

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

На правах рукописи

САНАКУЛОВ ФАХРИДДИН АЛИБЕКОВИЧ

УДК 624.012.41:69.059.4

**НАДЕЖНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ПЛИТ ПОКРЫТИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Специальность 05.23.01 - Строительные
конструкции, здания и сооружения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

К И Е В - 1995

АВ 31.794

Диссертация является рукописью.
Работа выполнена на кафедре железобетонных и каменных конструкций Киевского Государственного технического университета строительства и архитектуры.

- Научный руководитель - доктор технических наук, профессор **БАРАШИКОВ А. Я.**
- Научный консультант - кандидат технических наук, доцент **СИРОТА М. Д.**
- Официальные оппоненты :
 - доктор технических наук, профессор **КОЛЯКОВ М. И.**
 - кандидат технических наук, с. н. с. **БАМБУРА А. Н.**
- Ведущая организация - ОАО "УкрНИИПграждансельстрой"

Защита состоится "24" февраля 1995 г. в " 13 " часов на заседании специализированного совета К 068.05.04 по присуждению ученой степени кандидата технических наук в Киевском Государственном техническом университете строительства и архитектуры по адресу: 252037, г. Киев, Воздухофлотский проспект, 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КГТУСА.

Автореферат разослан "24" фев. 1995 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

Н. Г. КУШНИРЕНКО

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00756222 (0)

**ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В комплексе решение проблемы реконструкции зданий и сооружений особое место занимают вопросы надежности строительных конструкций, обеспечивающих надежность и долговечность зданий и сооружений после их реконструкции и восстановления.

В предлагаемой диссертации из обширного круга вопросов по проблеме реконструкции решалась актуальная задача оценки надежности железобетонных конструкций, в процессе эксплуатации, во время ремонтов и реконструкции зданий и сооружений. Основное внимание уделено железобетонным плитам покрытия, в которых возникновение дефектов типа коррозии арматуры в результате агрессивного воздействия окружающей среды, наблюдается в последнее время настолько часто, что выросло в самостоятельную проблему.

Цель диссертации - оценка эксплуатационной надежности железобетонных плит покрытий по несущей способности, трещиностойкости в момент начала реконструкции и после реконструкции; оценки долговечности плит покрытий эксплуатируемых в различных, в том числе агрессивных средах с разработкой рекомендаций способов усиления.

Научная новизна работы:

- предложена методика расчета надежности железобетонных плит покрытий при реконструкции до и после усиления;
- получены количественные оценки влияния агрессивные среды на надежность и долговечность сборных железобетонных плит покрытий;
- получена закономерность снижения надежности за счет коррозии арматуры для оценки долговечности плит покрытий.

Практическая полезность работы:

- разработан алгоритм и программа на ПЭВМ для расчета надежности железобетонных плит покрытий до и после усиления;
- получены соотношения, устанавливающие процесс развития коррозии арматуры и снижения надежности за счет коррозии арматуры;
- предложена методика для оценки долговечности железобетонных плит покрытий, эксплуатируемых в агрессивных средах.

На защиту выносятся результаты, составляющие научную новизну и практическую полезность работы.

Внедрение результатов исследований осуществлено путем их использования при выполнении оценки эксплуатационной надежности и прогноза долговечности усиливаемых железобетонных конструкций.

подверженных коррозионному износу на ПО "Самаркандводстройиндустрия".

Апробация работы. Основные результаты доложены на IX Международной школе-семинаре "Расчет и управление надежностью больших механических систем", г. Екатеринбург, 1992 г.; на 54-й научно-технической конференции КИСИ в 1993 г.; на научно-технической конференции "Надежность зданий и сооружений", г. Черкассы, 1993 г.; на Международном семинаре "Экспериментально-статистическое моделирование в компьютерном материаловедении", г. Одесса, 1993 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 научных работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, приложения. Работа изложена на 154 страницах, содержит 10 таблиц, 43 рисунков, список литературы из 103 наименований.

Личный вклад диссертанта заключается в разработке методики оценки надежности железобетонных плит покрытий до и после усиления также методики оценки долговечности усиливаемых плит покрытий с помощью закономерностей снижения надежности плит за счет коррозии арматуры во времени.

В диссертации использованы современные численные методы исследований строительных конструкций, основанные на применении теории вероятностей, математической статистики и теории надежности.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Состояния вопроса. Проблемы реконструкции зданий и сооружений непосредственно связаны проблемой надежности строительных конструкций, ведущая роль в решении которой принадлежит А.Р. Ржаницину, В.В. Болотину, Н.С. Стрелецкому и др. Применение теории надежности к расчету железобетонных конструкций изложено в работах А.Я. Барашикова, Б.И. Беляева, А.И. Долганова, М.Б. Краковского, А.П. Кудзиса, Д.М. Подольского, А.Г. Ройтмана, Н.В. Савицкого, Ю.А. Самарина, Н.Н. Складнева, В.В. Судакова, В.П. Чиркова и др. исследователей.

Для всех типов железобетонных конструкций общим недостатком, снижающим их эксплуатационную надежность и долговечность является возникновение дефектов и повреждений при изготовлении конструкций, возведении зданий и сооружений из этих конструкций и, особенно при эксплуатации в агрессивных и атмосферных средах.

После накопления определенного объема повреждений конструкция выходит за пределы эксплуатационной надежности и такую конс-

струкцию необходимо усилить или реконструировать. Вопрос о виде и степени усиления может быть решен только после определения остаточной прочности конструкций на основе анализа сложившегося напряженно-деформированного состояния под воздействием силовых и несиловых факторов. В ряде работ проведена оценка надежности эксплуатируемых железобетонных конструкций, поврежденных коррозией рабочей арматуры. Показана возможность экономии арматуры за счет применения вероятностных методов расчета.

Эффективное повышение несущей способности, надежности и долговечности конструкций можно достичь наращиванием поперечных сечений или изменением ее первоначальной конструктивной а, значит, и расчетной схемы. Эту же проблему можно решить изменяя напряженно-деформированное состояние конструкции, что осуществляется предварительным напряжением арматуры.

Проанализированы эффективные виды усиления железобетонных конструкций и методы их расчета, разработанные С. В. Бондаренко, Н. Н. Онуфриевым, А. Л. Шагиным, Е. Р. Хило, Б. С. Поповичам. При анализе разработанных способов усиления отмечено практически полное отсутствие методов оценки остаточной прочности эксплуатируемых конструкций, свойства которых непрерывно ухудшаются под воздействием среды. Оценку степени повреждения конструкций и способов их усиления можно достичь в результате оценки эксплуатационной надежности конструкций с учетом остаточного ресурса.

В процессе анализа выявлено недостаточное внимание, которое уделялось исследователям до настоящего времени в решении задач надежности основных, наиболее массовых несущих конструкций - железобетонных плит покрытий.

На основе анализа оценки эксплуатационной надежности, долговечности железобетонных конструкций и их способов усиления сформулированы задачи исследований.

1. Надежность усиливаемых изгибаемых железобетонных конструкций.

Методика и алгоритм оценки надежности усиленных изгибаемых железобетонных элементов. Анализ аварийных ситуаций показывает, что во многих случаях расчет конструкций на надежность неизбежен. Такие расчеты необходимы при наличии агрессивных воздействий, при ожидании кратковременных перегрузок и в т. п. случаях. Расчеты на надежность дадут возможность привести усиливаемые конструкции к единому требуемому уровню надежности, снять излишние

запасы прочности и, таким образом, снизить стоимость восстановительных работ.

В диссертации под надежностью подразумевается основной ее показатель - безотказность, т.е. вероятность отсутствия отказов в конструкции в течение заданного отрезка времени.

Для оценки надежности усиленных конструкций по несущей способности и трещиностойкости составлен алгоритм. При этом использованы два метода: статистической линеаризации и статистических испытаний (Монте-Карло). Проанализированы два наиболее эффективных способа усиления: наращиванием в растянутой зоне и установкой дополнительной предварительно напрягаемой арматуры.

При использовании метода статистической линеаризации получены соотношения для математического ожидания и дисперсии несущей способности и трещиностойкости усиленного элемента. Определена характеристика безопасности по А.Р. Ржаницину и выполнена оценка надежности усиленных конструкций. В тоже время отмечено, что аналитические методы связаны с рядом допущений, в частности, о том, что случайные параметры независимы, распределены нормально, а резерв прочности линейно зависит от этих параметров. Такие предпосылки часто не соответствуют условиям эксплуатации и сужают область применения полученных результатов.

Универсальность численных методов позволяет избежать подобных допущений за счет увеличения объема производимых вычислений. Наиболее эффективным с точки зрения программной реализации является метод статистических испытаний (Монте-Карло). В работе он реализован в такой последовательности.

Методами статистического моделирования с учетом нормального закона распределения назначают реализации случайных величин - нагрузок, прочностных и геометрических параметров конструкции. Затем проводят расчет усиленных конструкций по несущей способности и трещиностойкости до и после усиления в соответствии со СНиП 2.03.01-84*.

Вероятность безотказной работы (надежность) конструкции определяют соотношением

$$P = N_1/N \quad (1)$$

где N_1 - счетчик событий с благоприятным исходом; в нашем случае $M_u > M$, $a_{сгс} < [a_{сгс}]$; N - количество проводимых испытаний.

Выполнено построение гистограммы распределения несущей способности и трещиностойкости усиленного элемента.

Приведенный алгоритм реализован в программе "УСИЛЕНИЕ" для ПЭВМ РС/АТ.

Результаты аналитических и численных исследований получаемые с помощью программы "УСИЛЕНИЕ". Для определения эффективности разработанной программы "УСИЛЕНИЕ" рассмотрены результаты обследований железобетонных плит покрытий Белгородского витаминного комбината, работающие в хлоросодержащих средах, агрессивных по признаку коррозии 3-го вида. Расчеты на надежность по несущей способности и трещиностойкости сечений, нормальных к продольной оси выполнены для плиты покрытия типа ПКЖ размером в плане 1.5х6 м высотой 30 см. Плита армирована 4-я рабочими стержнями из арматуры класса А-III диаметром 16 мм с площадью 8.04 см² и защитным слоем 3 см.

Рассматривали два способа усиления: наращиванием в растянутой зоне и постановкой преднапрягаемой арматуры. В качестве усиливающей арматуры приняты при первом способе усиления арматура класса А-III; при втором - А-IIIв.

По результатам обследований было установлено, что площадь поперечного сечения рабочей арматуры за счет коррозии уменьшилась в среднем на 15 % т.е. диаметры уменьшились с 16 мм до 14.7 мм. Таким образом, фактическая площадь сечения арматуры к моменту реконструкции составила в среднем 6.834 см². Внешний изгибающий момент составил $M = 85,4$ кНм.

Расчеты на надежность производили в следующем порядке. Сначала определяли проектную надежность плиты без усиления. В качестве случайных приняты следующие величины: прочность арматуры с коэффициентом вариации $v_a = 0.054$, прочность бетона на сжатие с $v_{Rb} = 0.135$, толщина защитного слоя с $v_a = 0.18$, ширина сечения с $v_b = 0.012$, высота сечения с $v_h = 0.025$, внешний изгибающий момент с $v_M = 0.05$.

Затем учитывали возможные уменьшения диаметра арматуры за счет коррозии и определяли эксплуатационную надежность плиты. Площадь сечения существующей арматуры тоже принята как случайная величина с коэффициентом вариации $v_{As} = 0.038$.

При назначении коэффициентов вариации учитывали рекомендации норм и результаты проведенных испытаний.

Поставлена задача поднять уровень надежности плиты с помощью

усиления до проектной надежности. Для этого необходимо последовательно увеличивать площадь поперечного сечения арматуры усиления.

По результатам расчета (см. табл. 1), полученным аналитическим методом видно, что арматуру усиления при первом способе, т.е. наращиванием в растянутой зоне можно принимать 2 \varnothing 9 А-III. В этом случае надежность усиленного элемента будет не ниже надежности запроектированного.

Таблица 1.

Результаты оценки надежности полученные аналитическими и численными методами

Стадия эксплуатации, способы усиления	Площадь арматуры усиления $A_{зд}, \text{см}^2$	Результаты расчетов надежности			
		по несущей способности		по ширины раскрытия трещин	
		надежность	разность, %	надежность	разность, %
До начала эксплуатации	0	$\frac{0.9999388}{1.00}$	0.006	$\frac{1.00}{1.00}$	0
После коррозии арматуры	0	$\frac{0.9186336}{0.9446}$	2.74	$\frac{0.9814515}{0.982}$	0.056
После усиления:					
1. Нарращиванием в растянутой зоне					
итерация 1	$\frac{1.01}{2 \varnothing 8}$	$\frac{0.9996539}{1.00}$	0.03	$\frac{1.00}{1.00}$	0
итерация 2	$\frac{1.27}{2 \varnothing 9}$	$\frac{0.9999476}{1.00}$	0.005	$\frac{1.00}{1.00}$	0
2. Предвар. напрягаемой арматурой					
итерация 1	$\frac{1.01}{2 \varnothing 8}$	$\frac{0.9999803}{1.00}$	0.002	$\frac{1.00}{1.00}$	0

Примечание: в числителе - значение надежности полученные аналитическим методом, в знаменателе - численным методом.

Аналогичный анализ проведен для того же элемента с усилением предварительно напрягаемой арматурой. Из результатов расчета вид-

но, что последний способ по расходу материалов является более экономичным, так как для усиления достаточно принять $2 \times 8 \text{ А-IIIВ}$.

Для сопоставления результатов проведены расчеты плиты на надежность методом статистических испытаний (Монте-Карло). Результаты расчетов при числе испытаний $n = 5000$ приведены тоже в табл. 1 (в знаменателе). Построены гистограммы распределения несущей способности и ширины раскрытия трещин плит до и после усиления.

Дополнительно, в качестве примера, методом статистических испытаний определена надежность плиты после коррозии арматуры, при $n = 1000$ испытаний. Надежность плиты по несущей способности и трещиностойкости оказались равной соответственно $P_{nu} = 0.943$ и $P_{acc} = 0.984$. Таким образом, получено хорошее совпадение значения надежности плит покрытий при числе испытаний 1000 и 5000. Этот пример показывает, что на практике можно проводить расчеты на надежность при $1000 + 5000$ испытаний.

II. Исследования накопления повреждений в железобетонных плитах покрытия.

Анализ результатов обследований и установления закономерностей накопления повреждений. В течение 1984-1988 гг. Белгородским технологическим институтом строительных материалов были проведены обследования строительных конструкций Белгородского витаминного комбината, которые были проанализированы в предлагаемой диссертации с точки зрения параметров надежности.

Данные об условиях эксплуатации строительных конструкций, представленные витаминным комбинатом, свидетельствуют о высокой агрессивности среды внутренних помещений в связи с химическими производствами. В процессе обследования произведена оценка состояния конструкций основных сооружений комбината (здания цеха витамина "В-1", витамина "С", склада хлора, склада кислот и др.).

Покрытия и перекрытия зданий, в основном, сборные балочные с ребристыми плитами. Они не являются оптимальными для помещений с высокой агрессивностью среды, так как ребра плит и балок способствуют застою агрессивных газов и паров, что приводит к коррозии конструкций.

Многолетний опыт эксплуатации железобетонных ребристых плит показывает, что в большинстве случаев их разрушение обусловлено в первую очередь коррозией арматуры в продольных ребрах. Анализ ре-

зультатов обследований плит покрытий на Белгородском витаминном комбинате подтверждает это предположение, так как наиболее опасным дефектом для плит является продольные трещины вдоль рабочей арматуры и, в итоге, коррозия арматуры.

На рис. 1 показаны графики изменения толщины слоя продуктов коррозии стальной арматуры во времени, построенные на основе фактических данных с помощью уравнения регрессии, полученной методом наименьших квадратов

$$\delta(t) = t/(\gamma t + g), \quad (2)$$

где t - продолжительность эксплуатации конструкций с момента начала коррозии арматуры в годах; γ и g - постоянные, зависящие от степени агрессивности среды значения которых приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Постоянные γ и g

Здание	γ	g
Здание цеха витамина "В-1"	0.175	2.011
Здание цеха витамина "С"	0.314	2.359
Здание склада хлора	0.115	2.119
Здание склада кислот	0.176	1.549

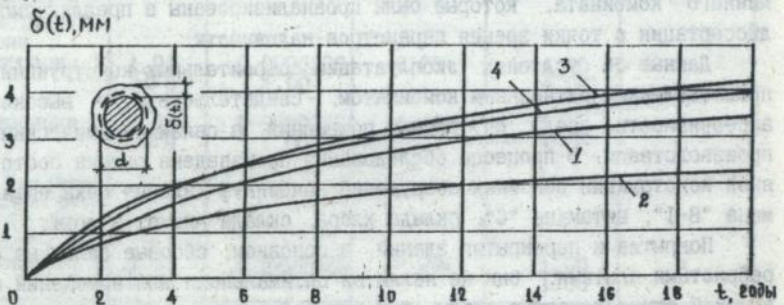


Рис. 1. Динамика развития толщины слоя продуктов коррозии в стальной арматуре во времени в плитах здания
1 - витамина "В-1"; 2 - витамина "С"; 3 - склада хлора; 4 - склада кислот.

Анализ результатов обследований плит, проведенных 1984, 1986, 1987, 1988 г.г. показывает, что коррозия рабочей арматуры с течением времени затухает. Это можно объяснить тем (согласно Алексееву, Москвину), что растущий в стесненных условиях слой ржавчины (продукт коррозии) сильно уплотняется и начинает существенно ограничивать доступ влаги. При этом затухает как анодный, так и катодный процесс коррозии на поверхности арматуры в зоне трещин.

III. Надежность и долговечность плит покрытий в агрессивной промышленной среде.

Описание развития коррозии во времени. Результаты обследований плит покрытий склада хлора Белгородского витаминного комбината использовались при установлении закономерностей функции снижения площади поперечного сечения арматуры во времени за счет коррозии. Коррозия стальной арматуры в воздушно-влажной среде начинается с нейтрализацией бетона, скорость которой определяют по формулам, предложенным С.Н. Алексеевым, В.М. Москвиным. За начало отсчета времени принимают срок полной нейтрализации защитного слоя бетона.

Функцию (построенную на основе фактических данных по результатом обследований) развития толщины слоя продуктов коррозии стальной арматуры во времени (см. рис.1, кривая 3) можно описать с помощью дифференциального уравнения

$$\delta'(t) = \frac{2at}{(t^2+1)^2} \delta(t) + \frac{b}{bt+1} \exp\left(-\frac{a}{t^2+1}\right). \quad (3)$$

решение которого с учетом начальных условий $\delta(0)=0$ при $t=0$, имеет вид

$$\delta(t) = \exp\left(-\frac{a}{t^2+1}\right) \ln |bt+1|. \quad (4)$$

В соотношениях (3) и (4):

$\delta(t)$ - толщина слоя продуктов коррозии, мм; a и b - постоянные, зависящие от вида агрессивных воздействий; по результатам обследований плит покрытий витаминного комбината для хлоросодержащих сред определены $a = 4.64$ и $b = 3.51$.

Уравнение (4) описывает зависимость развития толщина слоя продуктов коррозии во времени. Полученная кривая по этому уравнению приведена на рис.2 (кривая 1). Полагая, что толщина продуктов

коррозии $\delta(t)$ в 2-2,5 раза больше фактической глубины коррозии $\delta_1(t)$. можно представить закономерность развития глубины коррозии стальной арматуры во времени (рис. 2, кривая 2)

$$\delta_1(t) = \delta(t)/2,5 \quad (5)$$

или с учетом (4)

$$\delta_1(t) = \frac{\ln |bt+1|}{2,5} \exp\left(-\frac{a}{t^2+1}\right) \quad (6)$$

Уравнение (6) справедливо только до усиления конструкций.

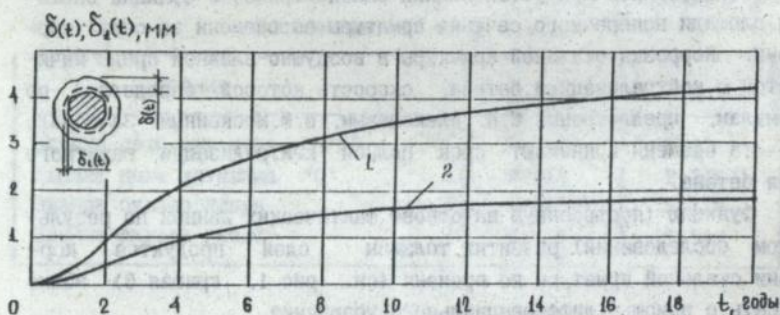


Рис. 2. Графики развития коррозии во времени

- 1 - толщина слоя продуктов коррозии;
- 2 - фактическая глубина коррозии.

Если после усиления конструкций и до конца их срока службы происходит коррозия в дополнительной арматуре усиления, то развитие коррозии арматуры определяется по формуле

$$\delta_2(t) = \delta_1(t) \cdot K_s \quad (7)$$

где $\delta_2(t)$ - глубина развития коррозии после усиления, мм; K_s - коэффициент, представляющий отношение площади сечения усиливающей арматуры $A_{s,ад}$ к площади сечения существующей прокорродированной

арматуры A_s .

Функция надежности для плит покрытий. Вероятность безотказной работы железобетонных плит покрытий в период нейтрализации защитного слоя бетона до начала коррозии постепенно и незначительно снижается. Изменение надежности плит происходит в основном за счет коррозии арматуры (период t_1 , на рис. 3). С развитием коррозии арматуры надежность конструкции значительно снижается.

Закономерность снижения надежности плит за счет коррозии арматуры можно представить в виде

$$P(t) = \lambda(t) P_{0.cor} \quad (8)$$

где $P_{0.cor}$ - надежность плиты до начала коррозии; $\lambda(t)$ - степень коррозии арматуры, измеряется в долях от первоначального диаметра (до начала коррозии) арматуры

$$\lambda(t) = 1 - \delta_1(t)/d \quad (9)$$

где $\delta_1(t)$ - глубина коррозии, которая соответствует 1-тому виду коррозии (1=1 - до усиления; 1=2 - после усиления плит); d - диаметр арматуры, мм.

В результате численных исследований выявлено, что вероятность безотказной работы железобетонных плит покрытий склада хлора Белгородского витаминного комбината до начала коррозии соста-

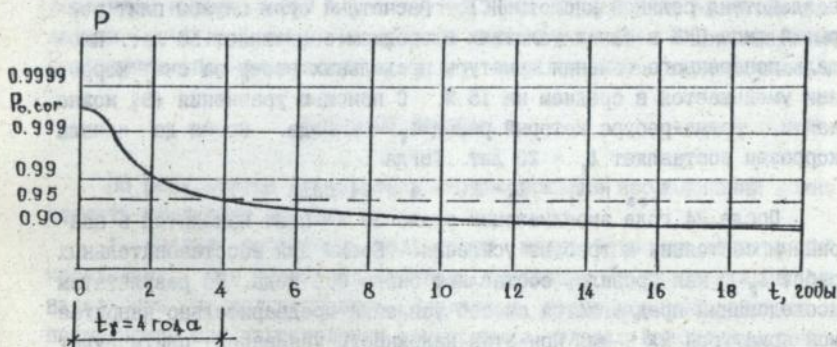


Рис. 3. Снижение надежности плит склада хлора за счет коррозии арматуры ($d = 16$ мм) во времени.

вила $P_{o,cor} = 0.9995$. Снижение надежности этих плит в соответствии с (8) за счет коррозии арматуры представлено на рис. 3.

В диссертации с помощью соотношения (8) построены графики снижения надежности плит во времени при различных диаметрах и различных коэффициентах K_s . Изучение этих графиков позволяет отметить следующие особенности.

Изменение надежности плит покрытий в основном зависит от диаметра арматуры и от коэффициента K_s .

Затухание коррозии стальной арматуры происходит за счет продуктов коррозии. Глубина коррозии в стержнях различного диаметра почти одинакова, т.е., при глубине коррозии 1 мм арматурный стержень диаметром 10 мм теряет 36 % своего поперечного сечения, а стержень диаметром 20 мм - 19 %. Это обстоятельство говорит о том, что при усилении конструкций по мере возможности следует применять арматуру большего диаметра. Что касается коэффициента K_s , то чем меньше его значение, тем выше надежность элемента.

Исследования долговечности плит покрытий. Для определения наработки до первого предельного состояния (гамма-ресурса t_f) железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивной промышленной среде, можно использовать уравнение (8). Время, при котором конструкции окажутся в состоянии отказа ($P(t) < P_n$), определяется гамма-ресурсом t_f .

Исследованы долговечность плит покрытий склада хлора Белгородского витаминного комбината. Плиты эксплуатируются в условиях воздействия соляной кислоты HCl . Расчетный срок службы плит покрытий типа ПКЖ в таких условиях в среднем составляет 50 лет. Площадь поперечного сечения арматуры продольных ребер за счет коррозии уменьшается в среднем на 15 %. С помощью уравнения (8) можно найти, гамма-ресурс который равен $t_f = 4$ года. Время до начала коррозии составляет $t_1 = 20$ лет. Тогда

$$t_{res} = t_1 + t_f = 20 + 4 = 24 \text{ года}$$

После 24 года эксплуатации около 30 % плит находится в аварийном состоянии и требуют усиления. Время для восстановительных работ t_2 , как правило, составляют около 0,5 года. По результатам исследований предлагается способ усиления предварительно напрягаемой арматурой $2\phi 8$ мм. При этом надежность усиленной плиты будет не ниже надежности запроектированного. Для защиты дополнительных стержней от коррозии можно применять лакокрасочные покрытия (эмаль, лак ХС-710) общей толщиной покрытия равной - 180 мкм.

Прогнозируемый срок службы покрытия до начала коррозии при сильном агрессивном воздействии составит 4 года, т.е., $t'_1 = 4$ года. В этом случае технический ресурс плиты покрытия составит

$$t_{\text{г.р.а}} + t_2 + t'_1 = 24 + 0,5 + 4 = 28,5 \text{ лет.}$$

Таким образом, после усиления плит двумя стержнями диаметром 8 мм и при коэффициенте $K_s = 0,148$ обеспечивается надежность плиты до конца ее срока службы т.е., надежность плиты после 22 года эксплуатации равен 0,9676. Как видно из рис. 4, а при нормируемой надежности $R_n = 0,95$ плиту достаточно усиливать только один раз.

Аналогичным образом можно прогнозировать долговечность конструкции с заданным сроком службы. Бывает, что конструкцию приходится усиливать два и более раз. Это, в основном, зависит от коэффициента K_s и диаметра усиливающего стержня.

На рис. 4, б, в приведены результаты расчетов долговечности плит покрытий усиленных предварительно напряженными стержнями диаметром 14 и 18 мм при коэффициенте $K_s = 0,5$. Для защиты дополнительных стержней от коррозии при усилении плиты стержнями диаметром 14 мм могут быть приняты металлизационные покрытия из напыленного алюминия, марки АД-1, толщиной 300 мкм. Покрывной слой в этом случае должен состоять из 4 слоев эмали ЭП-775. Общая толщина покрытия должна составлять не менее 400 мкм. Тогда ориентировочный срок службы покрытия до начала коррозии при сильном агрессивном воздействии составит 15 лет.

Аналогичный прогноз долговечности проведен для тех же плит с усилением наращиванием в растянутой зоне. Результаты расчетов показали, что по расходу материалов способ усиления, использующий предварительно напрягаемую арматуру оказался более экономичным.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

По результатам проведенных в диссертации исследований можно сделать следующие выводы:

1. Анализ состояния надежности железобетонных конструкций показывает, что общим недостатком, снижающим их эксплуатационную надежность и долговечность, является возникновение дефектов и повреждений при изготовлении конструкции. Однако наибольшую опасность для надежности и долговечности представляет эксплуатация конструкций в агрессивных средах, особенно в присутствии хлорис-

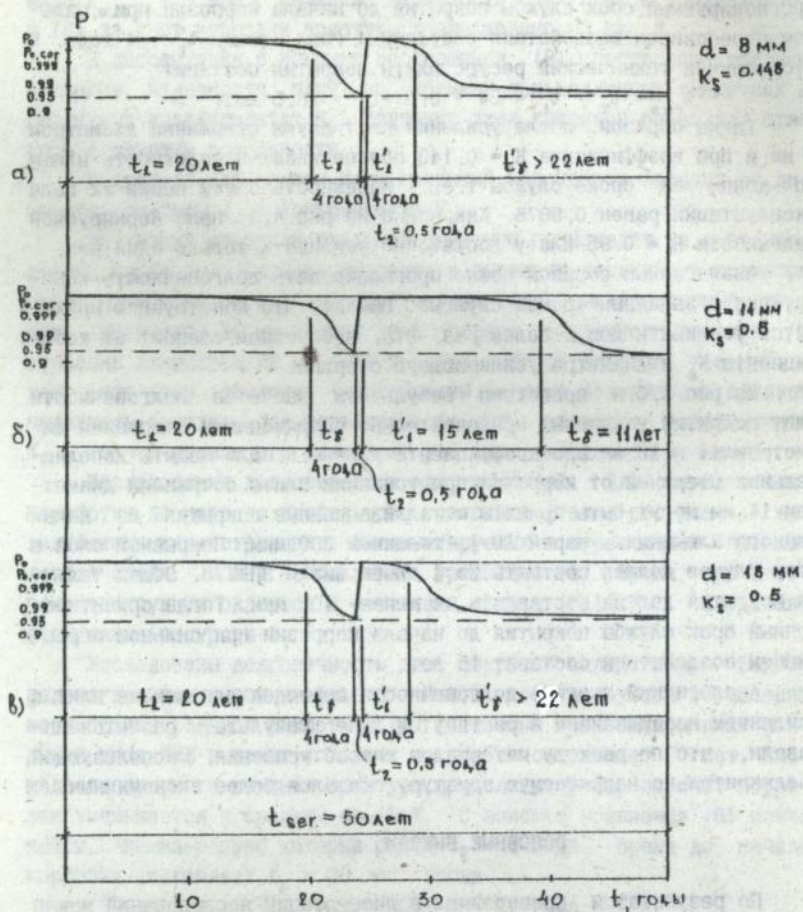


Рис. 4. Графики долговечности плит покрытий, усиленных предварительно напрягаемой арматурой при различных коэффициентах K_s и диаметрах

а - $d=8 \text{ мм}$, $K_s=0.148$, защитный слой 180 мкм ; б - $d=14 \text{ мм}$, $K_s=0.5$, защитный слой 400 мкм ; в - $d=18 \text{ мм}$, $K_s=0.5$, защитный слой 180 мкм .

того водорода.

2. Применение предлагаемой методики оценки надежности усиленных железобетонных плит покрытий в проектах реконструкции дает возможность убедиться в том, что по расходу материалов наиболее экономичным способом является усиление плит при помощи добавочной предварительно напрягаемой арматуры. Методика реализована в алгоритме и программе "УСИЛЕНИЕ" для ПЭВМ.

3. Анализ натуральных обследований, проведенных Белгородском витаминном комбинате показывает, что наиболее опасным дефектом для плит является коррозия рабочей арматуры. Измерения глубины коррозии арматуры показали, что площадь поперечного сечения рабочей арматуры за счет коррозии уменьшилась в среднем до 15 %. По результатам натуральных обследований, на основе фактических данных установлены закономерности увеличения количества дефектных плит, а также развитие коррозии во времени.

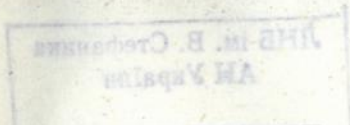
4. Предлагается уравнения для описания развития коррозии арматуры во времени до усиления. Правомерность использования предложенной зависимости изменения коррозии арматуры во времени подтверждается результатами обследований плит покрытий склада хлора Белгородского витаминного комбината. Получены соотношения, описывающие развитие коррозии после усиления железобетонных плит.

5. Оценку долговечности плит покрытий можно осуществлять в зависимости от снижения надежности плит за счет коррозии по предлагаемой методике.

6. Анализ натуральных исследований долговечности плит покрытий и сопоставление эффективности усиления наращиванием в растянутой зоне и предварительно напрягаемой арматурой показали, что по расходу материалов более экономичным, и достаточно простым и выгодным является способ усиления железобетонных плит предварительно напрягаемой горизонтальной или шпренгельной арматурой. Этот способ рекомендуется в качестве основного для повышения надежности и долговечности железобетонных плит покрытий и перекрытий.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Барашиков А.Я., Подольский Д.М., Бандар М.М., Санакулов Ф.А. Надежность конструктивных систем при реконструкции и восстановлении. Расчет и управление надежностью больших механических систем. Информационные материалы. Екатеринбург, Наука, Уральское



56724

отделение. - 1992, с. 45-46.

2. Барашиков А.Я., Подольский Д.М., Санакулов Ф.А. Оценка надежности железобетонных конструкций, усиливаемых при реконструкции и восстановлении зданий и сооружений. Экспериментально-статистическое моделирование в компьютерном материаловедении. // Тезисы докладов Международного семинара. г. Одесса. 1993 г. -32 с.

3. Подольский Д.М., Санакулов Ф.А. Надежность усиления железобетонного элемента // Тезисы докладов 54-й научно-практической конференции. - К.: КИСИ, 1993. с. 92.

4. Подольский Д.М., Санакулов Ф.А. Оценка долговечности железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах. Надежность зданий и сооружений // Тезисы докладов научно-технической конференции. Черкасский инженерно-технологический институт. Часть 1. г. Черкасы - 1993. с. 12-13.

5. Санакулов Ф.А. Оценка надежности усиленных железобетонных конструкций реконструируемых зданий и сооружений. Надежность зданий и сооружений // Тезисы докладов научно-технической конференции. Черкасский инженерно-технологический институт. Часть 2. г. Черкасы. - 1993. с.25-26.

Аннотация

Санакулов Ф.А. Надежность железобетонных плит покрытий при реконструкции зданий и сооружений.

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения, Киевский Государственный Технический Университет Строительство и Архитектуры, Киев, 1995.

Защищается 5 научных работ, которые содержат теоретические исследования надежности, долговечности усиливаемых железобетонных плит покрытий, поврежденные коррозией рабочей арматуры до и после усиления. Установлена закономерность развития коррозии в арматуре во времени, а также снижения надежности плит покрытий за счет коррозии арматуры. В результате исследований выявлено, что вероятностные расчеты, в отличие от детерминированных дают определенную экономию материальных ресурсов. Полученные результаты использованы на ПО "Самаркандводстройиндустрия" при выполнении оценки надежности и прогноза долговечности усиливаемых железобетонных конструкций.

Ключевые слова: железобетонные усиливаемые плиты покрытия; надежность, долговечность.

THE ABSTRACT

Sanakulov F.A. Reliability reinforced Concrete roof slabs in reconstruction of buildings and Structures.

The dissertation is in form of manuscript on Competitive Doctor of philosophy level in the speciality 05.23.01 - Building Constructions, the buildings and the edifices, in Kiev Technical University of Construction and Architecture, Kiev, 1995.

To be defended are 5 Scientific works, which consist of theoretical researches of reliability, durability of Intensified reinforced Concrete roof Slabs, Corrosion damage in Steel frame works during a period of time. Also reduction of reliability of roofing Slabs on account of corrosion of Steel frame work. The Conclusion of the researches Shows that probability Calculations in Comparing to determined give definite economy of material resources. The results that were got were used in IA "Samarkand waterway Construction industries" when carrying out evaluation of reliability and forecasting durability of Intensified reinforced concrete constructions.

156724

AB 31.794

AB 31.794