

ЗАДАЧА ПЕРСПЕКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Погодаев А. К., Корнеев А. Д., Маракушин М. В.
(Липецкий государственный технический университет)

Перспективное планирование ремонта жилых зданий необходимо для обеспечения контроля за их состоянием и повышения качества своевременных ремонтов с наименьшими затратами.

Задачу перспективного планирования ремонтно-восстановительных работ можно разделить на две подзадачи.

1. Прогнозирование физического износа конструктивных элементов.

Прогноз состояния новых зданий целесообразно проводить с использованием нормативных показателей срока службы конструктивных элементов.

В старых зданиях прогрессирование физического износа конструкций за определённый диапазон времени и степень отрицательного его влияния на износ здания в целом происходят значительно быстрее по сравнению с новыми домами. В то же время практически нет методов нормирования этого процесса.

Несмотря на это, для планирования, эксплуатации и капитального ремонта необходимо прогнозировать состояние зданий на перспективу. В целях обеспечения наибольшей точности прогнозирования и своевременной корректировки перспективных планов, единственным способом обновления и уточнения характеристик домов является периодическое проведение частичных или общих повторных сплошных обследований жилого фонда [1].

Периодичность таких обследований необходимо установить дифференцировано – в зависимости от сроков службы зданий и их фактического состояния, определённого при первичном сплошном обследовании.

2. Планирование ремонтно-восстановительных работ.

При планировании ремонтно-восстановительных работ используются оценки физического износа конструктивных элементов, полученные на этапе прогнозирования и оценки точности прогноза. На основе этих данных вычисляются оценки стоимости ремонтных работ всего здания и его отдельных конструктивных элементов.

Прогнозирование износа конструктивных элементов здания осуществляется на основе зависимости его физического состояния в последующий момент времени от состояния в предыдущие моменты времени и от состояния сопряженных конструктивных элементов. Другими словами, при прогнозировании физического износа используются не только данные о динамике изменения состояния прогнозируемого конструктивного элемента, но и данные о других конструктивных элементах, оказывающих на прогнозируемый элемент непосредственное влияние.

Введём следующие обозначения:

y_{it} – физический износ i -го конструктивного элемента в момент времени t , $i=1, K, N$, $t=1, K, T$; R – длительность периода эксплуатации здания; r – момент времени от начала периода планирования, для которого строится прогноз.

Состояние конструктивного элемента в момент времени $T+r$ прогнозируется на основе регрессионной зависимости со следующей нелинейной структурой [2]:

$$(1) \quad y_{iT+r} = \sum_{t=R-E}^R \sum_{i=1}^N a_{it} f_i(y_{it}) + \sum_{t=R-D}^R c_t \exp\left(\sum_{i=1}^N b_{it} y_{it}\right);$$

где y_{iT+r} – значение износа конструктивного элемента в момент времени t от начала периода планирования; a_{it} – оценки коэффициентов регрессии линейной части, определяемые по экспериментальным данным; $f_i(y_{it})$ – базисные функции, выбираемые из условия максимальной адекватности модели; c_t и b_{it} – оценки коэффициентов нелинейных составляющих регрессионной зависимости; E и D – количество составляющих линейной и нелинейной частей модели, выбираемые также из условия максимальной адекватности.

Исходными данными для задачи планирования ремонтно-восстановительных работ являются оценки показателей физического износа всего здания, его отдельных конструктивных элементов, оценки стоимости ремонтных работ, нормативные сроки ремонта отдельных конструктивных элементов, объём выделенных финансовых средств. Учитывается также постоянное повышение рыночной стоимости недвижимости.

В зависимости от физического износа здания используется один из критериев для принятия решения о проведении ремонтных работ.

1. Аварийное состояние (физический износ – от 0,6 до 1,0). Решение о сносе здания или о проведении комплексного капитального ремонта принимается специалистами.

2. Физический износ от 0,4 до 0,6. В этом случае проводится комплексный капитальный ремонт, в первую очередь для зданий с наиболее высоким износом.

3. Значение физического износа лежит в пределах от 0,0 до 0,4. В этом случае проводится выборочный капитальный ремонт. Решение о распределении финансовых средств принимается по результатам решения оптимизационной задачи, критерием которой является максимизация экономического эффекта от проведения ремонтно-восстановительных работ.

В задаче распределения финансовых средств учитывается, что стоимость ремонтно-восстановительных работ, их длительность и экономическая выгода ремонта для любого конструктивного элемента с течением времени изменяется в связи с тем, что увеличивается его физический износ.

Оптимизация распределения финансовых средств основана на том, что рыночная стоимость здания увеличивается после ремонта, причём увеличение рыночной стоимости превышает стоимость ремонтных работ. Здания, находящиеся в аварийном состоянии, а также все другие здания, требующие срочного ремонта, ремонтируются вне очереди и не рассматриваются в задаче оптимизации.

План выборочных капитальных ремонтов записывается в виде множества таблиц. Для каждого здания, входящего в план составляется таблица следующего формата (табл. 1).

Таблица 1. План выборочных капитальных ремонтов
Дом № j

Время (t)	Конструктивный элемент (j)					
	Фундаменты ($i = 1$)		Стены ($i = 2$)		...	Газовое оборудование ($i = N$)
1	Z_{1j1}	\mathcal{E}_{1j1}	Z_{2j1}	\mathcal{E}_{2j1}		Z_{20j1} \mathcal{E}_{20j1}
2	Z_{1j2}	\mathcal{E}_{1j2}	Z_{2j2}	\mathcal{E}_{2j2}		Z_{20j2} \mathcal{E}_{20j2}
...						
T	Z_{1jT}	\mathcal{E}_{1jT}	Z_{2jT}	\mathcal{E}_{2jT}		Z_{20jT} \mathcal{E}_{20jT}

Масштаб времени может быть выбран произвольно, поэтому индексы времени 1, 2, 3, ..., $T-1$, T могут обозначать дни, недели, декады и т. д.

В каждой ячейке таблицы занесены стоимости оценки затрат на ремонт конструктивного элемента № i здания № j в момент времени t .

Задача планирования сводится к построению оптимального графика (2) проведения выборочных капитальных ремонтов при ограничениях (3) и (4). Период ремонта конструктивного элемента здания на этой таблице можно условно обозначить, к примеру, затемнением.

Для формального описания задачи введём следующие обозначения: x_{ijt} – булева переменная, определяемая следующим образом:

$$x_{ijt} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й элемент } j\text{-го} \\ & \text{здания подлежит ремонту в момент } t; \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

t_{ijt} – нормативная продолжительность ремонта i -го конструктивного элемента j -го здания в момент времени t ; T – длительность периода планирования; Z_{ijt} – затраты на ремонт i -го конструктивного элемента j -го здания в момент времени t ; C –

объём финансирования ремонтных работ на период планирования; \mathcal{E}_{ijt} – экономическая выгода от ремонта i -го конструктивного элемента j -го здания в момент времени t ; W – максимальное количество одновременно проводимых работ.

Необходимо решить оптимизационную задачу

$$(2) \quad S = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=0}^{T-t_{ij}} x_{ijt} (\mathcal{E}_{ijt} - \mathcal{Z}_{ij}) \rightarrow \max$$

при следующих ограничениях:

1) ограничение на объём финансовых средств:

$$(3) \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=0}^{T-t_{ij}} x_{ijt} \mathcal{Z}_{ij} \leq C;$$

2) ограничение на количество одновременно проводимых работ:

$$(4) \quad \max_{\forall t} \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ijt} \right) \leq W,$$

$$\text{где } w_{ijt} = \begin{cases} 1, & \text{если } t_{ij0} \leq t \leq t_{ij0} + t_{ij} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases},$$

t_{ij0} – момент начала ремонта i -го конструктивного элемента j -го здания.

Определение значения продолжительности ремонта i -го конструктивного элемента j -го здания в момент времени t (t_{ijt}) представляет определённую трудность. Дело в том, что прогнозу подвергается показатель физического износа элемента, который является комплексным и не отражает характер конкретных физических повреждений, которые требуют устранения. То есть невозможно установить чёткую зависимость величины t от физического износа. Для определения срока ремонта, а также затрат на ремонт и экономического эффекта необходимо привлечение экспертных оценок. Оценки можно представить в виде таблицы. Необходимо учесть, что указанные величины для одного и того же элемента могут варьироваться в зависимости от типа здания, поэтому целесообразно занести экспертные оценки в таблицы, соответствующих разным типам зданий.

Таблица 2. Зависимость срока ремонтных работ, затрат и экономического эффекта от степени физического износа
Тип здания № k

Физический износ	Конструктивный элемент (j)		
	Фундаменты ($i = 1$)	...	Газовое оборудование ($i = N$)
0,1	$t_{1k}(0,1)$ $\mathcal{Z}_{1k}(0,1) \quad \mathcal{E}_{1k}(0,1)$		$t_{Nk}(0,1)$ $\mathcal{Z}_{Nk}(0,1) \quad \mathcal{E}_{Nk}(0,1)$
0,2	$t_{1k}(0,2)$ $\mathcal{Z}_{1k}(0,2) \quad \mathcal{E}_{1k}(0,2)$		$t_{Nk}(0,2)$ $\mathcal{Z}_{Nk}(0,2) \quad \mathcal{E}_{Nk}(0,2)$
...			
0,9	$t_{1k}(0,9)$ $\mathcal{Z}_{1k}(0,9) \quad \mathcal{E}_{1k}(0,9)$		$t_{Nk}(0,9)$ $\mathcal{Z}_{Nk}(0,9) \quad \mathcal{E}_{Nk}(0,9)$

Таблица 2 позволяет записать затраты, экономический эффект и время ремонта отдельного конструктивного элемента. Но известно, что суммарные затраты на ремонт некоторой группы конструктивных элементов могут быть ниже суммы затрат на ремонт каждого элемента, входящего в группу. Например, если стоимость замены системы горячего водоснабжения равна \mathcal{Z}_1 , а холодного – \mathcal{Z}_2 , то сумма на одновременную замену систем и горячего, и холодного водоснабжений может быть меньше $\mathcal{Z}_1 + \mathcal{Z}_2$. Для учёта данной особенности, во-первых, необходимо выделить такие группы конструктивных элементов, а, во-вторых, указать стоимости ремонта групп. Для выделения групп экспертам может быть предложено заполнить таблицу (табл. 3), характеризующую целесообразность совместного ремонта конструктивных элементов.

Таблица 3. Объединение конструктивных элементов в подмножества

Элемент	Элемент			
	Фундаменты ($i = 1$)	Стены ($i = 2$)	...	Газовое оборудование ($i = N$)
Фундаменты ($i = 1$)	1	1		0
Стены ($i = 2$)		1		0
...				
Газовое оборудование ($i = N$)				1

Сформированные множества конструктивных элементов могут быть описаны при помощи такой структуры данных, как дерево (рис. 1).

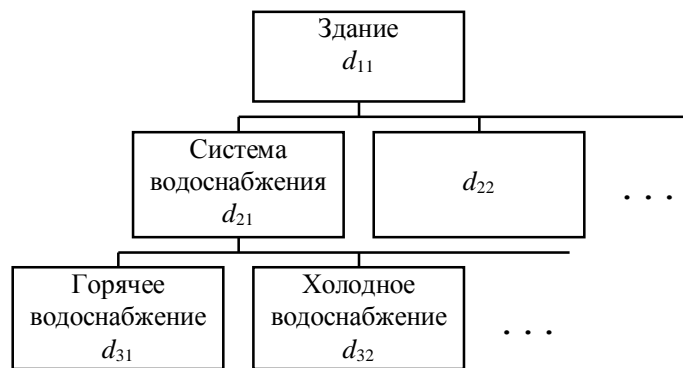


Рис. 1. Иерархическая группировка конструктивных элементов

В узлах дерева записываются удельные стоимости ремонта группы конструктивных элементов (стоимость ремонта на один процент физического износа или на один процент показателя

физического износа). В частности, листья дерева – это удельные стоимости ремонта отдельных конструктивных элементов.

Описанная математическая модель позволяет прогнозировать физический износ жилого фонда и на основе этого прогноза составлять оптимальный план ремонтно-восстановительных работ. Однако следует отметить, что для отдельно взятого здания математические методы прогнозирования и планирования, как правило, не дают более точных результатов, чем экспертная оценка, так как математическая модель не способна учесть все факторы, влияющие на физическое состояние, стоимость ремонтных работ, рыночную стоимость жилья и т. д. Кроме того, математическая модель использует в качестве исходных данных те же самые экспертные оценки. Автоматизация решения задач прогнозирования физического износа и планирования ремонтно-восстановительных работ с использованием описанной модели необходима для большой совокупности объектов. В этом случае ручное планирование является крайне трудоёмким процессом и не позволяет построить оптимальный план.

Литература

1. БЛЮМИН С. Л., ПОГОДАЕВ А. К., БАРЫШЕВ В. В. *Оптимальное моделирование технологических связей*. Липецк: типография ЛипПИ, 1993. – 68 с.
2. БУБЕС Э. Э., ПОПОВ Г. Т., ШАРЛЫГИНА К. А. *Оптимальное перспективное планирование капитального ремонта и реконструкции жилищного фонда*. М: Стройиздат, 1974 – 384 с.