

Для выполнения оценивания технического состояния конструкции рекомендуется заполнять диагностическую карту для ввода исходных данных. Диагностическая карта (таблица 1) состоит из двух основных этапов «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 – Диагностическая карта

Этап «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	затрудняюсь ответить	в припорной зоне в средней и припорной зоне
	0	1	1,5	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	затрудняюсь ответить		есть
	0	0,5		1
<i>Результаты обследования</i>				
Поверхностные повреждения бетона ⁽¹⁾	Показатель – наличие повреждений			
	нет	затрудняюсь ответить		есть
	0	0,5		1
<i>Результаты обследования</i>				
Распространение продольных силовых трещин в бетоне сжатой зоны элемента	Показатель – наличие повреждений			
	нет	затрудняюсь ответить		локальное
	0	0,5		1
<i>Результаты обследования</i>				
Уровень повреждения конструкции				
Этап «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				

Степень коррозионного повреждения	Показатель – потеря массы арматурного стержня		
	малая до 1 %	средняя от 1 до 3 %	большая более 3%
<i>Результаты обследования</i>			
ДЕФОРМАЦИИ, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ			
Прогибы, перемещения	Показатель – относительный прогиб		
	малый не более 1/900	допустимый от 1/900 до 1/250	превышенный от 1/250 до 1/50
<i>Результаты обследования</i>			
Уровень повреждения конструкции			
Наличие проектной документации ⁽²⁾	нет	частичное	есть
	0	от 0 до 1	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 – Диагностическая карта с примером записи исходных данных

Этап «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	затрудняюсь ответить	в приопорной зоне	в средней и приопорной зоне
	0	1	1,5	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	затрудняюсь ответить		есть	
	0	0,5		1	
<i>Результаты обследования</i>					
Поверхностные повреждения бетона ⁽¹⁾	Показатель – наличие повреждений				
	нет	затрудняюсь ответить		есть	
	0	0,5		1	
<i>Результаты обследования</i>					
Распространение продольных силовых трещин в бетоне сжатой зоны элемента	Показатель – наличие повреждений				
	нет	затрудняюсь ответить		локальное	
	0	0,5		1	
<i>Результаты обследования</i>					
Уровень повреждения конструкции		1 (критический)			
Этап «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, Ø, мм			22	
БЕТОН					

Отношение толщины защитного слоя бетона к диаметру арматурного стержня, $\frac{c}{\varnothing}$	Показатель – отношение $\frac{c}{\varnothing}$		
	малое <1	среднее 1–3	большое >3
Результаты обследования	1		
Образование трещин нормального отрыва	Показатель – ширина раскрытия трещины нормального отрыва		
	малая не более 0,05 мм	допустимая от 0,05 до 0,4 мм	превышенная от 0,4 до 1 мм
Результаты обследования	0,8		
Образование продольных коррозионных трещин	Показатель – ширина раскрытия трещины продольной коррозионной		
	малая не более 0,05 мм	ограниченная от 0,05 до 1 мм	чрезмерная более 1 мм
Результаты обследования	0		
АРМАТУРА			
Степень коррозионного повреждения	Показатель – потеря массы арматурного стержня		
	малая до 1 %	средняя от 1 до 3 %	большая более 3%
Результаты обследования	0		
ДЕФОРМАЦИИ, ПЕРЕМЕЩЕНИЯ			
Прогибы, перемещения	Показатель – относительный прогиб		
	малый не более 1/900	допустимый от 1/900 до 1/250	превышенный от 1/250 до 1/50
Результаты обследования	1/120 (0.00833)		
Уровень повреждения конструкции	1 (критический)		
Наличие проектной документации	нет	частичное	есть
	0	от 0 до 1	1
Класс повреждения конструкции	3 (неработоспособное состояние)		
Примечание – Числа и символы, 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 соответствующего этапа.
4. В появившемся окне открыть программу просмотра правил, выполнив команду View>Rules.
5. Ввести в поле ввода Input заполненные данные из диагностической карты соответствующего этапа (например, в представленном примере (см. таблицу 2) для этапа «Визуальная инспекция» исходные данные [35 3 0 1 1 0]; для этапа «Базовые испытания» – [1 0.8 0 0 0.00833]; для этапа «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 этапах «Визуальная инспекция» и «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. Требуется немедленного устранения.
2	Значительный	Уровень повреждения, характеризующийся многочисленными дефектами, при котором существенно ухудшаются эксплуатационные характеристики конструкции, надежность и долговечность. Требуется 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.