

*другий* - виконання обстеження будинку та оцінка його технічного стану (Рекомендації стосуються саме цього етапу);

*третій* - розроблення проекту реконструкції, з урахуванням результатів роботи на попередньому етапі, та його узгодження і затвердження у встановленому порядку;

*четвертий* - виконання будівельно-монтажних робіт відповідно до проекту їх виробництва;

*п'ятий* - прийняття реконструйованого будинку в експлуатацію.

Рекомендації являються узагальненим посібником з організації, виконання та документування результатів обстеження й оцінки технічного стану будинку, можуть бути поширені на обстеження житлових будинків, збудованих після 70-х років, інших конструктивних систем, поверховості тощо.

Для успішного виконання Програми реконструкції житлових будинків необхідне пошлявлення діяльності головних науково-дослідних та територіальних проектних організацій щодо перевірки якості обстежень, проектування, будівництва та діяльності ліцензованих організацій щодо будівництва та експлуатації житлового фонду в складних інженерно-геологічних та сейсмічних умовах.

УДК 69.059.25

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА - ОСНОВА РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Н.Н.Попов, В.А.Меняйло*

### **I. Актуальность**

Техническая диагностика строительных конструкций и внутреннего инженерного оборудования здания направлена на оценку их эксплуатационных качеств при планировании, проектировании ремонта, обоснования мероприятий для выполнения работ по их реконструкции с целью обеспечения надежности строения и безопасности его дальнейшей эксплуатации.

Указанная проблема является сложной и многогранной технической задачей, комплексное решение которой предусматривает: использование методов и средств визуального и/или инструментального обследования; применение современных математических способов расчета эксплуатационных качеств конструкций на основании данных обследования; принятие обоснованного заключения о техническом состоянии здания; разработка проектно-конструкторской документации для выполнения работ по реконструкции здания.

Основанием для необходимости комплексного решения этой задачи в области жилищного строительства является ряд документов:

- ◆ Постановление КМ Украины за № 409 «Про забезпечення надійності і безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж»;
- ◆ КДП-2041-12, Держжитлокомунгосп України, додаток від 02, 07.93 за № 52;



- ◆ ВСН 53-86(р);
- ◆ Положение о проведении ППР жилых и общественных зданий и сооружений, М., 1970.

## 2. Теоретические основы

Большинство реальных задач строительного производства являются неформальными (не имеющими строгого аналитического обоснования), что объективно сдерживает процесс их автоматизации. Материал этого сообщения иллюстрирует один из научно-обоснованных путей практического решения проблемы технической диагностики строительных конструкций с использованием средств вычислительной техники.

В основе разработки компьютерной экспертной системы положен системный подход, реализующий этапы: сбора исходной информации об объекте обследования; принятия решения на основании данных обследования; заключения о его техническом состоянии.

Техническое состояние конструкций и внутреннего инженерного оборудования жилых зданий определяется на основании известных нормативных документов в виде:

Конструкция	Признаки износа Обнаруженные дефекты	Количественная оценка (от...до), %	Состав рем. работ
1	2	3	4

Структуру этих сведений можно использовать для неформального описания процесса диагностики конструкций здания и/или его внутреннего инженерного оборудования, если в основу рассуждений положить систему правил (продукций) вида:

**ЕСЛИ** <обследована i-ая конструкция> **И** <признаки ее износа обнаружены средствами визуального и/или инструментального контроля **ТО** <количественная оценка ее технического состояния определена, и, поэтому, следует выполнить рекомендуемый перечень ремонтных работ для устранения обнаруженных дефектов, либо принять решение о реконструкции или замене конструкции >.

Формулировка правил «**ЕСЛИ-ТО**» основана на положениях теории прикладного искусственного интеллекта, широко используемой в современных автоматизированных информационных системах принятия решений для приложений, не имеющих аналитического описания.

Состояние любой конструкции здания характеризуется различными признаками ее физического износа, количественные характеристики которых как правило не принадлежат одному из нормативных интервалов и только одной строке указанной выше таблицы, что приводит к неоднозначности их выбора, а заключение о техническом состоянии конструкции становится субъективным, существенно зависящим от квалификации лиц проводящих обследование. Этот недостаток норм можно ослабить, используя научно обоснованные методы оптимального ранжирования признаков износа, что позволяет автоматизировать процесс заключения о техническом состоянии конструкции,



Группируем сведения таблицы, представив их в функции от каждого из признаков износа  $\Phi_i$  конструктивного элемента. Тогда износ конструктива (например, стены кирпичной) можно записать в виде мнемонической формулы, используя определение технического состояния в форме цели, как вектора переменных  $\{\Phi_i\}$ , в терминах теории нечетких множеств Л.Заде:

$$\Phi_c = \{ \langle \Phi_m \rangle KY_1; \langle \Phi_w \rangle KY_2; \langle \Phi_k \rangle KY_3 \} = \\ = \{ \langle \text{Трещины шириной до 2 мм, глубиной до 1/3 толщины стены} \rangle KY_1; \\ \langle \text{Отслоение и отпадение штукатурки местами} \rangle KY_2; \langle \text{Выпадение кирпичей; отклонение от вертикали до 1/200 высоты стены} \rangle KY_3 \}, \quad (1)$$

здесь  $\langle \Phi_m \rangle$ ,  $\langle \Phi_w \rangle$ ,  $\langle \Phi_k \rangle$  - признаки износа конструктива «стена» по фактам развития трещин, состояния штукатурки и кирпичной кладки (описано только одно из состояний стены);

$KY_i$  - мера уверенности лица в %, сделавшего выбор  $i$ -го признака износа.

Таким образом, этап сбора исходных данных об объекте диагностики заключается в формировании функции цели  $\Phi_c$ , зависимой от нечетких переменных (признаки износа).

Вектор  $\{\Phi\}$  признаков физического износа может быть как угодно подробным. Это задача совершенствования неформальной модели диагностики может быть ограничена нормами, либо детализирована специалистом, имеющим большой практический опыт.

Доверие к выбору дефекта  $KY_i$  определяется согласно рекомендаций:

- ◆ 1% - полная неуверенность в сделанном выборе;
- ◆ 100% - сделан совершенно правильный выбор;
- ◆ промежуточные значения (больше 1 и меньше 100) означают, что уверенность в сделанном выборе определена рядом причин профессионального, либо производственного характера (ограничен доступ к обследуемой конструкции, компетентность и т.п.).

Таким образом учитывается человеческий фактор при регистрации дефектов в конструкции в форме уверенности/сомнения лица проводящего обследование.

Установив меру уверенности/сомнения в сделанном выборе, можно пересчитать износ конструкции для каждого из признаков нечеткой функции цели  $\Phi_c$ . Однако этих сведений недостаточно для однозначного заключения о степени ущербности конструкции, т.к. функция цели  $\Phi_c$  многозначна по определению. Для научно обоснованного заключения о техническом состоянии конструкции следует рассчитать максимальный износ конструкции, зная вектор признаков ее физического износа в (1).

Техническое состояние конструкции является функцией признаков износа  $\Phi_i$ , которую представим в форме их суперпозиции:

$$\Phi_c = \sum_{i=1}^N \Phi_i * X_i = \Phi_m * X_1 + \Phi_w * X_2 + \Phi_k * X_3, \quad (i=1, 2, 3), \quad (2)$$

где  $X_i$  - искомые весовые коэффициенты.



Если значения признаков  $\Phi_i$  установлены в результате обследования, то максимальный износ конструкции есть решение задачи математического программирования вида

$$\Phi_c(X) \Rightarrow \max, \quad (3)$$

при условии, что

$$\sum_{i=1}^N X_i = 1, \quad X_i \geq 0, \quad (i = 1, 2, \dots, N). \quad (4)$$

Задача (2)-(4) оптимального ранжирования признаков износа  $\Phi_i$  является выпуклой по определению, порождает единственное решение для функции цели  $\Phi_c(X)$  и не требует участия эксперта в выработке заключения.

Но эта модель не учитывает того факта, что строение является сложной инженерной системой, работа которой под действием эксплуатационных нагрузок приводит к взаимосвязанному развитию дефектов, если предпосылка о нормальной эксплуатации строения имеет место на практике (рекомендации цитируемых норм основаны именно на такой предпосылке).

Оценка технического состояния конструкции в такой постановке является задачей ранжирования признаков износа  $\Phi_i$  так, чтобы искомым вектор  $\{X\}$  порождал бы проективную точку функции цели  $\Phi_c(X)$ , минимально уклоняющуюся от всех  $\Phi_i$ , будучи максимальной одновременно (седловая точка). Такая нетрадиционная задача принятия решения основана на поиске компромиссного решения на множестве Парето.

Условие минимального отклонения всех признаков износа  $\Phi_i$  от искомой максимальной величины  $\Phi_c$  основано на использовании известной теоремы о максимине, которая позволяет сформулировать задачу компромиссного ранжирования факторов износа как матричную игру двух партнеров «строитель-здание» в форме пары двойственных задач линейного математического программирования. Прямая задача партнера «строитель» суть выбор стратегии  $\{X\}$ , максимизирующей функцию цели  $\Phi_c(X)$ ; двойственная задача партнера «здание» - минимизировать последствия от использования  $\{X\}$  при отклонении расчетного значения  $\Phi_i$  от полученного при обследовании. Именно наличие противоречивых ограничений исключает использование методов математического анализа, а математическое программирование является реальной тому альтернативой.

Наилучшее решение для функции физического износа  $\Phi_c$  является неухудшаемым по отношению ко всем параметрам  $\Phi_i$ , установленных при обследовании.

Применение модели компромиссной оптимизации к диагностике отдельной конструкции обобщается на заключение о техническом состоянии всего здания, полагая, что элементами вектора признаков его износа  $\{\Phi\}$  являются значения  $\Phi_i$ , вычисленные в (2)-(4) для каждой  $i$ -ой обследованной конструкции здания:

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^N \Phi_i^* Z_i = \Phi_\phi^* Z_1 + \Phi_c^* Z_2 + \Phi_n^* Z_3 + \dots, \Rightarrow \max, \quad (i=1, 2, \dots, m), \quad (5)$$



где  $\phi$ ,  $c$ ,  $n$  - подстрочные символы типов конструкций (фундамент, стена, перекрытие...);

$z$  - подстрочный символ здания;

$Z$  - искомый вектор ранжирования износов обследованных конструкций;

$m$  - количество обследованных конструкций здания.

Проективная точка  $Z = \{z_1, \dots, z_m\}$  в (5) максимизирует функцию цели  $\Phi_z(Z)$  на гиперплоскости  $\Phi(z_1, \dots, z_m)$   $m$ -мерного пространства параметров физического износа  $\Phi_i$  диагностируемых конструкций здания. Вектор  $\{Z\}$  зависит от данных анализа технического состояния конструкций, заключение по которым получено в цикле решения задач (2)-(4), поэтому следует отметить, что оценка состояния здания с учетом экономической ответственности согласно формулы (2) КДП или формулы (4) ВСН строго не совпадет с решением (5), основанном на критерии чисто технической ответственности, т.к. коэффициенты восстановительной стоимости суть константы, а не искомые величины.

В отечественной периодике неоднократно отмечалось, что критерий экономической ответственности оправдан лишь целью инвентаризации объекта диагностики и не может служить объективным критерием обоснования очередности его постановки на ремонт с целью восстановления технических свойств, либо реконструкции.

Формулировка задачи технической диагностики приведенная выше подтверждает мнение экспертов о первоочередности выводов основанных на критерии технической ответственности.

Несущая способность конструкций и связанные с ней причины физического их износа являются объективными факторами доверия при решении о постановке здания на текущий или на внеочередной капитальный ремонт, реконструкцию или организацию его мониторинга.

### 3. Примеры компьютерной диагностики

Экспертное заключение о техническом состоянии стены кирпичной облицованной

Дата: 04 24 2000 Время: 15 18 32 ЭС DIAS\* 2000

#### ЭКСПЕРТИЗА...1

----- стена; участок/секция 1; объем 100,0% -----

Износ, %		Техническое состояние стены кирпичной (облицовкой керамическими блоками или плиткой)
норма	факт	
31-40	31	Выпадение облицовки более 20% площади стены
31-40	31	Растреск. кладки, выкрашиван. р-ра швов, высолы
21-30	25	Трещины в швах облицовки стены

#### Примерный состав ремонтных работ

Трещины Облицовка Кладка	заделка трещин в швах облицовки замена выпавшей облицовки ремонт поверхности кирпичной кладки и перекладка простенков отдельными участками объемом до 5 куб.м.
--------------------------	--

ВЫВОД: состояние стены удовлетворительное, %: 28.8



### ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЯ

Конструктив	Тип	Участок	Износ, %	Норма, %	Техническое состояние
фундамент	t4	No.1	36.41	31-40	не вполне удовлетворительно
стена	t12	No.2	53.59	41-60	неудовлетворительное
перекрытие	t24	No.3	16.67	11-20	вполне удовлетворительное
кровля	t29	No.4	15.00	11-20	вполне удовлетворительное

Обозначение:

t4 - фундамент ленточный крупноблочный (бут, бетон, ж/б)

t12 - стена из крупноразмерных блоков (одно/многослойные несущ. панели)

t24 - перекрытие из кирпичных сводиков по стальным балкам

t29 - кровля черепичная

### ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СТРОЕНИЯ

Конструктив	Тип	Тех. состояние	Износ, %	Уд .вес	Привед изн., %
фундамент	t4	экспертиза 1	36.4	0.216	7.9
стена	t12	экспертиза 2	53.6	0.487	26.1
перекрытие	t24	экспертиза 3	16.7	0.138	2.3
кровля	t29	экспертиза 4	15.0	0.159	2.4
<b>Итого:</b>					<b>38.6</b>

Обозначение: уд.вес - ранг конструктива в компромиссной оценке максимальной дефектности всего строения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭС

1. Техническое состояние строения не вполне удовлетворительное.
2. Конструктивные элементы строения в целом пригодны для эксплуатации, но требуют выборочного капитального ремонта, который наиболее целесообразен именно на данной стадии его эксплуатации.
3. Техническое состояние конструктивных элементов строения, перечень необходимых мероприятий по устранению обнаруженных дефектов даны в протоколах экспертиз (см. выше).
4. Примерная стоимость выборочного капитального ремонта объекта в % от восстановительной стоимости конструктивных элементов, 12-36.

### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ПЕРИОДИЧНОСТЬ ОСМОТРОВ И РЕМОНТОВ СТРОЕНИЯ

N	Капитальность	Ресурс	Виды осмотров и ремонтов	Периодичность
2	(вторая группа)	125 лет	ОО - общий осмотр	2 раза в год
			ЧО - частичный осмотр	не нормирован
			ВО - внеочередной осмотр	не нормирован
			ТП - текущий профилактический	1 раз в 3 года
			ТН - текущий непредвиденный	ежегодно
			ВК - выборочный капитальный	через 6 лет
		КК - комплексный капитальный	через 30 лет	

### Заключение

Отмечена актуальность, дано теоретическое обоснование практических путей автоматизации неформальных задач технической диагностики конструкций средствами вычислительной техники.



Показано, что компьютерная система диагностики жилых и общественных зданий и сооружений может быть построена на комплексном учете отраслевых нормативных документов, методах математического программирования и теории игр, базе знаний задачи прикладного искусственного интеллекта, основанной на правилах (продукциях).

Подчеркнута возможность использования теории нечетких множеств при совершенствовании модели регистрации дефектов обследуемых конструкций в форме учета человеческого фактора, как основного лица принятия технического решения в экспертной системе,

Дано обоснование математической модели диагностики строения как задачи чисто технической ответственности и приведены критические замечания относительно используемой экономической модели.

Приведены примеры практического использования компьютерной экспертизы.

УДК 728.31:69.059.14

## УНИФИКАЦИЯ ДОКУМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

*Г.Н.Агеева*

Характерной чертой современного этапа развития строительной отрасли является постоянный рост объемов реконструкции и капитального ремонта зданий.

Техническое состояние конструкций и инженерных систем влияет на выбор путей и методов сохранения зданий в сложившейся среде, а результаты технической экспертизы – на эффективность принимаемых конструктивно-планировочных решений реконструкции. По результатам технической экспертизы составляется отчетная документация в объеме, достаточном для выработки обоснованных рекомендаций о возможности дальнейшей эксплуатации здания, необходимости ремонта, его виде и объеме, целесообразности сноса с восстановлением первоначального облика.

Рекомендательный характер требований к основному отчетному документу – «Техническому заключению», изложенных в нормативной и специальной литературе, не ограничивает исполнителя в выборе вида и формы отчетности о проведенном техническом обследовании.

Большой объем разноплановой информации о здании, получаемой в процессе проведения технической экспертизы, потребовал определенной систематизации и представления в удобной для эксперта форме.

Учитывая специфику научной и проектной деятельности института «НИИпроектреконструкция», основными объектами исследования которой являются жилые здания постройки конца XIX – начала XX веков и здания, построенные по типовым проектам в 1960-70 гг., разработаны два варианта унифицированных структур технических заключений. Первый отражает конструктивные особенности зданий с массивными стенами, второй – крупнопанельных пятиэтажных жилых, построенных по типовым проектам серий 1-480, 1-480А, 1КГ-480, 1-464, 1-464А.

При разработке «Макета технического заключения о состоянии конструктивных элементов и систем инженерного оборудования жилого зда-