведенные конструкции готовы к внутренним санитарно-техническим, электротехническим и отделочным работам. При этом в мокрых штукатурных работах нет необходимости. Поверхности конструкций сразу готовы к оклейке обоями или покраске.

На строительную технологическую систему оказывает влияние множество случайных и неуправляемых факторов. Реализация технологических процессов любой технологической системы не исключает возникновения дефектов на возведенных конструкциях и элементах. Несмотря на жесткий контроль за выполнением технологических процессов, полностью исключить образование брака невозможно. Тем не менее задача повышения надежности технологической системы по параметрам качества является важной и актуальной задачей строительства.



**Рис. 2.** Несъемная опалубка в рабочем положении  
[**Fig. 2.** Stay-in-place formwork in position]

В результате визуального обследования конструкций и инструментальных измерений выявлены следующие дефекты:

- расхождение стыков цементно-стружечных плит опалубки стен и потолков;
- сквозная вертикальная трещина в цементно-стружечной плите на всю ее высоту с шириной раскрытия 12 мм;
- несквозная наклонная трещина с неравномерным по длине раскрытием, составляющим от менее 1 мм до 8 мм;
- несквозная вертикальная трещина в цементно-стружечной плите на всю ее высоту с шириной раскрытия до 9 мм;
- сквозная вертикальная трещина в цементно-стружечной плите с протяженностью меньше, чем ее высота, с шириной раскрытия до 7 мм;
- сквозная одиночная наклонная трещина с неравномерным по длине раскрытием до 6 мм;
- выпуклость вертикальной конструкции.

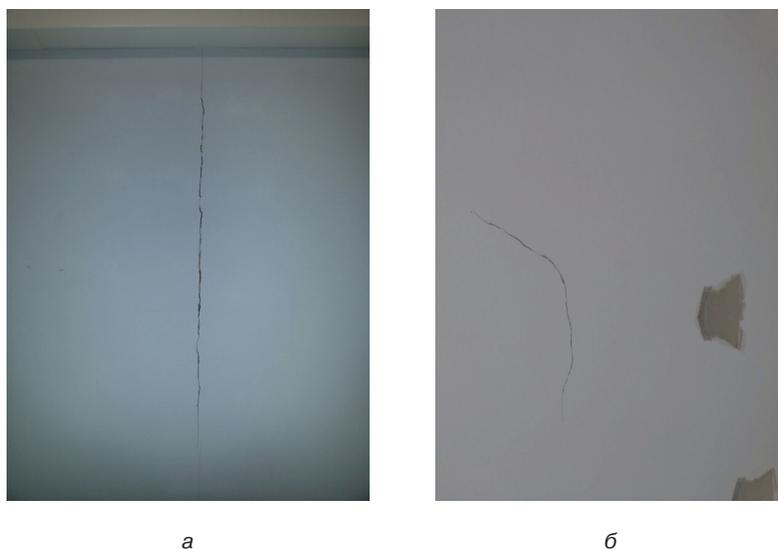
На рисунке 3 представлены фрагменты вертикальных конструкций с трещинами в цементно-стружечной панели опалубки.

В результате визуального осмотра конструкции установлено, что выпуклости стены видны без инструментальных измерений. При этом ультразвуковым обследованием нарушение адгезии бетона к щитам опалубки не выявлено.

Анализ результатов визуального обследования и инструментальных измерений позволил выявить причинно-следственные связи образования дефектов возведенных строительных конструкций.

Сквозная и несквозная вертикальные трещины в щите опалубки из цементно-стружечной плиты образованы в результате проявления скрытых дефектов. Скрытые дефекты щитов опалубки образованы вне реализации технологических процессов и, как правило, вне строительной площадки. Наиболее вероятные причина образования указанных трещин — возникновение микротрещин в теле

цементно-стружечной плиты в результате внешнего механического воздействия (удара, изгиба и др.) при складировании, транспортировке или изготовлении блоков несъемной опалубки. В процессе укладки и уплотнения бетонной смеси в построечных условиях возрастает механическая нагрузка на щиты опалубки, что приводит к развитию скрытых микротрещин в сквозные и несквозные трещины, длина которых, как правило, равна размеру панели. Более точно причинно-следственные связи можно будет установить в результате дополнительных исследований логической цепочки технологической системы в целом.



**Рис. 3.** Трещины в щитах опалубки: а — сквозная вертикальная трещина на всю высоту панели; б — несквозная наклонная трещина в цементно-стружечной панели опалубки  
[**Fig. 3.** Cracks in formwork panels: a — through vertical crack to the full height of the panel; б — part-through inclined crack in the cement boards of the formwork]

Наклонные трещины в щитах цементно-стружечной опалубки и выпуклости в возведенных конструкциях образованы из-за повышенных нагрузок распора при укладке и уплотнении бетонной смеси на строительной площадке. Установлено, что нарушение технологического регламента укладки бетонной смеси, приводящее к нарушению геометрических параметров возводимых конструкций, наиболее часто происходит при использовании бетононасосов. При укладке бетонной смеси по схеме «кран—бадья» образование выпуклостей на конструкциях не выявлено.

Анализ дефектных ведомостей и протоколов обследования показывает, что выявленные дефекты не являются критическими и не влияют на безопасность эксплуатации здания. В то же время выявленные дефекты подлежат устранению, что является дополнительной работой, увеличивающей себестоимость продукции.

В результате выполненного исследования установлено, что вероятность выполнения задания по параметрам качества реализации технологических процессов изменяется:

— по расхождению стыков цементно-стружечных плит опалубки от  $P_{\min}^j = 0,821$  до  $P_{\max}^j = 0,917$  при среднем значении  $P_{\text{cp}}^j = 0,872$ ;

— образованию продольных и поперечных трещин на весь размер цементно-стружечной панели от  $P_{\min}^{in} = 0,839$  до  $P_{\max}^{in} = 0,911$  при среднем значении  $P_{\text{ср}}^{in} = 0,870$ ;

— образованию наклонных трещин в цементно-стружечной панели опалубки от  $P_{\min}^l = 0,815$  до  $P_{\max}^l = 0,910$  при среднем значении  $P_{\text{ср}}^l = 0,867$ ;

— образованию выпуклостей на поверхностях возведенных конструкций от  $P_{\min}^v = 0,881$  до  $P_{\max}^v = 0,931$  при среднем значении  $P_{\text{ср}}^v = 0,904$ .

Вероятность одновременного невыполнения задания по параметрам качества хотя бы по одному признаку изменяется от  $Q_{\min} = 0,082$  до  $Q_{\max} = 0,161$  при среднем значении  $Q_{\text{ср}} = 0,119$ . При этом максимальное значение технологического отказа приходится на дефекты внеплощадочного первообразования.

Анализ результатов визуального обследования конструкций, инструментального измерения выявленных дефектов и математическая обработка их численных характеристик показывает, что строительная технологическая система возведения зданий из монолитного железобетона с использованием несъемной опалубки из цементно-стружечных плит соответствует предусмотренному технологическим регламентом уровню надежности по параметрам качества.

### Заключение

Повышение качества строительных конструкций жилых зданий является одной из важнейших задач современного строительства. В связи с этим оценка надежности строительной технологической системы возведения жилых зданий из монолитного железобетона является актуальной задачей.

В результате натурных обследований возведенных строительных конструкций и инструментальных измерений установлено:

1) наиболее часто образуются следующие дефекты: продольные сквозные трещины в щитах цементно-стружечной опалубки с шириной раскрытия до 12 мм; наклонные несквозные трещины в щитах опалубки с шириной раскрытия от 1 мм до 8 мм; выпуклость вертикальной конструкции;

2) сквозные трещины в щитах опалубки образуются как развитие микротрещин, возникших в результате механического воздействия вне реализации технологического процесса по укладке и уплотнению бетонной смеси;

3) наклонные трещины в щитах опалубки и выпуклости в конструкциях образуются в процессе уплотнения бетонной смеси с нарушением технологических регламентов при использовании бетононасосов для ее укладки;

4) вероятность одновременного невыполнения задания по параметрам качества хотя бы по одному признаку изменяется от  $Q_{\min} = 0,082$  до  $Q_{\max} = 0,161$  при среднем значении  $Q_{\text{ср}} = 0,119$ ; технологическим регламентом допустимо значение  $Q_{\text{ср}} = 0,2$ ;

5) в целом, строительная технологическая система возведения жилых зданий из монолитного железобетона в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит характеризуется как соответствующая заданному уровню надежности по параметрам качества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] *Krawczyńska-Piechna A.* Comprehensive Approach to Efficient Planning of Formwork Utilization on the Construction Site // *Procedia Engineering*. 2017. V. 182. Pp. 366–372. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.114>
- [2] *Абрамян С.Г., Ахмедов А.М., Халилов В.С., Уманцев Д.А.* Развитие монолитного строительства и современные опалубочные системы // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2014. № 36 (55). С. 231–239.
- [3] *Рязанова Г.Н., Камбург В.Г.* Моделирование технологии возведения самонесущих ограждающих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит // *Региональная архитектура и строительство*. 2009. № 1. С. 74–78.
- [4] *Рязанова Г.Н., Баранова Т.И., Ткаченко А.Н.* Инвестиционно привлекательные технологии возведения теплоэффективной ограждающей конструкции в несъемной опалубке // *Научный журнал строительства и архитектуры*. 2008. № 2. С. 86–93.
- [5] *Рязанова Г.Н., Камбург В.Г.* Совершенствование технологии возведения ограждающих конструкций в несъемной опалубке. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2010. 167 с.
- [6] *Scott B., Wahab N., Al-Mayah A., Soudki K.A.* Effect of stay-in-place PVC formwork panel geometry on flexural behavior of reinforced concrete walls. *Structures*. 2016. V. 5. P. 123–130.
- [7] *Сахаров Г.П., Стрельбицкий В.П.* Материалы и технологии в малоэтажном строительстве // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века*. 2012. № 5 (160). С. 22–27.
- [8] *Девятникова Л.А., Емельянова Е.Г., Кузьменков А.А., Симонова А.А.* Исследование технико-экономических параметров при выборе технологии возведения ограждающих конструкций индивидуальных жилых домов // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. 2015. № 4 (149). С. 82–89.
- [9] *Андреев А.А., Колесников Г.Н.* Совершенствование технологии использования отходов лесопильных предприятий в производстве древесно-цементных материалов для малоэтажного строительства // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 68 (часть 6). С. 1139–1143.
- [10] *Huang Bo-Tao, Li Qing-Hua, Xu Shi-Lang, Li Chen-Fei.* Development of reinforced ultra-high toughness cementitious composite permanentformwork: Experimental study and Digital Image Correlation analysis. *CompositeStructures*. 2017. V. 180. Pp. 892–903. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.08.016>
- [11] *Рязанова Г.Н., Камбург В.Г.* Описание и модельный подход в технологии возведения самонесущих ограждающих конструкций из крупнопористого керамзитобетона в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит // *Вестник Хмельницкого национального университета*. Технические науки. 2014. № 3 (213). С. 183–187.
- [12] *Тамразян А.Г., Булгаков С.Н., Рахман И.А., Степанов А.Ю.* Снижение рисков в строительстве при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. М.: Изд-во АСВ, 2012. 297 с.
- [13] *Kh. Makhmud, Svintsov A.P.* Reliability of technological systems of building construction in permanent EPS formwork // *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2017. V. 4. I. 11. Pp. 94–98. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2017.011.014>
- [14] *Свинцов А.П., Панин О.В.* Надежность технологической системы возведения монолитных железобетонных стен // *Вестник Российского университета дружбы народов*. Серия: Инженерные исследования. 2011. № 2. С. 43–47.
- [15] *Байбурин А.Х.* Обеспечение качества и безопасности возводимых гражданских зданий. М.: АСВ, 2015. 335 с.
- [16] *Байбурин А.Х.* Оценка вероятности аварии с учетом ошибок участников строительства // *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. Серия: Строительство и архитектура. 2015. Т. 15. № 1. С. 10–13.

- [17] Moon S., Choi E., Yang B. Holistic integration based on USN technology for monitoring safety during concrete placement. *Automation in Construction*. 2015. V. 57. Pp. 112—119. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.05.001>
- [18] *Абдуллаев Г.И.* Основные направления повышения надежности строительных процессов // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. № 4. С. 59—60.
- [19] *Nazarko L.* Technology Assessment in Construction Sector as a towards Sustainability. *Procedia Engineering*. 2015. V. 122. Pp. 290—295.
- [20] *Nightingale P.* Technological capabilities, invisible infrastructure and the un-social construction of predictability: the overlooked fixed costs of useful research. *Research Policy*. 2004. V. 33. I. 9. Pp. 1259—1284.

© Свинцов А.П., Коэн А.Р., Бисиев З.А., Арсамаков И.Ю., 2017

### **История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 15 ноября 2017

Дата принятия к печати: 10 апреля 2018

\*\*\*

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по Программе повышения конкурентоспособности РУДН «5-100» среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2016—2020 гг.

\*\*\*

### **Для цитирования:**

*Свинцов А.П., Коэн А.Р., Бисиев З.А., Арсамаков И.Ю.* Надежность технологической системы возведения жилых зданий в несъемной опалубке из цементно-стружечных плит // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования.* 2018. Т. 19. № 2. С. 214—227. DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-2-214-227

### **Сведения об авторах:**

*Свинцов Александр Петрович* — профессор, доктор технических наук, профессор департамента архитектуры и строительства Инженерной академии, Российский университет дружбы народов. *Область научных интересов:* теория и практика организационно-технологических, экономических решений в строительстве и инженерном оборудовании. *Контактная информация:* e-mail: svintsovap@rambler.ru

*Коэн Арсений Романович* — кандидат технических наук, генеральный директор ООО «УК Генстрой». *Область научных интересов:* организация строительного производства. *Контактная информация:* e-mail: Arkoen@if-capital.ru

*Бисиев Зураб Алиевич* — генеральный директор ООО «Интергрупп». *Область научных интересов:* организация строительного производства. *Контактная информация:* e-mail: ZABisiev@if-capital.ru

*Арсамаков Ибрагим Юсупович* — заместитель генерального директора ООО «Интергрупп». *Область научных интересов:* организация строительного производства. *Контактная информация:* e-mail: IYArsamakov@if-capital.ru

## RELIABILITY OF CONSTRUCTING RESIDENTIAL BUILDINGS USING STAY-IN-PLACE CEMENT BOARD FORMING TECHNOLOGY

A.P. Svintsov<sup>1</sup>, A.R. Koen<sup>2</sup>, Z.A. Bisiev<sup>3</sup>, I.Y. Arsamakov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)  
6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation

<sup>2</sup> LLC "UK Genstroy"  
7, Malaya Kalitnikovskaya str., Moscow, 109147, Russian Federation

<sup>3</sup> LLC "Inter Group"  
13, Moscow highway, l. A, Saint-Petersburg, 196158, Russian Federation

**Abstract.** Using stay-in-place cement board forms for construction of residential buildings of reinforced concrete is one of the effective methods of modern construction. In the process of production of construction materials despite tight control some defects in structures may form. In this regard, the reliability assessment of the construction technology in terms of quality is an essential task. To assess the reliability of the construction technology the methods of visual examination of building structures and instrumental measurement of detected defects were used. Mathematical processing of the quantitative characteristics of the qualitative parameters is performed by methods of mathematical statistics with the confidence  $\alpha = 0,95$ . The study established the most common defects of building structures erected with the stay-in-place cement board forms, as well as identified the cause-and-effect relationships of their formation. The probability of simultaneous failure of the task by the quality parameters of at least one characteristic varies from  $Q_{\min} = 0,082$  to  $Q_{\max} = 0,161$  with the average value  $Q_{cp} = 0,119$ , the admissible value specified in building code being  $Q_{\min} = 0,2$ . Overall, the technology of constructing reinforced concrete residential buildings with stay-in-place cement board forms corresponds to the level of reliability according to the quality parameters set by the project documentation.

**Key words:** formwork, concrete mix, reliability, quality

### REFERENCES

- [1] Krawczyńska-Piechna A. Comprehensive Approach to Efficient Planning of Formwork Utilization on the Construction Site. *Procedia Engineering*. 2017. V. 182. P. 366–372. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.114>
- [2] Abramjan S.G., Ahmedov A.M., Halilov V.S., Umancev D.A. Razvitie monolitnogo stroitel'stva i sovremennye opalubochnye sistemy. *Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture*. 2014. No. 36 (55). P. 231–239. (in Russ.)
- [3] Rjazanova G.N., Kamburg V.G. Modelirovanie tekhnologii vozvedeniya samonesushchikh ograzhdayushchikh konstruksii iz krupnoporistogo keramzitobetona v nes'emnoi opalubke iz tsementno-struzhechnykh plit. *Regional'naja arhitektura i stroitel'stvo*. 2009. No. 1. P. 74–78. (in Russ.)
- [4] Rjazanova G.N., Baranova T.I., Tkachenko A.N. Investitsionno privlekatel'nye tekhnologii vozvedeniya teploeffektivnoi ograzhdayushchei konstruksii v nes'emnoi opalubke. *Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury*. 2008. No. 2. P. 86–93. (in Russ.)
- [5] Rjazanova G.N., Kamburg V.G. Sovershenstvovanie tekhnologii vozvedeniya ograzhdayushchikh konstruksii v nes'emnoi opalubke. Penza: PGUAS Publ., 2010. 167 p. (in Russ.)
- [6] Scott B., Wahab N., Al-Mayah A., Soudki K.A. Effect of stay-in-place PVC formwork panel geometry on flexural behavior of reinforced concrete walls. *Structures*. 2016. V. 5. P. 123–130.
- [7] Saharov G.P., Strel'bickij V.P. Materialy i tekhnologii v malojetazhnom stroitel'stve. *Construction materials, the equipment, technologies of XXI century*. 2012. No. 5 (160). P. 22–27. (in Russ.)

- [8] Devjatnikova L.A., Emel'janova E.G., Kuz'menkov A.A., Simonova A.A. Issledovanie tehniko-jekonomicheskikh parametrov pri vybore tehnologii vozvedeniya ogradhdajushhih konstrukcij individual'nyh zhilyh domov. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. No. 4 (149). P. 82—89. (in Russ.)
- [9] Andreev A.A., Kolesnikov G.N. Sovershenstvovanie tehnologii ispol'zovaniya othodov lesopil'nyh predpriyatij v proizvodstve drevessno-cementnyh materialov dlja malojetazhnogo stroitel'stva. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. No. 68 (6). P. 1139—1143. (in Russ.)
- [10] Huang Bo-Tao, Li Qing-Hua, Xu Shi-Lang, Li Chen-Fei. Development of reinforced ultra-high toughness cementitious composite permanent formwork: Experimental study and Digital Image Correlation analysis. *Composite Structures*. 2017. V. 180. P. 892—903. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.08.016>.
- [11] Rjanzanova G.N., Kamburg V.G. Opisaniye i model'nyi podkhod v tekhnologii vozvedeniya samonesushchikh ogradhdajushchikh konstruktsii iz krupnoporistogo keramzitobetona v nes'mno opalubke iz tsementno-struzhechnykh plit. *Vestnik Hmel'nickogo nacional'nogo universiteta. Tehnicheskie nauki*. 2014. No. 3 (213). P. 183—187. (in Russ.)
- [12] Tamrazjan A.G., Bulgakov S.N., Rahman I.A., Stepanov A.Ju. Snizhenie riskov v stroitel'stve pri chrezvychajnyh situacijah prirodnoho i tehnogennogo haraktera. Moscow: ASV Publ., 2012. 297 p. (in Russ.)
- [13] Kh. Makhmud, Svintsov A.P. Reliability of technological systems of building construction in permanent EPS formwork. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2017. V. 4. I. 11. Pp. 94—98. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2017.011.014>
- [14] Svintsov A.P., Panin O.V. Nadezhnost' tehnologicheskoy sistemy vozvedeniya monolitnyh zhelezobetonnyh sten. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2011. No. 2. P. 43—47. (in Russ.)
- [15] Bajburin A.Kh. Obespechenie kachestva i bezopasnosti vozvodimyh grazhdanskih zdaniy. Moscow: ASV Publ., 2015. 335 p. (in Russ.)
- [16] Bajburin A.Kh. Construction accident ts probability estimate taking into account errors of construction participants. *Bulletin of the South Ural State University Series "Construction Engineering and Architecture"*. 2015. Vol. 15. No. 1. P. 10—13. (in Russ.)
- [17] Moon S., Choi E., Yang B. Holistic integration based on USN technology for monitoring safety during concrete placement. *Automation in Construction*. 2015. V. 57. P. 112—119. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.05.001>
- [18] Abdullayev G.I. The main directions of building processes reliability improving. *Magazine of civil engineering*. 2010. No. 4(14). P. 59—60. (in Russ.)
- [19] Nazarko L. Technology Assessment in Construction Sector as a towards Sustainability. *Procedia Engineering*. 2015. V. 122. P. 290—295.
- [20] Nightingale P. Technological capabilities, invisible infrastructure and the un-social construction of predictability: the overlooked fixed costs of useful research. *Research Policy*. 2004. V. 33. No. 9. P. 1259—1284.

#### Article history:

Received: November 15, 2017

Accepted: April 10, 2018

\*\*\*

The research was conducted with financial support from Ministry of Education and Science of the Russian Federation through Project 5-100 of improving academic status of RUDN University among the leading educational centres in the world over 2016—2020 period.

\*\*\*

#### For citation:

Svintsov A.P., Koen A.R., Bisiev Z.A., Arsamakov I.Y. (2018). Reliability of constructing residential buildings using stay-in-place cement board forming technology. *RUDN Journal of Engineering Researches*, 19(2), 214—227. DOI 10.22363/2312-8143-2018-19-2-214-227

**Bio not:**

*Alexander P. Svintsov* — Professor, Doctor of Science, Professor of the Department of Architecture & Civil Engineering, Academy of Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Research interests:* theory and practice of organizational-technological and economic solutions in construction and engineering equipment. *Contact information:* e-mail: svintsovap@rambler.ru

*Arseny Koen* — Candidate of Science, CEO LLC “UK Genstroy”. *Research interests:* construction management. *Contact information:* e-mail: Arkoen@if-capital.ru

*Zurab Bisiev* — Founder & CEO LLC “InterGroup”. *Research interests:* construction management. *Contact information:* e-mail: ZABisiev@if-capital.ru

*Ibrahim Arsamakov* — Deputy CEO LLC “InterGroup”. *Research interests:* construction management. *Contact information:* e-mail: IYArsamakov@if-capital.ru