

## Формирование организационно-технологических решений усиления железобетонных колонн при реконструкции зданий и сооружений

*О. В. Оганесян, С. Г. Абрамян, О. В. Бурлаченко*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Аннотация:** В статье отмечается важность выбора оптимальных организационно-технологических решений усиления железобетонных колонн на основе многокритериальности. Рассматривается несколько технологий усиления колонн. В качестве инновационных технологий рассматриваются опалубочные системы, разработанные авторами (пневматическая опалубка и универсальная опалубка-трансформер), и усиление с помощью углепластиковой ламели. Предлагаются критерии по выбору оптимальных организационно-технологических решений усиления колонн: количество технологических процессов; общие трудозатраты усиления колонн; стоимость трудозатрат усиления колонн; оборачиваемость опалубочных систем; цена опалубочных систем с учетом оборачиваемости; коэффициенты, оценивающие монтажную технологичность устройства и распалубки опалубочных систем. Разработан алгоритм выбора оптимальной технологии, отмечается сложность выбора без применения компьютерных программ, в связи с чем планируется разработать программу ЭВМ.

**Ключевые слова:** усиление колонн, многокритериальность, оптимальный выбор, технологии, структуризация, экспертные оценки, алгоритм выполнения.

Вопросы вариантного формирования организационно-технологических решений в строительстве имеют особую актуальность, так как связаны с надежностью выполнения работ и рассматриваются в научных публикациях как отечественных [1—5], так и зарубежных [6, 7] ученых. Анализ указанных исследований, а также работ [8, 9] показывает, что они имеют узкоспециализированную направленность, так как рассматривается вариантное формирование организационно-технологических решений некоторых составляющих строительного производства. Многокритериальное формирование организационно-технологических решений такой динамической системы, как строительное производство очень сложная задача, поэтому должно осуществляться на комплексной основе с применением программ ЭВМ.

В данной статье для вариантного формирования организационно-технологических решений усиления железобетонных колонн рассмотрены

---

традиционные технологии с применением мелкощитовой опалубки и опалубки-облицовки, инновационной безопалубочной технологии усиления колонн с помощью композитной углепластиковой ламели FibARM Resin, а также с помощью разработанных авторским коллективом [10,11] пневматической опалубочной системы и универсальной опалубки — трансформера.

Целью данной работы является выбор наиболее оптимального технологического решения усиления железобетонной колонны при реконструкции зданий и сооружений из перечисленных выше технологий.

Для достижения цели выявлены необходимые критерии для сравнения рассматриваемых технологий; разработан алгоритм выбора наиболее оптимального технологического решения.

Для выявления критериев оптимального технологического решения усиления железобетонных колонн рассмотрены традиционные (усиление колонн с применением мелкощитовой деревянной опалубки и с помощью опалубки-облицовки) и инновационные технологии (безопалубочная технология усиления колонн с помощью композитной углепластиковой ламели FibARM Resin и с помощью разработанных опалубочных систем: пневматической опалубки [10] и универсальной опалубочной системы [11]).

Далее выполнялась структуризация каждой из рассматриваемых технологий на отдельные технологические процессы и операции. На рис. 1 приведена диаграмма, показывающая количество технологических процессов.

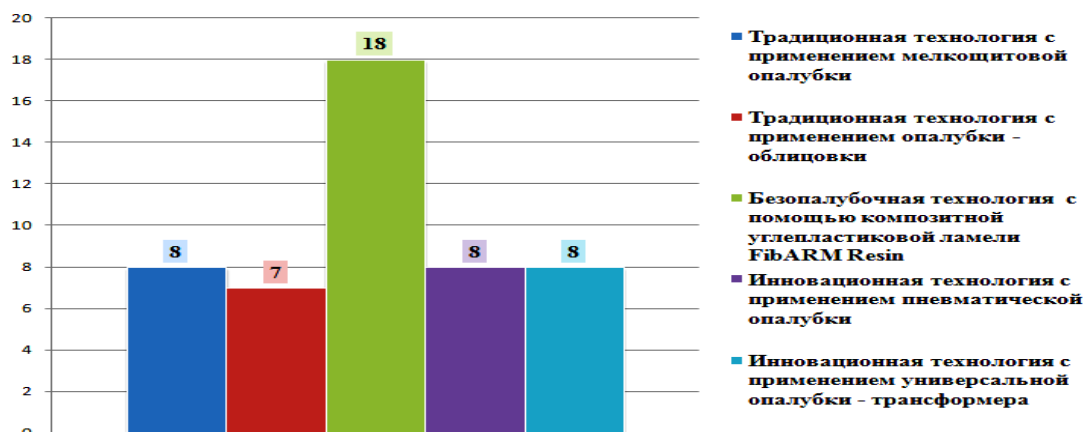


Рис. 1. — Сравнение анализируемых технологий усиления железобетонных колонн по количеству технологических процессов

Иновационная безопалубочная технология усиления колонн с помощью композитной углепластиковой ламели FibARM Resin по этому критерию намного уступает всем остальным рассмотренным технологиям, значит, и по общим трудозатратам усиления колонн, по стоимости трудозатрат и т. д. Поэтому очень важно выяснить также, какие из рассматриваемых критериев имеют первоначальные значения, т. е. необходимо определить коэффициенты относительной важности самих критериев.

В целом на данном этапе исследования для выбора оптимальных организационно-технологических решений усиления железобетонных колонн предлагается использовать следующие критерии: количество технологических процессов; общие трудозатраты усиления колонн; стоимость трудозатрат усиления колонн; оборачиваемость опалубочных систем; цена опалубочных систем с учетом оборачиваемости; коэффициенты, оценивающие монтажную технологичность устройства и распалубки опалубочных систем (по формулам, приведенным в классических учебных изданиях по технологии строительного производства) и т. д., которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Критерии по выявлению организационно-технологических решений  
усиления железобетонных колонн

№ п/п	Наименование критерия	Показатели оптимальности	Рейтинговый коэффициент
1	Количество технологических процессов	Чем меньше, тем лучше	2
			3
			5
2	Общие трудозатраты на усиление колонн	Чем меньше, тем лучше	2
			3
			5
3	Стоимость трудозатрат усиления колонн	Чем меньше, тем лучше	2
			3
			5
4	Оборачиваемость опалубочных систем	Чем больше, тем лучше	2
			3
			5
5	Цена опалубочных систем	Чем меньше, тем лучше	2
			3
			5
6	Коэффициент технологичности установки опалубки $K_{му}$ $K_{му} = T_{вз} / T_{ус},$ где $T_{вз}$ — продолжительность устройства и распалубки опалубочной системы; $T_{ус}$ — общая продолжительность усиления колонны	Чем меньше, тем лучше	2
			3
			5
7	Коэффициент технологичности выполнения стыков опалубки $K_{мв} = Q_c / Q_k,$ где $Q_c$ — трудоемкость соединения отдельных щитов опалубки; $Q_k$ — общая трудоемкость устройства и распалубки опалубочной системы	Чем меньше, тем лучше	2
			3
			5

Каждому рейтинговому коэффициенту (или баллу) соответствует своя шкала ( $O_{\min}$  —  $O_{\max}$ ), которая определяется методом экспертных оценок.

Разработанный алгоритм вариантного формирования организационно-технологических решений усиления колонн при реконструкции зданий и сооружений состоит из основных (пяти) подсистем и представлен на рис. 2.



Рис. 2. — Алгоритм вариантного формирования организационно-технологических решений усиления колонн при реконструкции зданий и сооружений

В заключение отметим, что разработанный алгоритм вариантного формирования организационно-технологических решений усиления железобетонных колонн, хотя имеет узкоспециализированную направленность, позволяет более точно выбрать не только оптимальную

технологии выполнения работ, но и совершенствовать существующие подходы. Далее планируется увеличить не только количество критериев, но и применяемые опалубочные системы и разработать программу ЭВМ по выбору оптимальной, т. е. энергоэффективной технологии усиления железобетонных колонн при реконструкции строительных систем.

### Литература

1. Вайсман С.М., Байбурын А.Х. Разработка организационно-технологических решений в строительстве с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ) // Вестник ЮУрГУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2016. Т.16, № 4. С. 21-28.
2. Костюченко В.В. Основы формирования организационно-технологических строительных систем // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2015. Вып. 1(37). Ст. 15. URL: [vestnik.vgasu.ru](http://vestnik.vgasu.ru)
3. Костюченко В. В. Управление процессом повышения эффективности организационно-технологических строительных систем // Инженерный вестник Дона, 2012, №1 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/735/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/735/).
4. Лapidус А.А., Жунин А.А. Моделирование и оптимизация организационно-технологических решений при возведении энергоэффективных ограждающих конструкций в гражданском строительстве // Вестник МГСУ. 2016. № 5. С. 59-71.
5. Костюченко В. В. Организационно-технологические системы в монолитном домостроении // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2305/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2305/).
6. Antoniou F., Aretoulis G. A multi-criteria decision-making support system for choice of method of compensation for highway construction contractors in Greece. International Journal of Construction Management. 2019. Vol. 19 (Iss. 6), pp. 492-508.

7. Mohandes SR, Zhang XQ. Towards the development of a comprehensive hybrid fuzzy-based occupational risk assessment model for construction workers. *Safety Science*. 2019. Vol. 115, pp. 294-309.

8. Султанова И. П. Анализ методов планирования, управления и разработки организационно-технологических решений в проектах капитального строительства // *Вестник МГСУ*. 2015. № 7. С.127-136.

9. Мухаметзянов З. Р., Разяпов Р. В. Разработка организационных решений на основе технологического взаимодействия между строительными работами и процессами // *Научный журнал строительства и архитектуры*. 2018. № 1 (49). С.65-71.

10. Abramyan S. G., Polyakov V. G., Oganessian O. V. Pneumatic formwork used in strengthening of structural elements during reconstruction of buildings and structures. *MATEC Web of Conferences*. Vol. 129: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017). 2017. - 4 p. - URL: [matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2017/43/matecconf\\_icmtmte2017\\_05001.pdf](http://matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2017/43/matecconf_icmtmte2017_05001.pdf).

11. Abramyan S. G., Burlachenko O. V., Oganessian O. V. Multi-Purpose Forming System for Strengthening Structural Elements of Buildings and Works. *Materials and Technologies in Construction and Architecture*. International Conference on Construction and Architecture: Theory and Practice of Industry Development (CATPID-2018). 2018. Vol. 931, pp. 405-410. – URL: [scientific.net/MSF.931.405/](http://scientific.net/MSF.931.405/). -DOI:10.4028/www.scientific.net/MSF.931.4052018.

### References

1. Vaysman S. M., Bayburin A. Kh. *Vestnik JuUrGU. Ser.: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2016. Vol. 16. № 4. pp. 21-28.

2. Kostyuchenko V. V. *Internet-Vestnik VolgGASU (Rus)*, 2015. № 1(37), p.15.



3. Kostyuchenko V. V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/735/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/735/).
4. Lapidus A. A., Zhunin A. A. Vestnik MGSU (Rus). 2016. № 5. pp. 59-71.
5. Kostyuchenko V. V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2305/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2305/).
6. Antoniou F., Aretoulis G. International Journal of Construction Management. 2019. Vol. 19 (Iss. 6), pp. 492-508.
7. Mohandes SR, Zhang XQ. Safety Science. 2019. Vol. 115, pp. 294-309.
8. Sultanova I. P. Vestnik MGSU (Rus). 2015. № 7. pp. 127-136.
9. Mukhametzyanov Z. R., Razyapov R. V. Nauchnyj zhurnal stroitel'stva i arhitektury. 2018. № 1 (49). pp. 65-71.
10. Abramyan S. G., Polyakov V. G., Oganesyanyan O. V. MATEC Web of Conferences. Vol. 129: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017). 2017. 4 p. URL: [mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/43/mateconf\\_icmtmte2017\\_05001.pdf](http://mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/43/mateconf_icmtmte2017_05001.pdf).
11. Abramyan S. G., Burlachenko O. V., Oganesyanyan O. V. International Conference on Construction and Architecture: Theory and Practice of Industry Development (CATPID-2018). 2018. Vol. 931, pp. 405-410. URL: [scientific.net/MSF.931.405/](http://scientific.net/MSF.931.405/). DOI:10.4028/www.scientific.net/MSF.931.4052018.