



УДК 624.012.45

Ю.Ф. Юсупова – аспирант, старший преподаватель
Самарский государственный архитектурно-строительный университет (СамГАСУ)

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы изменения эксплуатационных качеств бетона железобетонных конструкций при воздействии минеральных масел. Анализируются причины снижения прочности бетона под их влиянием. Приводятся результаты натурных и лабораторных исследований в рамках указанной проблемы.

J.F. Jusupova – post-graduate student, senior lecturer
Samara University of Architecture and Civil Engineer (SUACE)

INFLUENCE OF MINERAL OILS ON THE EXPLOITATION QUALITIES OF REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTIONS

ABSTRACT

The alteration of exploitation qualities of reinforced concrete constructions by the influence of mineral oils is considered. The reasons of the strength decrease under that influence are analyzed. The results of natural and laboratory research of that problem are stated.

Вопросы технической диагностики строительных конструкций промышленных зданий и сооружений и обеспечение их безопасной эксплуатации приобретают особую актуальность в условиях рыночной экономики.

Значительный материальный ущерб наносят предприятиям остановки производства на внеплановые ремонтные работы. Причем затраты на ремонт в ряде случаев превышают восстановительную стоимость объекта. А урон, наносимый человеческим жизням при возникновении аварий, вообще неоценим. Обеспечение промышленной безопасности и сохранение производственного фонда являются задачей государственной важности.

Опыт диагностики технического состояния зданий и сооружений показывает, что для определения фактической несущей способности строительных конструкций необходимо иметь научно-обоснованные данные об изменении эксплуатационных характеристик материалов строительных конструкций под воздействием различных агрессивных сред.

Производственная практика открывает широкий диапазон для новых исследований форм и механизмов коррозии. В частности, мало изученными остаются вопросы влияния минеральных масел на железобетонные конструкции.

Опыт эксплуатации показывает, что подобная форма коррозии достаточно широко распространена. При эксплуатации объектов нефтехимического и нефтеперерабатывающего комплекса, теплоэнергетики, машиностроительных и металлообрабатывающих

предприятий, типографий, прядильных и ткацких фабрик, гаражей, ангаров, ремонтных цехов, автомобильных стоянок и сервисов зачастую приходится сталкиваться с их воздействием на бетонные и железобетонные конструкции.

Исследованиями влияния минеральных масел на бетон и железобетон занимались Е.К. Мачинский, Б.Г. Скрамтаев, В.М. Москвин, Г.К. Дементьев, В.Э. Лейрих, К.А. Мальцов, А.М. Архипов, А.Д. Саратов, Ю.А. Саввина, Н.М. Васильев.

Было установлено, что минеральные масла, а особенно отработанные, изменяют прочностные характеристики и некоторые другие свойства бетона и железобетона. При длительной эксплуатации в таких средах прочность бетона может снижаться до 1/3 от первоначальной, а сцепление с гладкой арматурой до 70%.

Природа снижения физико-механических характеристик под влиянием масел объясняется следующим.

Минеральные (нефтяные) масла являются смесью метановых, нафтеновых, ароматических и нафтеново-ароматических соединений. Углеводороды, составляющие минеральные масла различного рода и различного веса, имеют общее свойство – неполярность. Кроме того, они не имеют достаточной маслянистости, смачивающей способности и липкости, необходимых для создания тонкого слоя смазки между трущимися частями машин.

Для придания минеральным маслам



антиокислительных, противоизносных, антикоррозионных и антипенных свойств в них оставляются при очистке 1,0-1,5% кислородо-, серо- или азотосодержащих смол или вводятся небольшие количества присадок. Смолы и присадки обладают сильными полярными свойствами.

При глубокой очистке масел смолы удаляются полностью. При этом получают (переочищенные) вазелиновые масла. Снижение же прочности происходит за счет расклинивающего действия поверхностно-активных смол или присадок, содержащихся в маслах. Это было давно подтверждено тем, что бетонные образцы, помещенные в вазелиновое масло (не имеющие в своем составе смол и присадок), не снижают своей первоначальной прочности. Кроме того, все минеральные масла по сравнению с водой имеют большую смачивающую способность поверхностей твердых тел, а также большую силу капиллярного подсоса.

В литературных источниках понижение прочности бетона названо «эффектом расклинивающего действия», так как молекулы поверхностно-активных веществ, адсорбируясь на микродефектах пористого материала, стремятся проникнуть в глубь их, оказывая давление и понижая этим прочность материала. Все жидкости, имеющие полярное строение молекул, способны понижать прочность бетонов. Так, сильнополярные молекулы смол и присадок, накапливаясь в теле бетона и заполняя его микродефекты, со временем снижают его прочность.

Также установлено, что при пропитке маслом отсутствует способность к гидратации клинкерного фонда цементного камня, в результате чего промасленные бетоны не могут набирать прочность со временем.

Известно, что светлые углеводородные фракции, например, бензин, содержащие порядка 0,005% нейтральных смол, не снижают прочность бетона, в то время как темные нефтепродукты (минеральные масла, смазки, охлаждающие эмульсии), имеющие в своем составе около 2% смол и присадок, оказывают среднеагрессивное воздействие на бетон.

Петрографические, рентгеноструктурные, электронно-микроскопические и термографические исследования бетонных образцов, выдержанных в нефтепродуктах, не выявили наличия новообразований в цементном камне [1]. Это является подтверждением теории о физико-механической природе снижения прочности бетона под действием минеральных масел.

В практике обследования железобетонных конструкций основное мероприятие – это установление фактических прочностных характеристик бетона. Наиболее точные результаты по определению прочности промасленного бетона можно получить, используя механический разрушающий и склерометрический методы.

Сотрудниками научно-исследовательской

лаборатории университета было проведено обследование технического состояния промасленных конструкций производственного здания Станкозавода. Необходимость обследования была вызвана предполагаемой реконструкцией цеха под торговый центр, после которой конструкции должны были нести нагрузки, специфичные для торгово-павильонного оборудования. В составе исследования предполагалось определить остаточную несущую способность железобетонного перекрытия и определить степень влияния многолетнего замасливания на прочность бетона.

В процессе обследования было установлено, что в конструктивном отношении здание с неполным каркасом. По металлической балочной клетке выполнено монолитное железобетонное перекрытие толщиной 18 см. Перекрытие было запроектировано с достаточным резервом несущей способности для восприятия нагрузок от станочного оборудования, проектная марочная прочность бетона составляла не менее 300 кг/см².

За период более чем тридцатилетней эксплуатации конструкции междуэтажного перекрытия оказались промасленными на 80 % своей площади, причем пропитывание было сквозным и настолько сильным, что замасленными оказались даже элементы балочной клетки, а нижняя поверхность плиты была покрыта тонким слоем масла.

Для изучения влияния масел на прочность бетона из монолитной конструкции перекрытия в наиболее замасленных зонах были извлечены шесть образцов-проб, из которых были выпилены 24 стандартных куба.

Образцы были испытаны разрушающим методом на гидравлическом прессе ЗИМ типа МС-500 согласно [6]. Средняя прочность образцов составила 100 кг/см². Нужно также отметить, что промасленные кубики разрушались по вертикальным плоскостям, отдельными лещадками. В то время как неповрежденные образцы при проведении стандартных испытаний разрушаются по призмам.

Помимо механических испытаний, прочность бетона была определена неразрушающим методом с помощью прибора-склерометра «Оникс-2.5» НПЦ Карат согласно [4]. С учетом тарировочного коэффициента средняя прочность составила 101 кг/см².

По результатам натурального эксперимента был сделан вывод, что под действием промышленных масел прочность бетона снизилась в три раза за тридцать лет эксплуатации.

При невозможности проведения инструментального контроля или для экстренного определения прочности промасленного бетона Н.М. Васильевым [1] рекомендованы эмпирические зависимости, учитывающие начальную прочность бетона, общее время и режим попадания минеральных масел.

Однако исследованиями [1, 2] установлено, что степень агрессивного влияния минеральных масел



зависит от концентрации в них асфальто-смолистых веществ и присадок. Так, вазелиновое масло не изменяет прочностные характеристики бетона, а отработанные минеральные масла интенсивно снижают прочность бетона.

Необходимость дополнительных исследований по данной тематике подтверждается производственной необходимостью. Имеющиеся теоретические сведения не дают возможности достоверно установить ресурс эксплуатационных качеств промасленных железобетонных конструкций.

Перспективным направлением в этой области является поиск зависимостей, которые бы учитывали как характеристики флюида, так и характеристики корродирующего материала (плотность, пористость, вид и модуль крупного заполнителя, исходную прочность).

В рамках исследований по данной тематике составлен план полного трехфакторного эксперимента.

Значимые (входные) факторы:

- концентрация ПАВ (содержание асфальто-смолистых веществ) $\{x_1\}$;
- начальная прочность бетона $\{x_2\}$;
- время испытания $\{x_3\}$.

Выходной параметр: призмная прочность бетона на сжатие $R_b \{y\}$

Функция отклика: $y=f(x_1, x_2, x_3)$.

Число факторов $n=3$, число опытов $N=2^n = 2^3=8$.

Уровни значений факторов:

- концентрация асфальто-смолистых веществ учтена использованием флюидов с высоким их содержанием более 2% (отработанное минеральное масло) и низким (неотработанное масло И20А) менее 2%;
- изготовлены призмы 10x10x40 см из бетона класса В25 и В7,5 на гранитном заполнителе;
- время выдержки 3 и 9 месяцев.

Выражение функции отклика имеет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

Для моделирования одномерного процесса проникновения флюида, близкого к реальным производственным условиям, по периметру образцов была устроена обойма из оцинкованной стали. Методика испытаний предполагала заливку верхней плоскости образцов реагентами на установленные временные промежутки.

Через три месяца насыщения часть образцов была распилена на стандартные образцы кубы и испытана механическим разрушающим и склерометрическим методом с помощью прибора ОНИКС-2.5 НПЦ «Карат» согласно [4, 5]. Для установления неоднородности прочностных показателей поперечники образцов были разбиты на три зоны по направлению бетонирования. Каждая зона разбивалась на 3 участка, в каждом из которых проводилось не менее 5 измерений, по которым принималась средняя прочность зоны. Количество измерений для получения достоверного значения параметра принято согласно методике [8].

Получены следующие предварительные результаты.

В первую очередь, зафиксировано некоторое превышение прочности цементного камня, определенной неразрушающим методом, над призмной прочностью, установленной с помощью контроля на прессовом оборудовании.

При исследовании образцов, находившихся в неотработанном масле, установлено следующее:

- Образцы полностью насыщены минеральным маслом.
- По внешнему виду распределение масла по поперечному сечению образцов неравномерное.
- Нижние слои бетона имеют пониженную прочность. При ударе бойка прибора в этой зоне остается вполне заметная лунка, верхние же слои менее насыщены маслом и при неразрушающем контроле их прочности следов не остается.

• Прочность образцов класса В25 и В7,5 снижена на 25- 30%.

Контролем образцов, испытанных на влияние отработанного минерального масла, получены следующие результаты:

- Отработанное минеральное масло в силу своей более вязкой консистенции не пропитало насквозь образцы из бетона класса В25.
- Бетонные образцы класса В7,5, имеющие более пористую структуру, насыщены полностью.
- Образцы, подверженные влиянию отработанного минерального масла, имеют пониженную прочность верхних зон поперечных сечений.
- Призмная прочность бетонных образцов класса В25 снижена до 50%, прочность образцов из бетона класса В7,5 снижена до 70%.

По результатам испытаний сделаны выводы:

1. Отработанное минеральное масло более агрессивно по отношению к бетону по сравнению с неотработанным.

2. Превышение прочности поверхностного слоя цементного камня по сравнению с призмной можно объяснить обволакивающим действием флюида на зону контакта крупного и мелкого заполнителя, что приводит к снижению прочности их сцепления и ухудшению эксплуатационных характеристик бетона железобетонных конструкций.

3. Прочность поверхностного слоя изменяется по поперечнику образца, вследствие накопления в порах и микродефектах материала асфальто-смолистых веществ – понизителей твердости.

4. Расположение зоны пониженной прочности (место максимальной концентрации ПАВ) по поперечному сечению образцов определяется интенсивностью диффузионного переноса флюида, критерием которого является вязкость.

5. Интенсивность насыщения образцов и динамика снижения их прочностных характеристик зависят от вязкости. Последнее требует корректировки плана



эксперимента.

Следующая серия испытаний будет проведена через 6 месяцев для получения данных о влиянии длительного промасливания на состояние бетона. Обработка опытных данных позволит получить функцию отклика – зависимость фактической прочности бетона от характеристик флюида – концентрации асфальто-смолистых веществ и его вязкости.

В рамках указанной тематики планируется исследование эксплуатационных характеристик промасленных железобетонных конструкций в условиях низких температур. Актуальность данного вопроса вызвана практикой эксплуатации наружных установок, этажерок и постаментов нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, где подобная форма коррозии усугубляется размораживанием бетона строительных конструкций.

Важным направлением является поиск и апробация эффективных способов защиты железобетонных конструкций от действия минеральных масел и восстановление их несущей способности. На современном рынке представлен значительный выбор антикоррозионных и ремонтных составов. При оценке их эффективности работы на промасленных конструкциях основным критерием должна являться адгезия покрытия или состава к основному материалу конструкции.

Сотрудниками научно-исследовательской лаборатории «Реконструкция» Самарского архитектурно-строительного университета выполняются исследования возможности применения различных современных защитных материалов с учетом конкретных условий производства [9, 10]. В частности, были проведены эксперименты по определению защитных качеств полиуретановой композиции Элакор-ПУ, лака «Пластурел» и защитной композиции «Силор» в средах углеводородов на бетонных и растворных образцах. В качестве агрессивных реагентов применялись отработанные масла, отобранные с действующего производства.

По результатам проведенных экспериментальных исследований сделан вывод, что наибольшей эффективностью в отношении декоративных и защитных качеств является лак «Пластурел», а композиция «Силор» не обеспечивает должной защиты бетона от действия масел. Результаты эксперимента

показали, что широкая реклама не всегда является достоверным свидетельством эксплуатационных качеств предлагаемой строительной продукции.

С подобными вопросами приходится сталкиваться при оценке и диагностике технического состояния строительных конструкций. Поиск новых способов диагностики, восстановления эксплуатационной пригодности строительных конструкций, их апробация с учетом конкретных условий эксплуатации являются актуальной научно-исследовательской задачей.

Литература

1. Васильев Н.М. Влияние нефтепродуктов на прочность бетона. // Бетон и железобетон, 1981, №3. – С. 36-37.
2. Васильев Н.М. О снижении прочности бетона под воздействием нефтепродуктов. // Энергетическое строительство, 1982, №5. – С. 44-46.
3. Временные указания по защите железобетонных конструкций от действия смазочных масел и охлаждающих эмульсий. – М.: Стройиздат, 1966. – 28 с.
4. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – М., 1991. – 19 с.
5. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М., 1991. – 35 с.
6. ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций. – М., 1991. – 9 с.
7. Коррозия бетона и железобетона и методы их защиты. / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев; под ред. В.М. Москвина. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 с.
8. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. / ОАО «ЦНИИПромзданий». – М, 1997.
9. Юсупова Ю.Ф. Вопросы защиты железобетонных конструкций на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки. // Актуальные вопросы строительства: материалы Междунар. научн.-техн. конф. – Саранск: Из-во Мордов. ун-та, 2005. – С. 444-446.
10. Юсупова Ю.Ф. Защита железобетонных конструкций от действия нефтепродуктов. // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: материалы VII Международной научно-технической интернет-конференции / ХНАГХ. – Харьков, 2006. – С. 103-107.