

Для выполнения оценивания технического состояния конструкции рекомендуется заполнять диагностическую карту для ввода исходных данных. Диагностическая карта (таблица 1) состоит из двух основных фаз «Визуальная инспекция» и «Базовые испытания», по результатам оценивания которых определяется уровень повреждения. Полученные уровни повреждения с учетом наличия или отсутствия проектной документации определяют класс повреждения конструкции.

Пример записи исходных данных представлен в таблице 2.

Таблица 1

Фаза «Визуальная инспекция»				
Конструкция				
Общее описание конструкции				
Распространение нормальных/наклонных трещин	Показатель – протяженность повреждений линейного размера, в % от длины пролета			
	нет	единичное	многочисленное	массовое
	0	0,5-10	10-40	>40
<i>Результаты обследования</i>				
Положение нормальных/наклонных трещин	Показатель – положение в пролете			
	нет	в средней зоне	в приопорной зоне	в средней и приопорной зоне
	0	1	2	3
<i>Результаты обследования</i>				
Распространение продольных коррозионных трещин	Показатель – протяженность повреждений линейного размера, в % от длины пролета			
	нет	локальное	частичное	сплошное
	0	0,5-10	10-40	>40
<i>Результаты обследования</i>				
Наличие коррозионных повреждений	Показатель – наличие повреждений			
	нет			есть
	0			1
<i>Результаты обследования</i>				
Поверхностные повреждения бетона ⁽¹⁾	Показатель – наличие повреждений			
	нет			есть
	0			1
<i>Результаты обследования</i>				
Распространение продольных силовых трещин в сжатой зоне	Показатель – наличие повреждений			
	нет			есть
	0			1
<i>Результаты обследования</i>				
Уровень повреждения конструкции				
Фаза «Базовые испытания»				
Характеристика конструкции	Показатели			
	Длина конструкции, l , мм			
	Высота конструкции, h , мм			
	Толщина защитного слоя бетона, c , мм			
	Диаметр арматурного стержня, \varnothing , мм			
БЕТОН				
Отношение толщины защитного слоя бетона к диаметру арматурного стержня, $\frac{c}{\varnothing}$	Показатель – отношение $\frac{c}{\varnothing}$			
	малое	среднее	большое	
	<1	1-3	>3	
<i>Результаты обследования</i>				
Образование трещин нормального отрыва	Показатель – ширина раскрытия трещины нормального отрыва			
	малая	допустимая	превышенная	чрезмерная
	не более 0,05 мм	от 0,05 до 0,4 мм	от 0,4 до 1 мм	более 1 мм
<i>Результаты обследования</i>				
Образование продольных коррозионных трещин	Показатель – ширина раскрытия трещины продольной коррозионной			
	малая	ограниченная	чрезмерная	
	не более 0,05 мм	от 0,05 до 1 мм	более 1 мм	
<i>Результаты обследования</i>				

АРМАТУРА				
Коррозия	Показатель – потеря массы арматурного стержня			
	малая	средняя	большая	
	до 1 %	от 1 до 3 %	более 3%	
<i>Результаты обследования</i>				
ДЕФОРМАЦИИ, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ				
Прогибы, перемещения	Показатель – относительный прогиб			
	малый	допустимый	превышенный	чрезмерный
	не более 1/900	от 1/900 до 1/250	от 1/250 до 1/50	более 1/50
<i>Результаты обследования</i>				
Уровень повреждения конструкции				
Наличие проектной документации ⁽²⁾	нет		есть	
	0		1	
Класс повреждения конструкции				
Примечания:				
1. Поверхностные повреждения бетона характеризуются изменением цвета и замасливанием поверхности бетона; появлением натечных образований (высолов, сталактитов и т. п.); шелушением, разрыхлением или выкрашиванием бетона, выколами, сколами или истиранием поверхности бетона; кавернами, раковинами, пустотами, инородными включениями в бетоне; повреждениями, вызванными морозной деструкцией, температурными воздействиями и др.				
2. Параметр наличие проектной документации включает анализ объема предоставленной проектной, исполнительной и эксплуатационной документации, изучение условий эксплуатации и др.				

Таблица 2

Фаза «Визуальная инспекция»				
Конструкция	Балки покрытия			
Общее описание конструкции	Сборная железобетонная конструкция пролетом 6 м, высота сечения 450 мм, ширина ребра 120 мм, ширина полки 200 мм, высота полки 120 мм. Рабочая арматура 2Ø22 А-III, поперечная арматура Ø6 А-I шаг 100 мм			
Распространение нормальных/наклонных трещин	Показатель – протяженность повреждений линейного размера, в % от длины пролета			
	нет	единичное	многочисленное	массовое
	0	0,5-10	10-40	>40
<i>Результаты обследования</i>				
Положение нормальных/наклонных трещин	Показатель – положение в пролете			
	нет	в средней зоне	в приопорной зоне	в средней и приопорной зоне
	0	1	2	3
<i>Результаты обследования</i>				
Распространение продольных коррозионных трещин	Показатель – протяженность повреждений линейного размера, в % от длины пролета			
	нет	локальное	частичное	сплошное
	0	0,5-10	10-40	>40
<i>Результаты обследования</i>				
Наличие коррозионных повреждений	Показатель – наличие повреждений			
	нет	есть		
	0	1		
<i>Результаты обследования</i>				
Поверхностные повреждения бетона	Показатель – наличие повреждений			
	нет	есть		
	0	1		
<i>Результаты обследования</i>				
Распространение продольных силовых трещин в сжатой зоне	Показатель – наличие повреждений			
	нет	есть		
	0	1		
<i>Результаты обследования</i>				
Уровень повреждения конструкции		1 (критический)		
Фаза «Базовые испытания»				
Характеристика конструкции	Показатели			
	Длина конструкции, <i>l</i> , мм	6000		
	Высота конструкции, <i>h</i> , мм	450		
	Толщина защитного слоя бетона, <i>c</i> , мм	22		
	Диаметр арматурного стержня, \varnothing , мм	22		

БЕТОН				
Отношение толщины защитного слоя бетона к диаметру арматурного стержня, $\frac{c}{\varnothing}$	Показатель – отношение $\frac{c}{\varnothing}$			
	малое	среднее	большое	
	<1	1-3	>3	
<i>Результаты обследования</i>	1			
Образование трещин нормального отрыва	Показатель – ширина раскрытия трещины нормального отрыва			
	малая	допустимая	превышенная	чрезмерная
	не более 0,05 мм	от 0,05 до 0,4 мм	от 0,4 до 1 мм	более 1 мм
<i>Результаты обследования</i>	0,8			
Образование продольных коррозионных трещин	Показатель – ширина раскрытия трещины продольной коррозионной			
	малая	ограниченная	чрезмерная	
	не более 0,05 мм	от 0,05 до 1 мм	более 1 мм	
<i>Результаты обследования</i>	0			
АРМАТУРА				
Коррозия	Показатель – потеря массы арматурного стержня			
	малая	средняя	большая	
	до 1 %	от 1 до 3 %	более 3%	
<i>Результаты обследования</i>	0			
ДЕФОРМАЦИИ, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ				
Прогибы, перемещения	Показатель – относительный прогиб			
	малый	допустимый	превышенный	чрезмерный
	не более 1/900	от 1/900 до 1/250	от 1/250 до 1/50	более 1/50
<i>Результаты обследования</i>	1/120 (0.00833)			
Уровень повреждения конструкции		1 (критический)		
Наличие проектной документации	нет		есть	
	0		1	
	x			
Класс повреждения конструкции		3 (неработоспособное состояние)		
Примечание – Числа, выделенные жирным курсивом, необходимо вносить как исходные данные для расчета степени повреждения конструкции				

Реализация экспертной системы в программной среде *MATLAB*

Расчет степени повреждения строительных конструкций по результатам обследования реализуется в программной среде *MATLAB* с использованием пакета расширения *Fuzzy Logic Toolbox*.

Для работы с программой необходимо выполнить следующие действия:

1. Загрузить файлы «Визуальная инспекция», «Базовые испытания», «Класс повреждения».
2. Открыть программную среду *MATLAB* и для вызова редактора системы нечеткого вывода в окне команд набрать имя *fuzzy* (на экране появится графический интерфейс редактора FIS).
3. Выполнить команду меню File>Import>From disk и выбрать загруженный файл для соответствующей фазы.
4. В появившемся окне открыть программу просмотра правил, выполнив команду View>Rules.
5. Ввести в поле ввода Input заполненные данные из диагностической карты соответствующей фазы (например, в представленном примере (см. таблицу 2) для

фазы «Визуальная инспекция» исходные данные [35 3 0 1 1 0]; для фазы «Базовые испытания» – [1 0.8 0 0 0.00833]; для фазы «Класс повреждения конструкции» – [1 1 0]).

6. Результат вывода отобразится в правой верхней части окна.

Описание полученных результатов

Уровень повреждения конструкции, получаемый по результатам оценивания технического состояния на этапе фазы «Визуальная инспекция» и фазы «Базовые испытания», характеризуется следующими параметрами, приведенными в таблице 3. Класс повреждения конструкции, получаемый по результатам всех этапов инспектирования (обследования), и соответствующие требования к ремонтным работам описаны в таблице 4.

Таблица 3 – Уровни повреждения конструкции

Уровень повреждения	Наименование	Характеристика
1	Критический	Уровень повреждения, при котором дальнейшая эксплуатация конструктивного элемента является небезопасной и может повлечь полное обрушение конструкции. Требует немедленного устранения.
2	Значительный	Уровень повреждения, характеризующийся многочисленными дефектами, при котором существенно ухудшаются эксплуатационные характеристики конструкции, надежность и долговечность. Требует устранения.
3	Малозначительный	Уровень повреждения, характеризующийся единичными дефектами, которые существенно не влияют на эксплуатационные характеристики конструкции.

Таблица 4 – Классы повреждения конструкции

Класс повреждения	Техническое состояние	Требования к ремонтным работам
1	Работоспособное	Повреждения и дефекты устраняются в процессе технического обслуживания и текущего ремонта в соответствии с рекомендациями, представленными в техническом заключении. Ограничений по эксплуатации нет.
2	Ограниченно работоспособное	Требуется детальное обследование. Повреждения и дефекты оказывают некоторое влияние на несущую способность конструкции, но опасность внезапного обрушения отсутствует. Необходим ремонт и усиление конструкции в соответствии с рекомендациями по восстановлению, описанными в техническом заключении. Эксплуатация конструкции допускается при строгом соблюдении всех эксплуатационных требований.
3	Неработоспособное	Требуется детальное обследование. Повреждения и дефекты свидетельствуют о значительной степени поврежденности конструкции. Необходимо срочное усиление или замена конструкции (уточняется при детальном обследовании).

		Необходимо ограждение опасной зоны, ограничение нагрузок, устройство временных креплений (при необходимости). Решение о запрете эксплуатации опасной зоны или здания в целом принимается в ходе обследования аттестованным специалистом.
--	--	--