

Моделирование технологических и производственных процессов при ремонте, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия

С.Г. Шеина¹, Л.С. Сабитов², Д.К.-С. Батаев³, П.Д. Батаева³, Я.Д. Батаева³

¹Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

²Казанский федеральный университет, Казань

³Комплексный научно-исследовательский институт им Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, Грозный

Аннотация: Одним из ключевых этапов подготовки к ремонту, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия является разработка календарного плана и графиков и сетевых моделей. Они являются обязательными в составе проекта производства работ, определяющего сроки, порядок и объемы выполнения работ. В работе представлены формы календарных графиков и планов, а также сетевая модель разработки научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия (в целом, по этапам и локальным работам) и сетевая модель подготовки ремонтно-реставрационных и восстановительно-реконструкционных работ.

Ключевые слова: памятники истории и культуры, объекты культурного наследия, ремонт, восстановление, реставрация, реконструкция, графики, календарные планы, сетевые графики.

К основным видам моделей производственных процессов ремонта, восстановления, реконструкции и реставрации памятников истории и культуры относятся календарные планы и графики (Рис. 1) производства работ по отдельному памятнику или объекту культурного наследия.



Рис. 1 - Формы календарных графиков

Наиболее распространенными в практике ремонтно-реставрационных работ являются линейные графики, к достоинствам которых относят

наглядность, простоту построения и наличие данных по характеристикам видов работ и потребных ресурсов [1, 2].

Необходимость расчёта временных характеристик организационно-технологических моделей, таких, как ранние характеристики, поздние характеристики, общие и частные резервы времени, критический путь и прочие, предопределили использование сетевого моделирования, как для планирования, так и для управления в стройкомплексе, включающем ремонт, реконструкцию и реставрацию объектов культурного наследия [3, 4].

На рисунке 2 показаны формы календарных планов, содержащие графики, циклограммы и сетевые модели, которые отображают движение машин, механизмов, бригад, материалов, полуфабрикатов, изделий и деталей. Однако, на данных формах нечетко показаны схема строительства, порядок и последовательность производства работ, а также нарушены целостность технологии производства работ и порядок движения людских и материальных ресурсов.

Все обозначенные выше проблемы самым удобным образом решаются и реализовываются в сетевом моделировании, отражающем возросшие сложности динамичности процессов ремонта, восстановления, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия. Сетевые модели практически лишены недостатков, характерных для других форм планирования, и позволяют формализовать громоздкие расчёты в программах и комплексах ЭВМ [5-7].

Сетевая модель представлена на рисунке 3. В таблице 1 приведены состав и содержание научно-проектной документации, определяющие события и работы разработанной сетевой модели (Рисунок 3). Пунктирной линией на сетевом графике представлены нулевые связи. Они указывают на то, что «событие», на которое направлена пунктирная стрелка, может происходить только после свершения события, из которого исходит эта

стрелка. На рисунке 3 нулевыми являются следующие связи: (3-5), (4-5), (7-13), (8-13), (9-13), (10-13), (11-13), (12-13) и (16-23).



Рис. 2. - Формы календарных планов

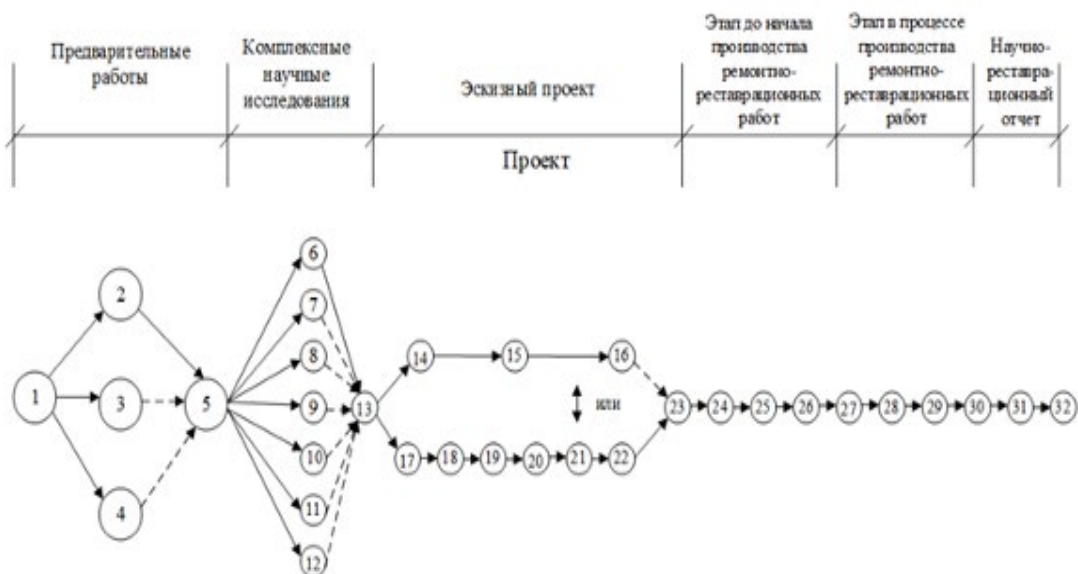


Рис. 3ю - Сетевая модель разработки научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия (в целом, по этапам и локальным работам)

Таблица 1 – Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия (в целом, этапы, локальные работы)

№№ п.п.	Состав и содержание научно-проектной документации		Работы
1	Предварительные работы:		
	-исходная и разрешительная документация		1-2
	-предварительные исследования		2-5
	-документальная фотофиксация объекта культурного наследия		1-3
	-протокольная фотофиксация объекта культурного наследия		1-4
2	Комплексные научные исследования:		
	Этап до начала производства работ		
	-историко-архивные исследования		5-6
	-библиографические исследования		5-7
	-историко-архитектурные натурные исследования		5-8
	-инженерно-технические исследования		5-9
	-инженерно-геодезические работы		5-10
	-инженерно-геологические работы		5-11
	-химико-технологические исследования по строительным и отделочным материалам		5-12
- специальные инженерно-технологические исследования		6-13	
3	Отчет по комплексным научным исследованиям:		
	1. Эскизный проект	2. Проект	
	-пояснительная записка	-пояснительная записка	13-14 / 13-17
	-архитектурные решения	-архитектурные решения	14-15 / 17-18
	-конструктивные и объемно-планировочные решения	-конструктивные и объемно-планировочные решения	15-16 / 18-19
	-	-инженерное оборудование	19-20 / 20-21
	-	-проект организации реставрации	21-22
-	-сводный сметный расчет	22-23	
4	Рабочая научно-проектная документация:		
	1. Этап до начала производства работ	2. Этап в процессе производства работ	
	-рабочие чертежи	-рабочие чертежи	23-24 / 28-29
	-	-рабочая документация	27-28
	-рабочая документация на строительные изделия	-	24-25
	-спецификация оборудования	-	25-26
	-	-рабочая документация на строительные изделия;	29-30
	-локальная смета	-локальная смета	26-27 / 30-31
Научно-реставрационный отчет		31-32	

Сетевая модель на подготовку ремонтных, восстановительных, реставрационных и реконструкционных работ представлена на рисунке 4 и включает в себя следующие виды работ: (1-2) - инженерные изыскания; (1-3) - экономические изыскания; (1-4) - инженерно-технические изыскания; (1-5) – топографо-геодезические изыскания; (1-6) - геологические и гидрогеологические изыскания; (1-7) - гидрометеорологические изыскания; (1-8) - почвенные и геоботанические изыскания; (1-9) - санитарно-гигиенические изыскания; (1-10) - полевые работы; (10-11) - камеральная обработка изыскательской продукции; (11-12) - организация проектирования; (12-13) - проектирование производства работ; (13-14) - подготовка к ремонту, реставрации и реконструкции. Связи (2-11), (3-11), (4-11), (5-11), (6-11), (7-11), (8-11), (9-11) являются нулевыми.

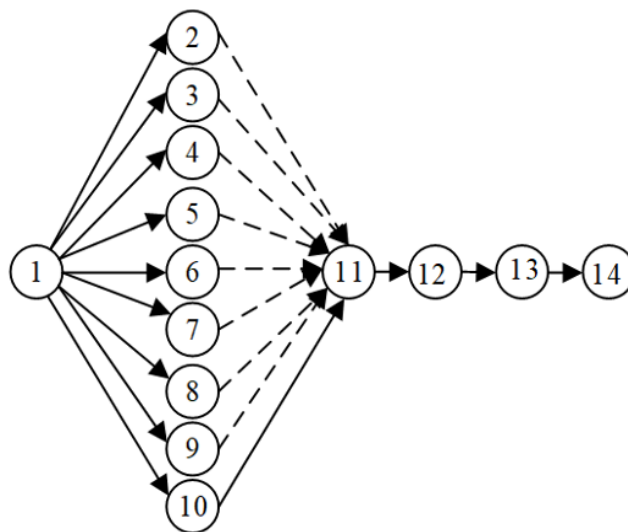


Рис. 4. - Сетевая модель на подготовку ремонтно-восстановительных и реставрационно-реконструкционных работ

Для обоснования и расчётов вариантов обеспечения ремонтно-реставрационных работ материалами, полуфабрикатами, изделиями, конструкциями и деталями выполняются экономические изыскания. Инженерно-технические изыскания помогают изучить природные условия рассматриваемой площадки.

Топографо-геодезические изыскания являются важным видом изысканий при ремонте, реставрации и реконструкции объектов культурного наследия. Их выполняют с использованием современных наземных и космических средств, и методами аэрофотосъемки, что важно при производстве ремонтно-восстановительных и реставрационных работ в условиях повышенной труднодоступности [8].

Геологические и гидрогеологические изыскания включают в себя определение свойств грунтов (физических и физико-механических) и уровня грунтовых вод. Данные виды изысканий оказывают влияние на конструктивные решения фундаментов памятников истории и культуры.

В свою очередь, полевые работы обрабатываются в камеральный период и составляется сводный отчет по изысканиям. Затем переходят к проектной документации [9].

Сетевая модель и инъекционного укрепления кладки стен представлена на рисунке 5, детали инъекционного укрепления кладки стен - на рисунках 6-8, состав событий и работ сетевой модели - в таблице 2; технологическая схема процесса инъекционного укрепления кладки - в таблице 3 [10].

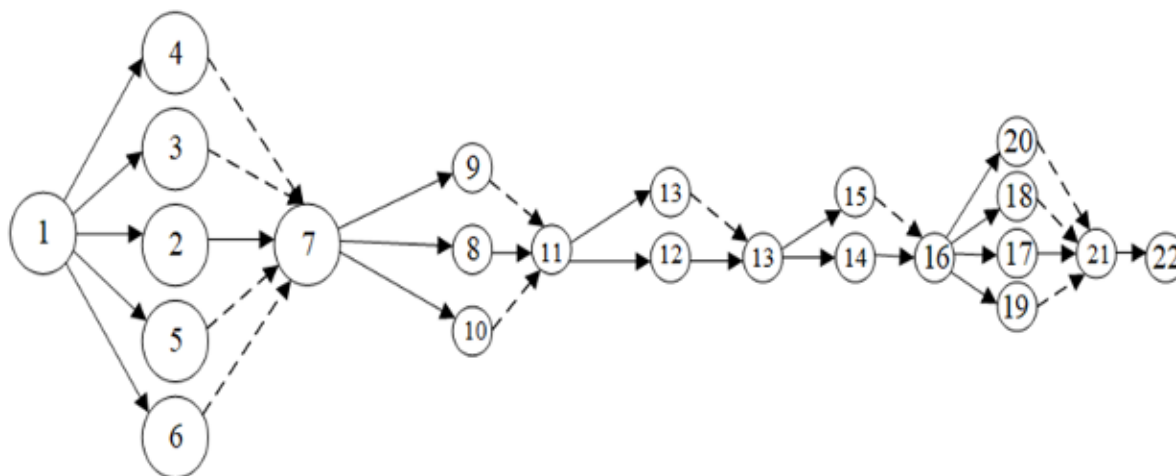


Рис. 5. - Сетевая модель инъекционного укрепления кладки стен объектов культурного наследия

Таблица № 2

Состав событий и работ сетевой модели

№№ п.п.	Наименование работы	Обозначение на сетевой модели
1.	Расчистка наружной и внутренней поверхности кладки стен	1-2
2.	Промывка водой под давлением	1-3
3.	Установка трубок для инъекции	1-4
4.	Заделка трещин на глубину 1-2 см раствором АКСИЛ Ресто РК М25	1-5
5.	Оставление на тыльной стороне контрольных отверстий	1-6
6.	Вставка тонкостенных трубок или пластиковых пакеров с обратным клапаном	2-7
7.	Обмазка кладки	7-8
8.	Сверление скважин $\varnothing 20$ мм	7-9
9.	Заделка в скважины трубок для инъекции на глубину 5-7 см.	7-10
10.	Использование гипсового раствора для укрепления трубок	8-11
11.	Промывка трещин водой	11-12
12.	Приготовление раствора АКСИЛ Ресто ОР	11-13
13.	Инъекционное нагнетание раствора снизу вверх	12-13
14.	Удаление заглушенных трубок	13-14
15.	Заделка прорывов раствора гипсовым раствором	13-15
16.	Повторное инъектирование	14-16
17.	Удаление инъекционных трубок	16-17
18.	Очистка поверхности от гипсового раствора	16-18
19.	Заделка углублений от трубок чеканочным раствором	16-19
20.	Удаление подтеков и инъекционного раствора струей воды	16-20
21.	Контроль производства работ	17-21
22.	Контрольное инъектирование	21-22
23.	Нулевые связи	3-7, 4-7, 5-7, 6-7, 9-11, 10-11, 13-13, 15-16, 18-21, 19-21, 20-21

Таблица № 3

Технологическая схема процесса инъекционного укрепления кладки

№№ п.п.	Этапы	Наименование работ	Примечание
1	Подготовительный этап	Маркировка мест установки инъекционных трубок	
2		Поверхностная зачеканка трещин на глубину 1-2 см	Сплошная обмазка кладки при наличии сети мелких трещин
3		Сверление скважин при раскрытии трещин менее 20мм	Сверление кладки при инъекционном армировании
			Сверление скважин на глубину расположения трещин расслаивания
4		Установка инъекционных трубок в скважины на гипсовом растворе	
5	Промывка трещин/увлажнение кладки		
6	Основной этап	Приготовление инъекционного раствора	
7		Инъектирование/нагнетание инъекционного раствора	Заделка гипсовым раствором мест прорыва инъекционного раствора
			Повторное инъектирование
8	Заключительный этап	Удаление инъекционных трубок	Очистка поверхности кладки от подтёков инъекционного раствора
9		Очистка кладки от гипсового раствора	
		Заделка оставшихся углублений растворов	

Схема подсоединения технологического оборудования представлена на рисунке 9 и включает в себя: 1. Емкость с инъекционным раствором, 2. Ручной или механический инъекционный насос, 3. Манометр, 4. Всасывающий патрубок, 5. Шланг, 6. Двухходовый пробковый кран, 7. Трубка со сгоном $\frac{1}{2}$ труб, 8. Муфта, 9. Инъекционная трубка, 10. Гипсовая заделка трубки.



Рис. 6 - Деталь инъектирования трещин

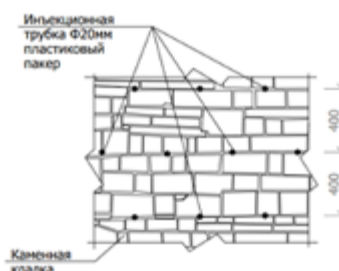


Рис. 7 - Деталь инъекционного укрепления кладки

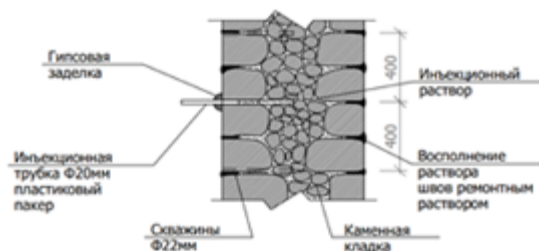


Рис. 8 - Деталь инъекционного укрепления кладки несвязанной раствором

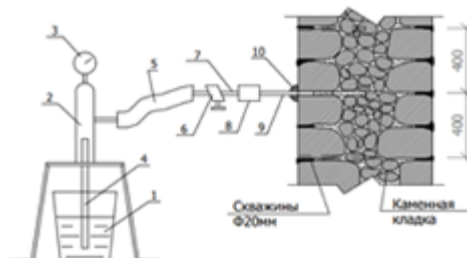


Рис. 9 - Схема подсоединения технологического оборудования

Таким образом, назначение системы сетевого моделирования, прежде всего, заключается в повышении качества календарного планирования (сокращение сроков реставрации или реконструкции объектов культурного наследия, рациональное использование ресурсов строительной организации, снижение стоимости работ и т.п.) и эффективности контроля и регулирования в процессе реализации планов. Это достигается в результате применения моделей, позволяющих частично формализовать и существенно улучшить планирование ремонта, восстановления, реставрации и

реконструкции объектов культурного наследия, учет и контроль хода работ, а также выработку необходимых мероприятий по регулированию в случае возникновения недопустимых отклонений от разработанных планов.

Литература

1. Баркалов С.А. Бурков В.Н., Соколовский В.В., Шульженко Н.А. Прикладные модели в управлении организационными системами. Тула: ВГАСУ, 2002. С. 444.
2. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надежности. М.: Советское радио, 1969. С. 488.
3. Гусаков А.А., Гинзбург А.В. Организационно-технологическая надежность строительства. М.: SvR-Аргус, 1994. С. 472.
4. Батаев Д.К.-С., Даукаев А.А., Батаева П.Д., Савченко И.А. Восстановление городских памятников: ресурсный потенциал Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т.15. № 2. С. 431-442.
5. Stark J. Recent advances in the field of cement hydration and microstructure analysis // Cement and Concrete Research. 2011. № 41. pp. 666-678.
6. Tomaszewski A. Politika ochrony dóbr kultury w polsce // Ochrona zabytków. 1995. № 3-4. pp. 249-252.
7. Шеина С.Г., Батаев Д.К.-С., Даукаев А.А., Батаева П.Д., Батаев А.Д. Закономерности формообразования памятников истории и культуры башенного типа на стадии проектирования жизненного цикла // Инженерный вестник Дона, 2024, № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2024/9699
8. Гусакова Е.А. Жизненный цикл строительного объекта. М.: АСВ, 2004. С. 215.

9. Спасская Д.К., Сарро Р.А. Опыт реставрации поверхности каменных кладок растворами на полимерной основе. М.: Стройиздат, 1981. С. 206-208.

10. Шеина С.Г., Балашев Р.В., Живоглядов Г.А., Шахиев Р.Д. Устойчивое строительство зданий // Инженерный вестник Дона, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911.

References

1. Barkalov S.A. Burkov V.N., Sokolovskij V.V., Shul'zhenko N.A. Prikladnye modeli v upravlenii organizacionnymi sistemami. [Applied models in the management of organizational systems]. Tula: VGASU, 2002. p. 444.

2. Barlou R., Proshan F. Matematicheskaja teorija nadezhnosti. [Mathematical theory of reliability]. M.: Sovetskoe radio, 1969. p. 488.

3. Gusakov A.A., Ginzburg A.V. Organizacionno-tehnologicheskaja nadezhnost' stroitel'stva [Organizational and technological reliability of construction] M.: SvR-Argus, 1994. p. 472.

4. Bataev D.K.-S., Daukaev A.A., Bataeva P.D., Savchenko I.A. Ustojchivoe razvitie gornyh territorij. 2023. V.15. № 2. p. 431-442.

5. Stark J. Cement and Concrete Research. 2011. N 41. pp. 666-678.

6. Tomaszewski A. Ochrona zabytków. 1995. № 3-4. pp. 249-252.

7. Sheina S.G., Bataev D.K.-S., Daukaev A.A., Bataeva P.D., Bataev A.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2024/9699

8. Gusakova E.A. Zhiznennyj cikl stroitel'nogo ob#ekta. [Life cycle of a construction project]. M.: ASV, 2004. p. 215.

9. Spasskaja D.K., Sarro R.A. Opyt restavracii poverhnosti kamennyh kladok rastvorami na polimernoj osnove. [Experience in restoring the surface of masonry with polymer-based solutions]. M.: Strojizdat, 1981. p. 206-208.



10. Sheina S.G., Balashev R.V., Zhivogljadov G.A., Shahiev R.D.
Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №12. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911.

Дата поступления: 10.01.2025

Дата публикации: 20.01.2025