

Долговечность железобетонных и металлических конструкций подземного сооружения

А.К.Сысоев

Донской государственной технической университет

Аннотация: Долговечность железобетонных и металлических конструкций подземного сооружения зависит от принятого конструктивного решения дорожной одежды над сооружением и гидроизоляции сооружения как наиболее уязвимой части сооружения. В статье рассмотрены результаты обследования состояния несущих железобетонных и металлических конструкций, плит перекрытий и гидроизоляционного покрытия музыкального театра в г. Ростова - на - Дону.

Несоблюдение технологических требований при изготовлении гидроизоляции покрытия в подземном гараже привело к коррозионному поражению металлоконструкций.

Ключевые слова: долговечность, бетонные и железобетонные конструкции, подземное сооружение, гидроизоляция, обследование, коррозионное поражение.

При строительстве многих объектов в больших городах включается подземная парковка или подземный паркинг, которые размещают под землей различных зданий и сооружений. Несмотря на преимущества размещения гаражей в подземном помещении к ним предъявляют особые требования как к сложному многофункциональному сооружению. Самым сложным и ответственным этапом возведения подземного гаража является гидроизоляция сооружения [1-7].

Целью обследования явилась оценка фактического состояния железобетонных и металлических несущих конструкций (балок, оголовков и колонн) подземного гаража, расположенного под зданием музыкального театра в г. Ростове - на - Дону.

Обследование существующих конструкций выполнялось по существующим стандартам [СП 13-102-2003, СТО 02495307-006-2009, ГОСТ 31937-201, СНК РК1.04-04-2002] и включало:

- предварительный анализ условий эксплуатации конструкций;
 - выявление дефектов и участков, подвергнутых значительному коррозионному поражению;
-

- оценку состояния гидроизоляции перекрытия;
- степень коррозионного повреждения металлических элементов и определение их остаточного ресурса;
- определение расположения арматуры и величины защитного слоя бетона в колоннах;
- определение глубины карбонизации бетона защитного слоя арматуры;
- определение фактической прочности бетона колонн, сборных пустотных плит перекрытия и монолитных участков перекрытия методом отрыва со скалыванием и ультразвуковым методом.

Краткая характеристика строительных конструкций

Существующее перекрытие подземной автопарковки представляет собой систему продольных и поперечных балок с общими размерами в плане 36х163м.

Поверх перекрытия размещается разнообразная система газонов, тротуаров, бассейнов с фонтанами.

Основными несущими конструктивными элементами автопарковки являются пустотные плиты перекрытия ПК 60.12 -8АТ\Т заводского изготовления, опирающиеся на металлические двутавровые балки и поддерживаемые сборными железобетонными колоннами сечением 400×400 мм с металлическими оголовками. Металлические оголовки обмуровываются кирпичом и оштукатуриваются.

В ходе визуального обследования были выявлены многочисленные следы протечки дождевой воды через перекрытие, проявляющиеся, главным образом, в местах опирания пустотных плит и монолитных участков на металлические балки. Результатом этого явилось коррозионное поражение отдельных металлических оголовков и несущих металлических балок. В отдельных местах обнаружено сильное выщелачивание бетона в виде белых потеков и «сталактитов».

В 2006 году ЗАО «Триада - Холдинг» г. Москва проводил обследование состояния несущих строительных конструкций перекрытия автопарковки музыкального театра [9]. При этом были выявлены следующие основные недостатки:

- установлено, что существующая гидроизоляция не обеспечивает герметизацию и поступления воды во внутреннее помещение автопарковки;
- имеется разрушение штукатурного покрытия оголовков;
- отсутствие местами антикоррозионных покрытий металлических конструкций;
- имеются на поверхности бетона плит и монолитных участков следы протечек воды, солей и отслоившейся побелки;
- глубина нейтрализации бетона многопустотных плит не превышает 12 мм, толщина защитного слоя 20 мм;
- глубина нейтрализации бетона монолитных участков в пролете Х-Ц не превышает 15 мм при толщине защитного слоя 25 мм;
- фактический класс бетона плит перекрытия составляет В22,5, что соответствует марке по прочности М300, монолитных участков - В15, что соответствует марке по прочности М200, а для колонн В25, что соответствует марке по прочности М350.

В целом состояние сооружения удовлетворительное, а для его надлежащей эксплуатации рекомендован ряд незначительных мероприятий.

Однако, по истечении 7 лет, значительно ухудшилось состояние гидроизоляции, что потребовало дополнительного обследования.

Состояние гидроизоляции

При визуальном обследовании было сделано предположение о том, что основной причиной обнаруженных дефектов является недостаточная гидроизоляция под подстилающим слоем тротуарных плит. В связи с этим из

тротуарного покрытия перед фасадом здания театра в пяти местах, под которыми находятся наиболее поврежденные участки металлических конструкций, было произведено изъятие тротуарных плит, удаление подстилающего песчаного слоя до гидроизоляции

Было установлено и подтверждено, что основным источником возникновения коррозии металлических балок является не герметичность существующей гидроизоляции. Практически на всех обследуемых участках имеются подтеки от просачивания воды через бетон и швы между плитами. Особенно это проявляется на деформационном шве.

Для проверки на герметичность гидроизоляции были произведены вскрытия участков с тротуарной плиткой (рис.1). Испытания на герметичность проводилось двумя способами: методом пролива и проверка герметичности с помощью прибора конструкции РНИИ АКХ им. К.Д. Памфилова.



Рис.1 – Испытание гидроизоляционного покрытия прибором РНИИ АКХ

Данный прибор позволяет проверить водонепроницаемость и адгезию между гидроизоляционным покрытием и основанием. Отобранные пробы из гидроизоляционного покрытия должны были бы проверены на гибкость. Но представленные образцы гидроизоляционного покрытия – хрупкие и негерметичные материалы и испытать их на гибкость не представляется возможным. По этой причине оценку состояния гидроизоляции оценивали только по нескольким параметрам (см. табл.1).

В табл.1 представленные результаты п.2-п.6 являются среднеарифметическими значениями трех результатов испытаний.

Проведенный визуальный осмотр состояния гидроизоляции показал, что состояние гидроизоляции можно оценить, как неудовлетворительное и аварийное. Признаком неудовлетворительного состояния гидроизоляции являются следы выщелачивания бетона, потеки и ржавчина на металле на конструкциях автопарковке. Отмечена также большая течь в деформационном шве.

Таблица №1

Герметичность гидроизоляции

№ п/п	Показатели	Номер шурфа				
		1	2	3	4	5
1	Визуальный осмотр	трещины	Трещины, отслоения	Трещины	Трещины	Трещины, отслоения
2	Испытание на пролив	Не выдержал	Не выдержал	Не выдержал	Не выдержал	Не выдержал
3	Испытание на приборе РНИИ АКХ	Не выдержал	Не выдержал	Не выдержал	Не выдержал	Не выдержал
4	Гибкость покрытия	Не выдержал	Не выдержал	Не выдержал	Не выдержал	Не выдержал
5	Толщина гидроизоляции	3-4 мм	3-4 мм	3-4 мм	4,0 мм	3-4 мм

6	Адгезия основанием, МПа	с	Нет	Нет	Менее 0,05 МПа	Нет	Нет
---	-------------------------------	---	-----	-----	-------------------	-----	-----

Отбор проб для испытаний и сами испытания показали, что гидроизоляционное покрытие не обеспечивает необходимой герметичности.

Состояние гидроизоляции оценивается как непригодное [ГОСТ 27.002-89(2005)].

Состояние металлических конструкций автостоянки

Проведенный визуальный осмотр состояния оголовков до вскрытия показал их значительное ухудшение внешнего вида: значительно увеличился % оголовков с видимыми трещинами и разрушением штукатурного слоя, происходит постоянное замачивание оголовков и увеличивается поражение защитного покрытия.

В результате вскрытия 12 оголовков было установлено, что их состояние можно оценить, как удовлетворительное. Во многих оголовках сохранилось защитное покрытие, а наличие на некоторых начало коррозионного поражения не влияет на несущую способность конструкции.

Причина начала коррозионного поражения – отсутствие надежной гидроизоляции сооружения.

В результате выборочного обследования состояние металлоконструкции металлических оголовков можно оценить как удовлетворительное (общий износ в % до 10%). Коэффициент условий работы $K=0,85$ и категория технического состояния 2. Требуется текущий ремонт.

Состояние антикоррозионной защиты на металлоконструкциях может оценено как неисправное [ГОСТ 27.002-89(2005)].

С целью сохранения металлоконструкций необходимо восстановить антикоррозионную защиту, а на не которых выполнить заново.

Состояние металлоконструкций балок

При проведении визуального обследования (Рис. 2,3) было установлено, что многие металлические конструкции подверглись воздействию осадков из-за ненадежной гидроизоляции. При этом на металлоконструкциях основным видом коррозии является сплошная и неравномерная.

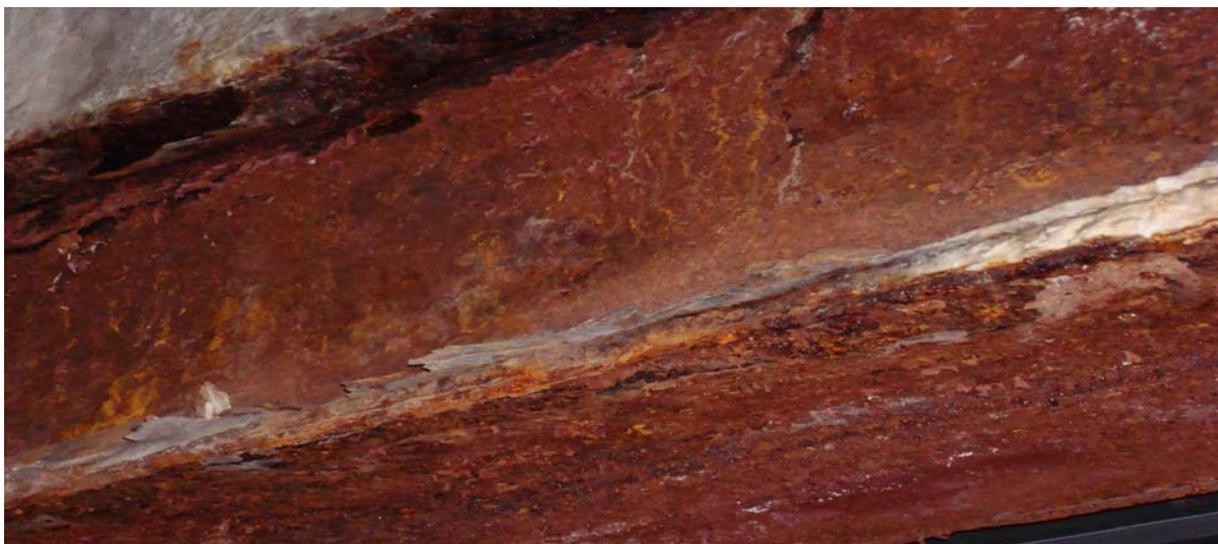


Рис.2 –Внешний вид поражения металлоконструкции



Рис.3 – Измерение толщины корродированного слоя металлоконструкции

Основное коррозионное поражение получили конструкции, над которыми была повреждена гидроизоляция или таковая отсутствовала.

Степень коррозионного повреждения металлических конструкций представлено в табл.3.

Прогноз развития толщины коррозии в металлоконструкциях с течением времени при отсутствии гидроизоляции рассчитывали по следующим методикам [8-12]. Результаты расчетов представлены в табл.4.

Проведенные ультразвуковые испытания колонн, панелей и испытания на скалывания ребер колонн [СТО 36554501-009-2007, СТО 02495307-005-2008] не показало значительных изменений прочности несущих конструкций.

Тем не менее, наблюдается значительный вынос $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из тела железобетонных конструкций.

В настоящее время разработаны новые гидроизоляционные материалы [13], которые можно рекомендовать для гидроизоляции различных подземных сооружений.

Таблица №3

Степень коррозионного повреждения металлических конструкций

№ п/п	Конструкция	Расположение конструкции	Толщина коррозионного слоя, мм	Группа стойкости	Баллы по шкале	Категория состояния
			Скорость коррозии, мм/год			
1	Оголовок №1	Оси Ч-2 ¹	0,1мм 0,01мм/год	стойкие	4	2
2	Оголовок №9	Оси Ц-12	1,0 мм 0,1 мм/год	Пониже но стойкие	6	3



3	Балка №4	Ось Ч пролет 13- 14	0,11 мм 0,011	стойкие	4	2
4	Балка №5	Ось Ч пролет 18- 19	2,7 мм 0,27 мм/год	Пониже но стойкие	6	3

- Примечание – Количество обследованных объектов на предмет коррозионного поражения- 62 объекта

Таблица №4

Расчет срока службы металлоконструкций

Объект обследования	Толщина корродированного слоя, мм, в сроки		Состояние объекта	Прогнозируемый срок службы, годы
	Начало замера	Через 10 лет		
Балка №5 Ось Ч пролет 18-19	0,5	2,7	Группа стойкости - понижено стойкие	20
Оголовок №9 Оси Ц-12	0,1	1,0	Группа стойкости - понижено стойкие	15

Выводы и предложения

1. Разработать проект гидроизоляции автопарковки с учетом всех необходимых требований, предъявляемых к гидроизоляции подземных сооружений.



2. Выполнить и обеспечить гидроизоляцию на всей поверхности автопарковки, обеспечивающей устранение поступления воды во внутренние помещения автопарковки.
3. Провести текущий ремонт всех оголовков с восстановлением их антикоррозионной защиты.
4. На всех металлических балках провести очистку от ржавчины. После очистки от ржавчины, провести дополнительное обследование и необходимые расчеты по несущей способности металлоконструкций и осуществить необходимый текущий и капитальный ремонт по спецпроекту.
5. Восстановить герметичность швов плит перекрытия современными ремонтными смесями.

Литература

1. Пастушков В.Н., Янковский Л.В. Проектирование дорожной одежды над подземным сооружением торгового центра. Интернет – журнал «Науковедение», 2013, №5. С.1-8.
 2. Серенко, Н.А. Гидрозащита проезжей части автодорожных мостов / Н.А. Серенко: Юбилейный сб. МИИТ. М., 1997. С.164 –170.
 3. Сахарова И.Д. Проблемы устройства гидроизоляции мостовых сооружений // Вестник мостостроения, 1993, №1. С.12-16.
 4. Юркевич, П. Гидроизоляция подземных сооружений с использованием геосинтетиков. Три подхода к обеспечению надежности гидроизоляции. – М.: ТИМР, 2001. - 73 с.
 5. Подземные сооружения городов: учебное пособие / Колоколов С.Б; Оренбургский гос. ун-т –Оренбург: ООО ИПК «Университет».2013.—144с.
 6. Henley S. The Architecture of Parking. -United Kingdom: Thames&Hudson, 2009. – 286 p.
 7. Chang-Yu Ou. Deep Excavations. Theory and Practice. London: Taylor & Francis, 2006. -303 p.
-

8. Рекомендации по проектированию гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений. Конструктивные детали гидроизоляции. - М., ОАО «ЦНИИпромзданий», 2009. -118 с.
9. Отчет о научно-исследовательской работе ЗАО «Триада – Холдинг» Исследование состояния несущих строительных конструкций перекрытия автопарковки музыкального театра со стороны ул. Большая Садовая в г. Ростове - на - Дону, М., 2006. -128 с.
10. Минас А.И., А Сысоев А.К. О стойкости крупнопористого фильтрационного бетона в сульфатных средах // Известия Северо-Кавказского научного центра высшей школы. Технические науки. 1984, №1. С. 9-11.
11. Смелик Г.Г., Сысоев А.К., Печикин О.Я. Числовые характеристики релаксации напряжений в пропитанном растворами песчаном бетоне // Инженерный вестник Дона, 2011, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/417.
12. Карлина И.Н., Новоженин В.П. Технологические процессы и их влияние на долговечность строительных конструкций // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2060.
13. Григорьев М.А. Гидроизоляционные материалы нового поколения. Строительство объектов: материалы, 2012, №4. С. 116-119.

References

1. Pastushkov V.N., YAnkovskij L.V. Internet-zhurnal «Naukovedenie», 2013, №5. pp.1-8.
 2. Serenko, N.A. Gidrozashchita proezzhej chasti avtodorozhnyh mostov. N.A. Serenko: YUbilejnyj sb. MIIT. М., 1997 pp.164 –170.
 3. Saharova, I.D. Vestnik mostostroeniya, 1993, №1. pp.12-16.
-

4. YUrkevich, P. Gidroizolyaciya podzemnyh sooruzhenij s ispol'zovaniem geosintetikov. Tri podhoda k obespecheniyu nadezhnosti gidroizolyacii [Waterproofing of underground structures using geosynthetics. Three approaches to ensure the reliability of waterproofing]. M.:TIMR, 2001, 73 p.
5. Podzemnye sooruzheniya gorodov: uchebnoe posobie [Underground structures of cities: a training manual]. Kolokolov S.B; Orenburgskij gos. un-t Orenburg: OOO IPK «Universitet». 2013. 144 p.
6. Henley S. The Architecture of Parking. United Kingdom: Thames&Hudson, 2009. 286 p.
7. Chang-Yu Ou. Deep Excavations. Theory and Practice. London: Taylor & Francis, 2006. 303 p.
8. Rekomendacii po proektirovaniyu gidroizolyacii podzemnyh chastej zdaniy i sooruzhenij. Konstruktivnye detali gidroizolyacii. [Recommendations for the design of waterproofing of underground parts of buildings and structures. Design details of the waterproofing]. M, OAO CNIIPromzdanij, 2009. 118 p.
9. Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote ZAO «Triada – Holding» Issledovanie sostoyaniya nesushchih stroitel'nyh konstrukcij perekrytiya avtoparkovki muzykal'nogo teatra so storony ul. Bol'shaya Sadovaya v g. Rostove - na - Donu, [Study of the state of the load-bearing building structures of the overlap of the Parking lot of the musical theater from Bolshaya Sadovaya street in Rostov-on-don] M., 2006. 128 p.
10. Minas A.I., A Sysoev A.K. Izvesti Severo-Kavkazskogo nauchnogo centra vysshej shkoly. Tekhnicheskie nauki. 1984, №1. pp. 9-11.
11. Smelik G.G., Sysoev A.K., Pechikin O.YA. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2011, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/417.



12. Karlina I.N., Novozhenin V.P. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4.
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2060.
13. Grigor'ev M.A. Stroitel'stvo ob"ektov: materialy, 2012, №4. pp 116-119.