

## Оценка факторов и разработка методики определения продолжительности ремонта и восстановления зданий

*А.А. Руденко, А.Н. Юрченко*

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

**Аннотация:** Данная статья посвящена формированию методики определения продолжительности ремонтно-восстановительных работ, при повреждениях или неудовлетворительном техническом состоянии зданий от воздействия факторов различного характера, что является важной научно-практической задачей.

Основным, принятым в данной работе показателем эффективности предложен критерий продолжительности работ (Упр), значимо влияющий на показатели общей эффективности. В процессе исследования были сформированы и сгруппированы факторы по сегментарным признакам, исходя из степени их влияния на продолжительность ремонтно-восстановительных работ. Методом экспертной оценки выявлены наиболее значимые факторы. В дальнейшем, рассчитанный коэффициент «конкордации Кендалла», определяющий степень согласованности экспертных мнений, подтвердил высокое соответствия результатов.

Разработано уравнение множественной регрессии, которое позволило учесть влияние наиболее значимых факторов по единой оценочной шкале.

Выводы исследования предполагается использовать для определения продолжительности ремонтно-восстановительных работ.

Предлагаемая методика определения продолжительности работ является важным инструментом в комплексе мероприятий по эффективному проведению восстановительных работ и минимизации затрат.

**Ключевые слова:** ремонтно-восстановительные работы, ремонт здания, метод экспертных оценок, уравнение множественной регрессии, техническое состояние здания, ранжирование факторов, методика.

### Введение

Несмотря на значимую динамику строительства зданий, находящиеся на балансе в настоящее время в России строения, имеют высокую степень износа. По данным Росстата, на 2023 г. 257,4 млн м<sup>2</sup> жилых строений, имеют износ более 66%, а это 6,1% от всего жилищного фонда страны. Уровень износа инженерного оборудования вообще составляет 60-70%, что следует считать аварийным и критическим для людей.

В настоящее время, вопросы обеспечения комфортных условия жизни, безопасности жизнедеятельности становятся все более актуальными [1]. События последних лет свидетельствуют о все возрастающих проблемах, в

связи возникновением опасных очагов, и катастроф природного, техногенного и даже военного характера. Возможными причинами может быть и физический износ зданий. Последствиями указанного, являются повреждения или даже разрушения различной степени зданий и сооружений, что требует их восстановления (если это восстановление возможно). Одним из главных показателей эффективности восстановительных работ является их продолжительность.

**Актуальность работы** обусловлена тем обстоятельством, что в настоящее время в России, несмотря на высокие темпы строительства и ввода новых зданий в эксплуатацию, находящиеся на балансе эксплуатируемые здания, ввиду объективных условий их физического износа, а также опасных факторов воздействия чрезвычайного характера требуют восстановления или ремонта.

**Научная новизна** исследования заключается в:

- определении и ранжировании факторов, исходя из степени их влияния на продолжительность ремонтно-восстановительных работ;
- разработке уравнения множественной регрессии, с учетом степени влияния каждого фактора на продолжительность работ.
- разработки методики по определению продолжительности ремонтно-восстановительных работ, с учетом степени влияния факторов.

**Теоретическая значимость** исследования заключается расширении методологической базы по учету наиболее значимых факторов и степени их влияния на продолжительность проведения аварийно-восстановительных работ.

**Практическая значимость** заключается в возможности при проектировании ремонта зданий исходя из значимости предлагаемых факторов прогнозировать продолжительность ремонта, с использованием предлагаемой методики.

---

**Объект исследования** – ремонтно-восстановительные работы, требуемые для восстановления зданий от полученных факторов агрессивного характера.

**Предмет исследования** – продолжительность ремонтно-восстановительных работ, определяемая с учетом технического состояния зданий и методов ликвидации последствий.

**Цель исследования** – сформировать методику определения продолжительности ремонтно-восстановительных работ после воздействия наиболее значимых факторов.

**Задачи исследования:**

- 1) определить и сгруппировать факторы, влияющие на продолжительность ремонтно-восстановительных работ;
- 2) разработать матрицу планирования факторов в зависимости от технического состояния зданий и методов ликвидации последствий;
- 3) выполнить экспертную оценку и выявить наиболее значимые факторы, влияющие на результирующий показатель с определением рангов и веса факторов;
- 4) разработать методику определения продолжительности ремонтно-восстановительных работ с формированием уравнения регрессии.

**Исследование факторов**

В связи с необходимостью обеспечения требуемого качества жизни людей, а также с потенциальной опасностью остановки функционирования зданий, из-за полученных повреждений в процессе воздействия значимых факторов, остро встает вопрос максимально возможного сокращения продолжительности ремонтно-восстановительных работ зданий [2,3].

В этой связи, в качестве показателя эффективности ремонтно-восстановительных работ, был определен – «критерий продолжительности

---

работ (далее - Упр)». Выбор наиболее значимых факторов влияющих на этот показатель производился методом экспертных оценок [4].

В начале было выполнено исследование факторов, влияющих на продолжительность ремонтно-восстановительных работ [5,6]. По результатам анализа отобран 21 фактор, оказывающий влияние на Упр в зависимости от технического состояния [7] и метода ликвидации последствий воздействия факторов.

Согласно СП 13-102-2003, объекты были распределены по категориям технического состояния:

1. Исправное: объекты, не требующие восстановления;
2. Работоспособное: требующие незначительных работ;
3. Ограниченно работоспособное: нуждаются в значительном ремонте;
4. Недопустимое: требуют срочного вмешательства;
5. Аварийное: угроза жизни и препятствие для использования [8].

Проведен анализ, целью которого был учет факторов, влияющих на здание или его конструкции [9]. Для этой задачи были сформирован перечень факторов, которые могут воздействовать на результирующий показатель, то есть на продолжительность восстановительных работ, для оценки которой в расчетах принят показатель Упр. Для систематизации и оценки влияния групп факторов, потребовалось укрупнение. Для этой цели, в дальнейшем, они были перераспределены и сформированы в четыре группы, что и показано в табл. 1. В соответствии с данными табл. 1, этими группами стали: расположение объекта в существующей застройке, объемно-планировочные и конструктивные решения, условия эксплуатации, организационно-технологические.

---

Таблица № 1

Разделение факторов на группы

№ п/п	Наименование фактора	Группа фактора
1	Стесненные условия	Расположение объекта в существующей застройке
2	Примыкание к неповрежденным объектам	
3	Наличие неповрежденных инженерных сетей	
4	Наличие транспортных коммуникаций	
5	Вид поврежденных конструкций	Объемно-планировочные и конструктивные решения
6	Высота здания	
7	Этажность здания	
8	Размеры здания в плане	
9	Степень повреждения конструкций	
10	Объемы требуемых для выполнения работ	Условия эксплуатации
11	Факт функционирования предприятия	
12	Пожаро-, взрывоопасность	
13	Токсичность	Организационно-технологические
14	Экономичность	
15	Экологичность	
16	Использование машин и механизмов	
17	Планы по дальнейшему использованию здания	
18	Заданное время на ликвидацию аварии (экстренность)	
19	Необходимость вывоза отходов	
20	Уровень механизации	
21	Уровень ответственности объекта	

На основании технического состояния и потенциальных методов ликвидации была составлена матрица планирования факторов, показанная на рис. 1.

1.4	Снос	1. Метод ликвидации последствий сплыва возмездия	Ф1	Ф1	Ф1	Ф1	Ф1
			Ф2	Ф2	Ф2	Ф2	Ф2
			Ф3	Ф3	Ф3	Ф3	Ф3
			Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21
1.3	Реконструкция	1. Метод ликвидации последствий сплыва возмездия	Ф1	Ф1	Ф1	Ф1	Ф1
			Ф2	Ф2	Ф2	Ф2	Ф2
			Ф3	Ф3	Ф3	Ф3	Ф3
			Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21
1.2	Капитальный ремонт	1. Метод ликвидации последствий сплыва возмездия	Ф1	Ф1	Ф1	Ф1	Ф1
			Ф2	Ф2	Ф2	Ф2	Ф2
			Ф3	Ф3	Ф3	Ф3	Ф3
			Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21
1.1	Текущий ремонт	1. Метод ликвидации последствий сплыва возмездия	Ф1	Ф1	Ф1	Ф1	Ф1
			Ф2	Ф2	Ф2	Ф2	Ф2
			Ф3	Ф3	Ф3	Ф3	Ф3
			Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21	Ф4-Ф21
2. Техническое состояние							
		Исправное	Работоспособное	Ограниченно работоспособное	Недопустимое	Аварийное	
		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	

Рис. 1. – Факторы, влияющие на продолжительность аварийно-восстановительных работ

## Метод экспертных оценок и ранжирование факторов

Следующим этапом является применение метода экспертных оценок. Шестью экспертами производилась оценка отобранных факторов по шкале от 1 до 20, соответственно от фактора, оказывающего минимальное влияние до максимального [10]. Данные оценки отражены в табл. 2.

Далее, отобранным факторам были присвоены ранги значимости, для дальнейшей проверки степени согласованности мнений экспертов по коэффициенту конкордации Кендалла:

1. Вид конструкций – фактор x1;
2. Степень повреждения конструкций – фактор x2;
3. Наличие транспортных коммуникаций – фактор x3;
4. Экономичность – фактор x4;
5. Уровень ответственности объекта – фактор x5;
6. Заданное время на восстановление здания (экстренность) – фактор x6 [11].

В результате экспертных оценок, были отобраны шесть наиболее значимых факторов, показанные в табл. 2 и на рис. 2.

1.4	Свое	1. Метод ликвидации последствий стихийного воздействия	Вид конструкций Экономичность Экстренность Уровень ответственности	Вид конструкций Экономичность Экстренность Уровень ответственности	Вид конструкций Экономичность Экстренность Уровень ответственности	Экономичность Уровень ответственности Наличие транспортных коммуникаций Экстренность	Экономичность Уровень ответственности Наличие транспортных коммуникаций Экстренность
1.3	Реконструкция		Вид конструкций Экономичность Степень повреждения Уровень ответственности	Вид конструкций Экономичность Степень повреждения Уровень ответственности	Вид конструкций Экономичность Степень повреждения Уровень ответственности	Экономичность Уровень ответственности Наличие транспортных коммуникаций Экстренность	Экономичность Уровень ответственности Наличие транспортных коммуникаций Экстренность
1.2	Капитальный ремонт		Вид конструкций Экономичность Степень повреждения Уровень ответственности	Вид конструкций Экономичность Степень повреждения Уровень ответственности	Вид конструкций Экономичность Степень повреждения Уровень ответственности	Экономичность Уровень ответственности Наличие транспортных коммуникаций Вид конструкций	Экономичность Уровень ответственности Наличие транспортных коммуникаций Вид конструкций
1.1	Текущий ремонт		Вид конструкций Экономичность Степень повреждения Уровень ответственности	Вид конструкций Экономичность Степень повреждения Уровень ответственности	Вид конструкций Экономичность Степень повреждения Уровень ответственности	Экономичность Уровень ответственности Наличие транспортных коммуникаций Вид конструкций	Экономичность Уровень ответственности Наличие транспортных коммуникаций Вид конструкций
2. Техническое состояние							
		Исправное	Работоспособное	Ограниченно работоспособное	Недопустимое	Аварийное	
		2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	

Рис. 2. – Факторы (Ф<sub>і</sub>), влияющие на продолжительность ремонта

Таблица № 2

## Результаты экспертной оценки значимости факторов влияющих на продолжительность ремонтно-восстановительных работ

Наименование факторов риска	Эксперты						Σ рангов	Вес фактора
	1	2	3	4	5	6		
Стесненные условия	15	7	12	14	10	9	67	0,0483
Примыкание сохраняемых объектов	5	3	10	13	3	8	42	0,0303
Наличие сохраняемых инженерных сетей	3	12	9	5	6	7	42	0,0303
<b>Наличие транспортных коммуникаций</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>107</b>	<b>0,0772</b>
<b>Вид конструкций</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>111</b>	<b>0,0800</b>
Высота	2	5	7	12	5	11	42	0,0303
Этажность	6	1	5	6	8	6	32	0,0230
Размеры в плане	1	2	6	3	4	1	17	0,0122
<b>Степень повреждения конструкций</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>106</b>	<b>0,0764</b>
Объемы работ	13	14	14	15	12	13	81	0,0584
Действующее предприятие	14	6	8	11	13	12	64	0,0461
Пожаро-, взрывоопасность	8	9	11	7	11	10	56	0,04040
Токсичность	12	13	4	10	15	14	68	0,0490
<b>Экономичность</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>112</b>	<b>0,0808</b>
Экологичность	4	8	2	1	2	3	20	0,0144
Возможность использования машин и механизмов	11	15	13	8	9	15	71	0,0512
Планы по дальнейшему использованию здания	7	10	1	4	7	2	31	0,0223
<b>Заданное время на восстановление здания (экстренность)</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>111</b>	<b>0,0800</b>
Утилизация отходов	10	4	3	2	1	4	24	0,0173
Уровень механизации	9	11	15	9	14	5	63	0,0454
<b>Уровень ответственности объекта</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>119</b>	<b>0,0858</b>

Основные показатели для расчета степени согласованности вынесены в табл. 3.

Таблица № 3

Таблица для расчета степени согласованности экспертных мнений

№ п/п	Наименование показателя	Формула расчета
1	Общая сумма рангов, полученных каждым фактором	$\sum x_i$
2	Среднеарифметическая сумма рангов	$\bar{x}$
3	Отклонение суммы рангов каждого фактора от средней арифметической суммы рангов	$x - \bar{x}$
4	Квадрат отклонений сумм рангов	$(x - \bar{x})^2$
5	Степень согласованности экспертных мнений (коэффициент конкордации Кендалла)	$W = \frac{12 \cdot K}{m^2 \cdot (n^3 - n)}$

В результате вычислений находим коэффициент конкордации Кендалла, отвечающий за степень согласованности экспертных мнений. Полученный коэффициент равен 0,8, что означает высокую степень.

На следующем этапе возникает необходимость ввести дополнительную оценочную шкалу с бальной системой. Данный этап необходим, так как некоторые факторы не имеют количественных характеристик. Поэтому, для дальнейшего составления модели, потенциальные значения факторов были приведены к единой бальной шкале, где 1 – минимальный бал, а 3 – максимальный. Расшифровка баллов показана в табл. 4.

Оценка показателей основных шести факторов отображены в табл. 5, в которой, в соответствии с оценочным баллом, указаны отобранные факторы и их возможные состояния [12].

На основании принятой шкалы, все факторы были проранжированы для пятнадцати объектов, нуждающихся в аварийно-восстановительных работах [13].

Таблица № 4

Расшифровка оценочных баллов

Количество баллов	Оценка	Расшифровка
1	Неудовлетворительно	Присутствуют явные нарушения требований нормативной документации и/или данный показатель не применяется и/или принимается минимальное значение показателя
2	Хорошо	Присутствуют не критичные замечания и/или показатель в незавершенной стадии
3	Отлично	Отсутствуют нарушения и/или принимается максимальное значение показателя и/или данный показатель активно применяется

**Разработка математической зависимости в виде множественного регрессионного уравнения**

Таким образом, в соответствии с сформированными численными значениями [14], представилась возможность сформировать множественную регрессию указанного далее типа:

$$y_x = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 + b_6x_6 \quad (1)$$

Для нахождения коэффициентов уравнения множественной регрессии воспользуемся методом наименьших квадратов. Суть данного метода в минимальном отклонении фактических значений переменной  $Y$  от расчетных.

Находим экстремум функции нескольких переменных. А именно, находим частные производные 1-го порядка по всем параметрам с приравниваем их к нулю (2).

На основании полученных данных формируем систему математических зависимостей (3) в виде линейных функций, что позволяет определить коэффициент для каждого фактора, а в последующем сформировать массив данных в виде таблицы 6.

Таблица № 5

## Ранжирование факторов

№ п/п	Наименование фактора	Расшифровка понятия	Оценочный балл
1	Вид конструкций	ограждающие	1
		совмещенные	2
		несущие	3
2	Степень повреждения конструкций	0-30%	1
		31-60%	2
		61% и выше	3
3	Наличие транспортных коммуникаций	объект расположен в непосредственной близости к крупным транспортным узлам, в непосредственной близости расположены крупные магистрали и производства, мегаполисы	1
		объект расположен в отдалении от крупных городов, однако присутствуют действующие пути сообщения с производствами, есть возможность доставить на объект строительную технику, оборудование и материалы	2
		объект расположен в отдалении от крупных транспортных узлов, до объекта сложно добраться персоналу и технике	3
4	Экономичность	стоимость восстановления ниже стоимости сноса и нового строительства	1
		стоимость восстановления приблизительно равна стоимости сноса и нового строительства	2
		стоимость восстановления выше стоимости сноса и нового строительства	3
5	Уровень ответственности и объекта	повышенный	1
		нормальный	2
		пониженный	3
6	Заданное время на восстановление здания	экстренно (устранение повреждений необходимо без промедления, времени на подготовку нет)	1
		срочно (устранение повреждений необходимо в ближайшее время, времени на подготовку мало)	2
		не срочно (устранение повреждений необходимо, но времени на качественную подготовку достаточно)	3

$$S(a, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6) = \sum (y - a - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3 - b_4x_4 - b_5x_5 - b_6x_6)^2$$

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a} = -2 \sum (y - a - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3 - b_4x_4 - b_5x_5 - b_6x_6) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial b_1} = -2 \sum x_1 (y - a - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3 - b_4x_4 - b_5x_5 - b_6x_6) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial b_2} = -2 \sum x_2 (y - a - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3 - b_4x_4 - b_5x_5 - b_6x_6) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial b_3} = -2 \sum x_3 (y - a - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3 - b_4x_4 - b_5x_5 - b_6x_6) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial b_4} = -2 \sum x_4 (y - a - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3 - b_4x_4 - b_5x_5 - b_6x_6) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial b_5} = -2 \sum x_5 (y - a - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3 - b_4x_4 - b_5x_5 - b_6x_6) = 0; \\ \frac{\partial S}{\partial b_6} = -2 \sum x_6 (y - a - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3 - b_4x_4 - b_5x_5 - b_6x_6) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 + b_3 \sum x_3 + b_4 \sum x_4 + b_5 \sum x_5 + b_6 \sum x_6 = \sum y; \\ a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1x_2 + b_3 \sum x_1x_3 + b_4 \sum x_1x_4 + b_5 \sum x_1x_5 + b_6 \sum x_1x_6 = \sum yx_1; \\ a \sum x_2 + b_1 \sum x_1x_2 + b_2 \sum x_2^2 + b_3 \sum x_2x_3 + b_4 \sum x_2x_4 + b_5 \sum x_2x_5 + b_6 \sum x_2x_6 = \sum yx_2; \\ a \sum x_3 + b_1 \sum x_1x_3 + b_2 \sum x_2x_3 + b_3 \sum x_3^2 + b_4 \sum x_3x_4 + b_5 \sum x_3x_5 + b_6 \sum x_3x_6 = \sum yx_3; \\ a \sum x_4 + b_1 \sum x_1x_4 + b_2 \sum x_2x_4 + b_3 \sum x_3x_4 + b_4 \sum x_4^2 + b_5 \sum x_4x_5 + b_6 \sum x_4x_6 = \sum yx_4; \\ a \sum x_5 + b_1 \sum x_1x_5 + b_2 \sum x_2x_5 + b_3 \sum x_3x_5 + b_4 \sum x_4x_5 + b_5 \sum x_5^2 + b_6 \sum x_5x_6 = \sum yx_5; \\ a \sum x_6 + b_1 \sum x_1x_6 + b_2 \sum x_2x_6 + b_3 \sum x_3x_6 + b_4 \sum x_4x_6 + b_5 \sum x_5x_6 + b_6 \sum x_6^2 = \sum yx_6 \end{cases} \quad (3)$$

Таблица № 6

Коэффициенты уравнения множественной регрессии

a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>
-1,064	-0,421	0,214	0,3	0,321	0,021	0,307

С найденными коэффициентами, уравнение принимает вид (4):

$$y_x = -0,421x_1 + 0,214x_2 + 0,3x_3 + 0,321x_4 + 0,021x_5 + 0,307x_6 - 1,064, \quad (4)$$

Оценим практическую значимость уравнения множественной регрессии с помощью показателя детерминации с использованием методов дисперсионного анализа [15].

Были рассчитаны следующие показатели:

1.  $\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2 = \text{TSS} = 0,564$  – total sum of squares (сумма квадратов относительно среднего  $Y$  (общая));

2.  $\sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - \bar{y})^2 = \text{RSS} = 0,548$  – regression (residual) sum of squares (сумма квадратов обусловленная регрессией (объясненная));

3.  $\sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - y_i)^2 = \text{ESS} = 0,016$  – error sum of squares (сумма квадратов относительно регрессии (необъясненная, остаток)).

Находим коэффициент детерминации (5):

$$R^2 = \frac{\text{RSS}}{\text{TSS}} = \frac{\text{TSS} - \text{ESS}}{\text{TSS}} = 1 - \frac{\text{ESS}}{\text{TSS}} = 0,97, \quad (5)$$

Данное значение коэффициента (0,97) доказывает высокую степень точности прогнозируемого результата по данной модели.

Помимо этого, необходимо проверить значимость на основании  $F$  - критерия Фишера. В данном случае должно выполняться условие, при котором критическое значение  $F$ -критерия ниже, чем фактическое.

Находим критическое значение  $F$ -критерия. Это табличная величина. Принимаем ее с учетом числа степеней свободы, равному  $k_1=6$ ,  $k_2=8$  и уровню значимости 0,05.

Далее находим фактическое значение (6):

$$F_R = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m} = \frac{0,97}{1-0,97} \cdot \frac{15-6-1}{6} = 43,1, \quad (6)$$

Сравниваем полученные ранее значения:

$$F_R = 43,1 > F_{\text{крит}} = 2,92$$

Неравенство выполняется, следовательно, найденное уравнение множественной регрессии можно считать статически значимым при заданном уровне надежности.

На основании рассмотренных ранее данных, представляется возможным сформировать **методику определения продолжительности ремонтно-восстановительных работ:**

Шаг 1. Оценка последствий повреждения или разрушения.

Данный этап предусматривает анализ последствий аварии, в том числе тип и степень повреждения конструкций и здания в целом, наличие транспортных коммуникаций, оценку экстренности ликвидации аварии.

Шаг 2. Определение объема работ.

На данном этапе необходимо произвести классификацию работ с разделением работ на категории по типу необходимых видов работ (восстановление, демонтаж и т.д.), а также сформировать дефектную ведомость работ.

Шаг 3. Планирование ресурсов.

На этом шаге проводится определение требуемого количества рабочей силы, техники, материалов и оборудования.

Шаг 4. Определение продолжительности работ с составлением календарного графика их выполнения

На данном этапе, формирование календарного графика выполнения работ, выполняется с учетом полученного уравнения множественной регрессии, с его показателем Упр.

На данном этапе проводится построение календарного графика производства работ, учитывающего определение последовательности выполнения задач и их взаимосвязей с учетом потенциальных непредвиденных обстоятельств и факторов рассмотренных ранее.

Шаг 5. Мониторинг и корректировка этапов и продолжительности работ.

Указанное предусматривает регулярное отслеживание выполнения графика производства работ в режиме реального времени. При

---

необходимости, должны вноситься изменения в график в зависимости от текущей ситуации.

### Выводы

На основании полученной совокупности оценок влияния факторов было разработано уравнение множественной регрессии:

$$y_x = -0,421x_1 + 0,214x_2 + 0,3x_3 + 0,321x_4 + 0,021x_5 + 0,307x_6 - 1,064.$$

Данное уравнение предполагается использовать на начальном этапе определения продолжительности ремонтно-восстановительных работ, что обеспечит более точную оценку и значимость влияния факторов на продолжительность работ при различном техническом состоянии здания, требующего ремонта.

Кроме этого, в рамках данного исследования была предложена методика определения продолжительности СМР, выполняемых в процессе ремонта, что обеспечит более эффективный ремонт объекта и минимизацию затрат.

### Литература

1. Shodjalilov Sh., Sharipova M. Monitoring — effective method for determining the technical condition of bearing elements of buildings and structures // Технические науки. 2021. Vol. 6-5(87). pp. 12—15.

2. Kirkham R.J., Alisa M., Pimenta da Silva A., Grindley T., Brondsted J. Eurolifeform: an Integrated Probabilistic Whole Life Cycle Cost and Performance // Proceedings of International Construction Research Conference of the Royal Institution Chartered Surveyors (COBRA). 2004. URL: [research.manchester.ac.uk/en/publications/eurolifeform-an-integrated-probabilistic-whole-life-cycle-cost-an](http://research.manchester.ac.uk/en/publications/eurolifeform-an-integrated-probabilistic-whole-life-cycle-cost-an).

3. Гаврилов Н.Т. Прогнозирование технико-эксплуатационного состояния зданий и сооружений // Макцентр. 2002. С. 203.

---

4. Крянев А.А., Семенов С.С. К вопросу о качестве и надежности экспертных оценок при определении технического уровня сложных систем // Надежность. 2013. №4 (47). С. 90-99.

5. Курченко Н.С. Выбор организационно-технологических решений для объектов строительства с учетом случайных факторов // Системные технологии. 2018. №2 (27). С. 64-68.

6. Soytu N. Y., Aleynikova M. A., Novozhilova A. V. Investigation of the Technical Condition of Buildings and Structures in the Conditions of Dangerous Geological Processes // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 151. pp. 234—240.

7. Шахраманьян А. М., Шахраманьян М. А. Способ мониторинга и прогнозирования технического состояния зданий и сооружений и система мониторинга и прогнозирования технического состояния зданий и сооружений (варианты). Патент № RU 2381470 С2 //2010. Бюл. №4. URL: [patents.google.com/patent/RU2381470C2/ru](https://patents.google.com/patent/RU2381470C2/ru).

8. Сергеев В. В., Артемов К. А., Саранова Д. В., Карпушко Е. Н. Анализ нормативных документов в сфере оценки технического состояния объектов строительства // Актуальные проблемы и перспективы развития строительного комплекса: сб. международной науч.-практ. конф. Волгоград. 2022. С. 573—575.

9. Mashukova M. H. Automated Monitoring System for the Technical Condition of Buildings // Proceedings of the 2018 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies". 2018. St. Petersburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 2018. pp. 245—247.

10. Дивина Т.В., Петракова Е.А., Вишневецкий М.С. Основные методы анализа экспертных оценок // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. №7. С. 42-44.

---

11. Чеснокова О. Г. Применение новых строительных технологий при реконструкции старого жилого фонда // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. Стр-во и архитектура. 2004. № 4. С. 95—97. EDN KZWAUH.

12. 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](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3453).

13. Бирюков А.Н., Руденко А.А., Бирюков Ю.А. Техничко-экономические и организационные аспекты восстановления объектов военной инфраструктуры. СПб: ООО «Р-КОПИ», 2021. 284 с.

14. Муратов А.Н., Бекасов Р.Д., Нурутдинов А.О., Нурисламов Р.Н., Муродов Э.Р., Нишонов А.Б. Математическая статистика // Мирская наука. 2020. №7 (40). С. 231-240.

15. Олейникова Я.И., Горбунова А.А., Есиков А.Н. Особенности изучения математической статистики // StudNet. 2022. №6. URL: [cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-izucheniya-matematicheskoy-statistiki](http://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-izucheniya-matematicheskoy-statistiki).

### References

1. Shodjalilov Sh., Sharipova M. Tehnicheskie nauki. 2021. Vol. 6-5(87). pp. 12—15.

2. Kirkham R.J., Alisa M., Pimenta da Silva A., Grindley T., Brondsted J. Proceedings of International Construction Research Conference of the Royal Institution Chartered Surveyors (COBRA). 2004. URL: [research.manchester.ac.uk/en/publications/eurolifeform-an-integrated-probabilistic-whole-life-cycle-cost-an](http://research.manchester.ac.uk/en/publications/eurolifeform-an-integrated-probabilistic-whole-life-cycle-cost-an).

3. Gavrilov N.T. Prognozirovanie tehniko-jekspluatacionnogo sostojanija zdaniy i sooruzhenij [Forecasting the technical and operational condition of buildings and structures]. Makcentr. 2002. P. 203.

4. Krjanev A.A., Semenov S.S. Nadezhnost'. 2013. №4 (47). pp. 90-99.
  5. Kurchenko N.S. Sistemnye tehnologii. 2018. №2 (27). pp. 64-68.
  6. Soyту N. Y., Aleynikova M. A., Novozhilova A. V. Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. Vol. 151. pp. 234—240.
  7. Shahraman'jan A. M., Shahraman'jan M. A. Sposob monitoringa i prognozirovaniya tehničeskogo sostojaniya zdaniy i sooruzhenij i sistema monitoringa i prognozirovaniya tehničeskogo sostojaniya zdaniy i sooruzhenij (varianty) [Method for monitoring and forecasting the technical condition of buildings and structures and a system for monitoring and forecasting the technical condition of buildings and structures (options)]. Patent № RU 2381470 C2. Bjul. №4. 2010. URL: [patents.google.com/patent/RU2381470C2/ru](https://patents.google.com/patent/RU2381470C2/ru).
  8. Sergeev V. V., Artemov K. A., Saranova D. V., Karpushko E. N. Aktual'nye problemy i perspektivy razvitija stroitel'nogo kompleksa: sb. mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. Volgograd. 2022. pp. 573—575.
  9. Mashukova M. H. Proceedings of the 2018 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies". 2018. St. Petersburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 2018. pp. 245—247.
  10. Divina T.V., Petrakova E.A., Vishnevskij M.S. Jekonomika i biznes: teorija i praktika. 2019. №7. pp. 42-44.
  11. Chesnokova O. G. Vestn. Volgogr. gos. arhitektur.-stroit. un-ta. Ser. Str-vo i arhitektura. 2004. № 4. pp. 95—97.
  12. Abramjan S.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3453](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2015/3453).
  13. Birjukov A.N., Rudenko A.A., Birjukov Ju.A. Tehniko-jekonomicheskie i organizacionnye aspekty vosstanovlenija ob#ektov voennoj infrastruktury [Technical, economic and organizational aspects of the restoration of military infrastructure facilities]. SPb: ООО «R-KOPI», 2021. 284 p.
-



14. Muratov A.N., Bekasov R.D., Nurutdinov A.O., Nurislamov R.N., Murodov Je.R., Nishonov A.B. Mirovaja nauka. 2020. №7 (40). pp. 231-240.

15. Olejnikova Ja.I., Gorbunova A.A., Esikov A.N. StudNet. 2022. №6. URL: [cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-izucheniya-matematicheskoy-statistiki](http://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-izucheniya-matematicheskoy-statistiki).

**Дата поступления: 3.11.2024**

**Дата публикации: 1.01.2025**