

Применение BIM и визуального программирования при организации проектов постконфликтного восстановления

А. Мааруф

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: Уникальность проектов восстановления требует перехода от традиционных подходов к современным. Информационное моделирование зданий (BIM) считается одним из наиболее надежных подходов в строительстве, но после обзора отечественных и зарубежных исследований выяснилось, что нет исследований по использованию BIM при организации процесса восстановления разрушенных войной территорий. В статье рассматривается применение BIM и визуального программирования (Dynamo) на всех этапах проектов восстановления. Кроме того, в статье представлен способ автоматического создания календарных планов с помощью программы (MS project) и способ автоматического создания 4D, 5D-моделей с помощью программы (Navisworks). В статье также объясняется, как модели восстановления могут быть использованы в процессе отслеживания выполнения.

Ключевые слова: информационное моделирование здания, визуальное программирование, постконфликтное восстановление, автоматизация календарного планирования, 4D.

Проекты постконфликтного восстановления сталкиваются с проблемами, связанными со сроками [1], коммуникацией, координацией [2] и другими факторами, такими, как прозрачность процесса строительства. Мировой опыт установил, что продолжительность этих проектов имеет гораздо более высокий приоритет по сравнению с другими факторами [3]. Эта продолжительность является ключевым фактором в программах постконфликтного восстановления, а необходимость быстрого ввода в эксплуатацию поврежденных зданий без задержек делает эту программу уникальной [4], и эта уникальность требует совершенствования методов управления и организации восстановления [5].

Информационное моделирование зданий повышает эффективность и обеспечивает лучшие решения для преодоления проблем, связанных с возрастающей сложностью строительной отрасли [6,7], однако обзор исследований по его использованию в строительстве показал, что оно не

используется в управлении и организации проектов восстановления [8], следовательно, целью данного исследования было выяснить возможность его использования при их организации.

В постконфликтных ситуациях в развивающихся странах по-прежнему преобладает традиционный подход к организации строительного процесса. Например, в Сирии и других разрушенных войной странах, было приложено мало усилий для внедрения BIM в программу восстановления. Зарубежное исследование показало, что плохое планирование и отсутствие надежных подходов к восстановлению ограничивают функциональность и эффективность принимаемых решений [9, 10].

Организация планирования восстановления должна основываться на результатах оценки технического состояния поврежденных зданий, на базе которых можно будет определить очередность восстановления поврежденных территорий и продолжительность их восстановления. Также организация этих проектов требует принятия пространственного деления восстанавливаемых территорий как показано на рис.1, и на основе этого деления составляются графики их реализации, распределения ресурсов и т.д.



Рис. 1. – Пространственное разделение территорий восстановления

Оценка технического состояния поврежденных зданий начинается с изучения генеральных планов и аэрофотоснимков исследуемой территории, на которых будут зашифрованы все здания. Затем проводится визуальный осмотр зданий, и после осмотра составляется классификатор их повреждений [11, 12].

После оценки состояния поврежденных зданий определяется средняя степень повреждения для каждого квартала. На рис. 2,3 показан район исследования и результат оценки состояния поврежденных кварталов, где зеленым цветом

выделены кварталы с нормальным состоянием, бирюзовым цветом выделены кварталы с незначительной интенсивностью повреждения, синим цветом - кварталы с низкой интенсивностью повреждения, оранжевым цветом - кварталы с умеренной интенсивностью повреждения и красным цветом выделены кварталы с высокой интенсивностью повреждения.

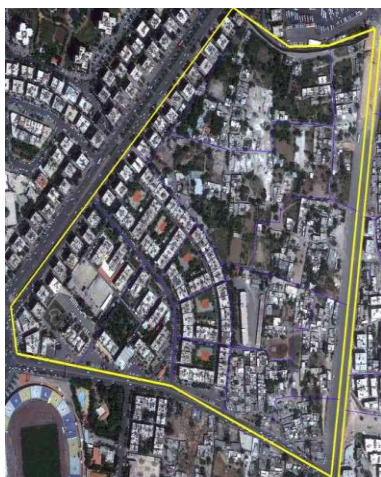


Рис. 2. – Территория исследования до разрушения

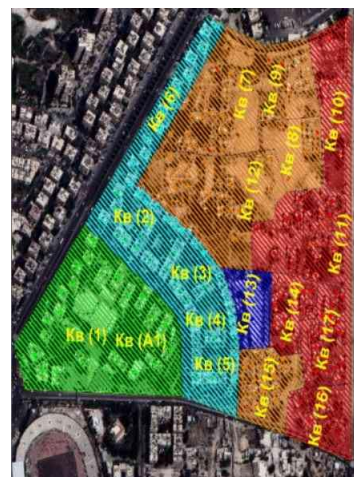


Рис. 3. – Территория исследования после разрушения

Использование BIM для организация процесса восстановления разрушенных территорий включает в себя следующие этапы:

1. Формирование базы данных поврежденных зданий (BIM-модели):

На этом этапе и после визуального осмотра зданий создаются BIM-модели на основе проектной и рабочей документации, затем с использованием этих моделей экспортируются таблицы, позволяющие фиксировать техническое состояние всех поврежденных элементов при проведении детального обследования.

В статье модель, показанная на рис. 4, была построена в программе Revit, и в модель были добавлены новые поля, такие, как (идентификатор, описание повреждения в элементе, коэффициент значимости элемента, показатель категории повреждения, оценка технического состояния элемента, единица измерения, объем работы, идентификатор элемента в Revit, номер этажа), с

помощью которых мы можем управлять и организовывать процесс восстановления поврежденных зданий.

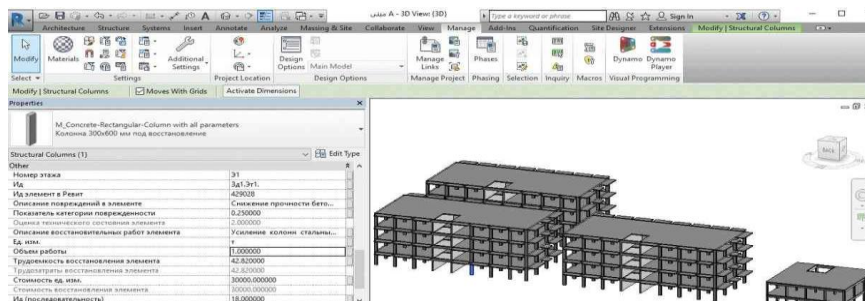


Рис. 4. – Модель восстановления и добавленные поля в Revit

Для повышения эффективности обмена данными между моделями и другими программами мы использовали визуальное программирование (Dynamo). На рис. 5,6,7 показана часть программного кода и общий вид кода, с помощью которого создается шаблон обмена данными в формате Excel, используемый для документирования процесса оценки технического состояния.

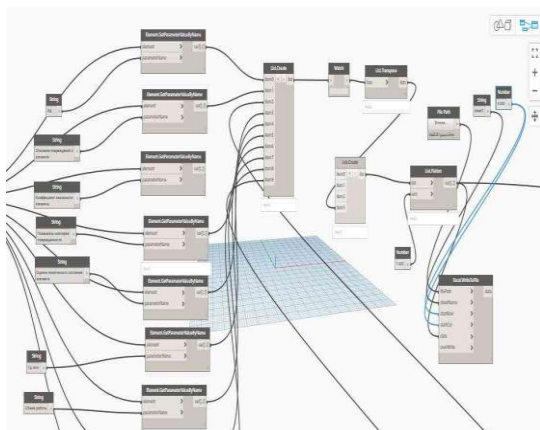


Рис. 5. – Часть программного кода в Dynamo для экспорта данных из Revit в Excel

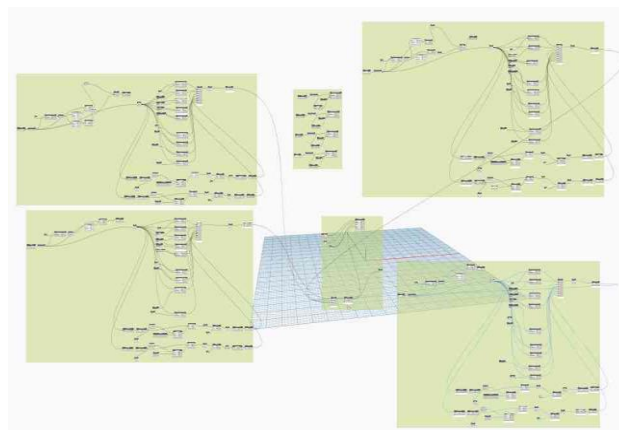


Рис. 6. – Общий вид программного кода в Dynamo для экспорта данных

Ид	Описание повреждений в элементе	Коэффициент значимости элемента	Показатель категории поврежденности	Оценка технического состояния элемента	Ед. изм.	Объем работы	Ид элемент в Revit	Номер этажа	Элементы
Эд1.Эт1.Ст		3					423033	Э1	Ст-1 300 мм
Эд1.Эт1.Ст		3					423043	Э1	Ст-1 300 мм

Рис. 7. – Часть шаблона для документирования состояния элементов на этапе детального обследования

После завершения процесса оценки технического состояния элементов, результаты оценки повторно импортируются в Revit с использованием шаблона загрузки данных через (Dynamo). На рис. 8,9,10 представлена часть программного кода и общий вид кода в (Dynamo) и часть результата оценки.

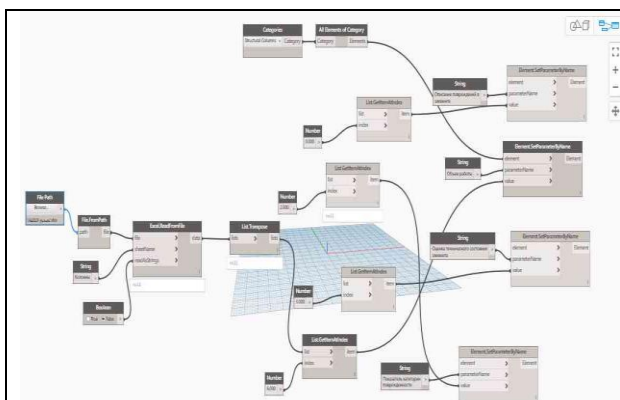


Рис. 8. – Часть программного кода в Dynamo для импорта данных из Excel в Revit

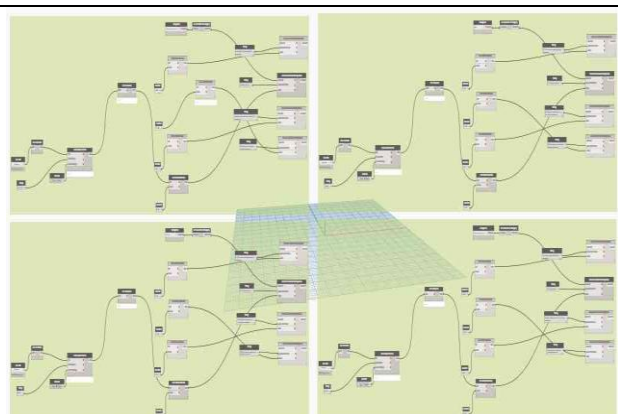


Рис. 9. – Общий вид программного кода в Dynamo для импорта данных.

Ид	Описание повреждений в элементе	Коэффициент значимости элемента	Показатель категории поврежденности	Оценка технического состояния элемента	Ед. изм.	Объем работы	Ид элемент в Revit	Номер этажа	Элементы
Эд1.Эт1.	Снижение прочности бетона ≤ 30%	8	0,25	2			422835	Э1	Колонна 300х600 мм под восстановление
Эд1.Эт1.	Снижение прочности бетона ≤ 30%	8	0,25	2			422841	Э1	Колонна 300х600 мм под восстановление

Рис. 10. – Часть результата оценки технического состояния для импорта в Revit

2. Дополнение моделей проектными решениями:

По результатам оценки технического состояния зданий и в случае подтверждения возможности их восстановления, модели дополняются проектными решениями.

Следует отметить, что преимуществом BIM является возможность совместной работы в рамках одной модели, и после разработки проектных решений определяются организационно-технологические параметры. В модель восстановления вводятся значения следующих параметров: трудоемкость восстановления элемента, стоимость за единицу измерения, описание восстановительных работ, единица измерения, объем работы, идентификатор последовательности, предшественники.

В результате ввода организационно-технологических параметров мы сможем экспортировать их в формате Excel с помощью (Dynamo), что, в свою очередь, позволяет нам формировать организационно-технологические модели восстановления. На рис. 11, 12.13 показана часть программного кода и результат экспорта данных.

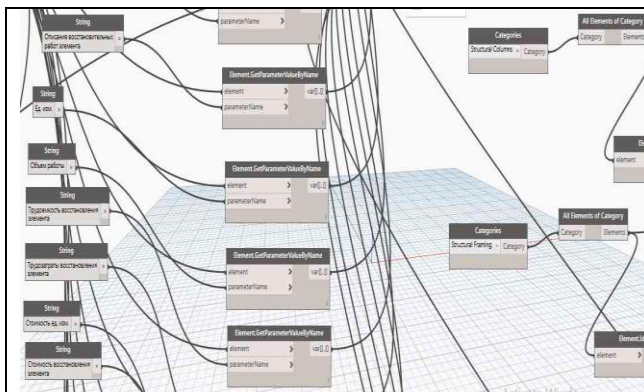


Рис. 11. – Часть программного кода для экспорта организационно-технологических параметров из Revit в Excel.

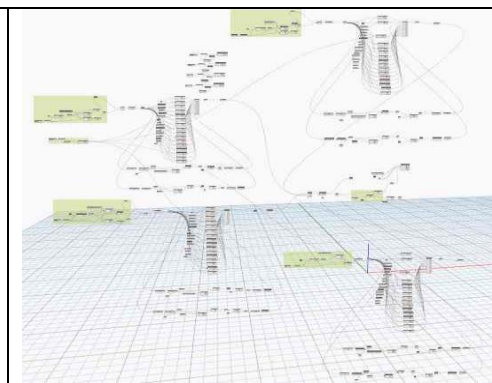


Рис. 12. – Общий вид программного кода для экспорта организационно-технологических параметров.

Ид	Описание поврежденный элемент	Коэффициент значности элемента	Показатель категории и поврежденности	Оценка технического состояния элемента	Описание восстановительных работ элемента	Ед. изм.	Объем работы	Трудоёмкость восстановления элемента чел. час	Трудозатраты восстановления элемента	Количество рабочих	Продолжительность Дн	Стоимость ед. изм. (Руб)	Стоимость восстановления элемента	Наименование элемента	Ид (последовательность)	Предшественники	Ид элемент в Revit	Номер этажа
3д2. Эт2. К29	Сквозные трещины в колоннах ≤0,5мм.	8	0.25	2	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	42.82	9.8486	3	0.41	30000	6900	300 x 450мм под восстановление	13	6	417537	Э2
3д1. Эт1.	Снижение прочности бетона ≤ 30%	8	0.25	2	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	42.82	9.8486	3	0.41	30000	6900	Колонна 300x600 мм под восстановление	14	6	422823	Э1

Рис. 13. – Часть результата экспорта организационно-технологических параметров.

С помощью (Dynamo) элементы, подлежащие восстановлению, сортируются по степени их повреждения, и их календарный план составляется таким образом, что восстановительные работы начинаются с элементов с наибольшей степенью повреждения.

3. Автоматизация формирования календарных планов:

Одной из основных проблем при формировании календарных планов являются ручные усилия и время, затрачиваемые на их построение. В крупных проектах человеческая ошибка может привести к тому, что некоторые элементы в календарном плане не будут учтены. Кроме того, использование проектировщиками множества различных программного обеспечения затрудняет обмен данными между ними.

Сохранение этих данных в единой модели и наличие инструмента для экспорта их в определенном порядке позволяет автоматизировать процесс создания календарных планов и избежать вышеперечисленных проблем.

На данном этапе приведенная выше таблица на рис. 13 подготавливается к импорту в программу MS project с помощью мастера импорта. На рис. 14 показана часть календарного плана восстановления исследуемых зданий.

ID	Описание работ/элемента	Наименование элемента	Ед. изм.	Объем работы	Продолжит.	Начало	Окончание	Предшественники	Стоимос. эд. изм.	Стоимость восстановления элемента
0	Усиление колонн стальными обоями	Усиление колонн стальными обоями	т	0	117.25 days	3/8/2023	8/18/2023		0	18,194,640.00 P
1	416032	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	0.41 days	3/8/2023	3/8/2023		30000	6,900.00 P
2	416056	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	0.41 days	3/8/2023	3/8/2023		30000	6,900.00 P
3	416058	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	0.41 days	3/8/2023	3/8/2023		30000	6,900.00 P
4	417515	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	0.41 days	3/8/2023	3/8/2023		30000	6,900.00 P
5	417525	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	0.41 days	3/8/2023	3/8/2023		30000	6,900.00 P
6	417533	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	0.41 days	3/8/2023	3/8/2023		30000	6,900.00 P
7	416026	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	0.41 days	3/8/2023	3/8/2023	6	30000	6,900.00 P
8	416034	Усиление колонн стальными обоями	т	0.23	0.41 days	3/8/2023	3/8/2023	6	30000	6,900.00 P

Рис. 14. – Часть календарного плана в MS project

4. Создание 4D- и 5D-моделей восстановления:

На этом этапе план, сформированный в MS project, импортируется в программу (Navisworks) вместе с импортом данных о техническом состоянии для маркировки элементов в соответствии со степенью их повреждения. На рис. 15 показана модель восстановления после импорта в Navisworks.

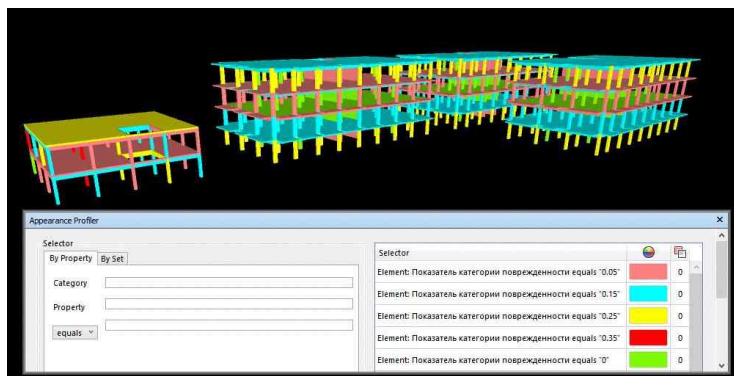


Рис. 12. – Карта поврежденных элементов, подлежащих восстановлению
Используя поле «Идентификатор элемента» в Revit, каждая операция в плане автоматически связывается с соответствующим геометрическим элементом. Кроме того, данные о стоимости, введенные на втором этапе, позволяют превратить 4D-модель в 5D-модель, которую можно отслеживать при выполнении восстановления. На рис.16,17,18 показан результат имитации процесса восстановления зданий с указанием элемента в работе, процента завершения относительно элемента и проекта, а также стоимости выполненных работ.

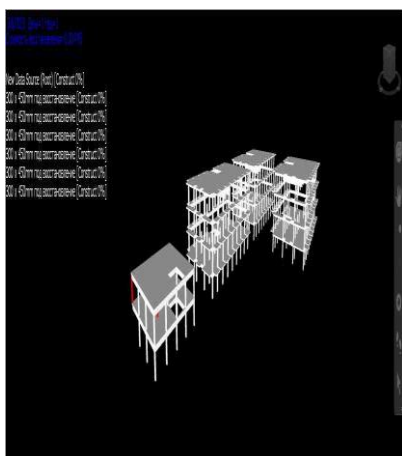


Рис. 16. – Модель в начале имитации.

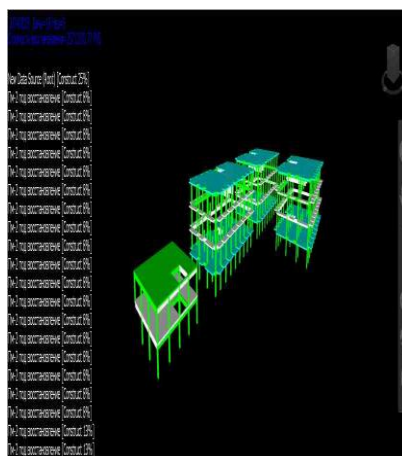


Рис. 17. – Модель в середине имитации

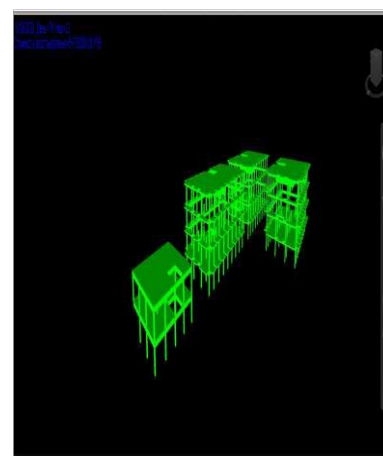


Рис. 18. – Модель в конце имитации

В статье мы пришли к выводу, что BIM может использоваться в проектах восстановления в качестве базы данных на всех этапах программы, начиная с оценки технического состояния поврежденных зданий и заканчивая этапом проектирования. Также было установлено, что применение визуального программирования (Dynamo) имеет большое значение с точки зрения облегчения работы с большим объемом данных, так как (Dynamo) обеспечивает двустороннюю связь между моделями и Excel.

Такая двусторонняя связь сокращает время на документирование этапа оценки технического состояния и позволяет автоматизировать процесс формирования организационно-технологических моделей.

Автоматизация формирования календарного плана выполняется путем импорта шаблона организационно-технологических параметров, экспортированного из Revit с помощью Dynamo в программу MS project для создания календарного плана восстановления.

Благодаря полям, добавленным в Revit, и визуальному программированию Dynamo мы смогли напрямую создавать 4D- и 5D-модели для

восстановления, связывая каждую операцию в плане, ранее созданном в MS project, с соответствующим 3D-геометрическим элементом в Navisworks.

4D-модели играют важную роль в упрощении процесса отслеживания календарных планов и обеспечении того, чтобы все работы были включены в модели, поскольку имитация позволяет отображать только поврежденные элементы, выделяя их белым цветом, а затем превращая элемент в зеленый цвет, как только он будет восстановлен.

Следует отметить, что в статье не учитывалось понятие организации ресурсов в области BIM, поэтому рекомендуем исследователям оценить эффективность BIM в управлении и организации ресурсов в проектах постконфликтного восстановления.

Литература

1. Norling, B. Effective time management in post-disaster reconstruction. Australian and New Zealand Disaster and Emergency Management. Sydney-Australia: 2013. pp. 1-10.
2. Chang, Y., Wilkinson, S. and Brunsdon, D. Resourcing challenges for post-disaster housing reconstruction: a comparative analysis. Building Research and Information. 2010. Vol. 38, No. 3. pp. 247-264.
3. Murat, T., Nilufer, T. and Nilay, C. Study on Permanent Housing Production after 1999 Earthquake in Kocaeli (Turkey). Disaster Prevention and Management. 2010. Vol 19, No. 1. pp. 6-19.
4. Kalkman, J. and de Waard, E. Inter-organizational disaster management projects: finding the middle way between trust and control. International Journal of Project Management. 2017. Vol. 35, No. 5. pp. 889-899.
5. Иванов М.Ф., Литвинов Р.В. Совершенствование методов и технологий управления восстановлением разрушенного жилищного фонда на территориях с особым статусом. Актуальные проблемы менеджмента:

- новые методы и технологии управления в регионах. СПб.: Скифия-принт, 2020. С. 71-72.
6. Olawumi, T.O., Chan, D.W.M. and Wong, J.K.W. Evolution in the Intellectual Structure of Bim Research: A Bibliometric Analysis. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2017. Vol 23. pp. 1060–1081.
 7. Ma, X., Zhang Y., Olawumi, T.O., Dong, N. and Chan, A.P.C. Conceptual Framework and Roadmap Approach for Integrating BIM into Lifecycle Project Management. *Journal of Management in Engineering*. 2018. Vol 34. С. 1-10.
 8. Assem, A., Abdelmohsen, S. and Ezzeldin, M. Smart management of the reconstruction process of post-conflict cities. *International Journal of Architectural Research Archnet-IJAR*. 2019. Vol 14. pp. 325-343.
 9. Barakat, S., Chard, M. and Jones, R. Attributing Value: Evaluating success and failure in post-war reconstruction. *Third World Quarterly*. 2005. Vol 26. pp. 831-852.
 10. Hadi ZS. A Review paper on Benefits of BIM Adoption to Improve project performance in Iraqi Construction Industry. *International Journal of Contemporary Applied Researches*. 2020. Vol. 7, No. 10. pp. 81-108.
 11. Олейник, П. П. и Мааруф, А. Методика оценки технического состояния монолитно-каркасных зданий, поврежденных войной в Сирии. *Строительное производство*. 2023. № 2. С. 47-53.
 12. Олейник, П.П и Мааруф, А. Мероприятия программы постконфликтного восстановления городов. *Строительное производство*. 2022. № 1. С. 54-58.

References

1. Norling, B. *Australian and New Zealand Disaster and Emergency Management*. Sydney-Australia: 2013. pp. 1-10.
-



2. Chang, Y., Wilkinson, S. and Brunson, D. Building Research and Information. 2010. Vol. 38, № 3. pp. 247-264.
3. Murat, T., Nilufer, T. and Nilay, C. Disaster Prevention and Management. 2010. Vol 19, No. 1. pp. 6-19.
4. Kalkman, J. and de Waard, E. International Journal of Project Management. 2017. Vol. 35, No. 5. pp. 889-899.
5. Ivanov M.F., Litvinov R.V. Aktual'nye problemy menedzhmenta: novye metody i tekhnologii upravleniya v regionah. SPb.: Skifiya-print, 2020. pp. 71-72.
6. Olawumi, T.O., Chan, D.W.M. and Wong, J.K.W. Journal of Civil Engineering and Management. 2017. Vol 23. pp. 1060–1081.
7. Ma, X., Zhang Y., Olawumi, T.O., Dong, N. and Chan, A.P.C. Journal of Management in Engineering. 2018. Vol 34. C. 1-10.
8. Assem, A., Abdelmohsen, S. and Ezzeldin, M. International Journal of Architectural Research Archnet-IJAR. 2019. Vol 14. pp. 325-343.
9. Barakat, S., Chard, M. and Jones, R. Third World Quarterly. 2005. Vol 26. pp. 831-852.
10. Hadi ZS. International Journal of Contemporary Applied Researches. 2020. Vol. 7, No. 10. pp. 81-108.
11. Oleinik, P. P i Maaruf, A. Stroitel'noe proizvodstvo. 2023. № 2. pp. 47-53.
12. Oleinik, P.P i Maaruf, A. Stroitel'noe proizvodstvo. 2022. № 1. pp. 54-58.