

ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ТОРКРЕТ-ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГОЛО- ГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

Приведены результаты исследования гидроизоляционного торкрет-покрытия по показателю водонепроницаемости с применением метода голографической интерферометрии двойной экспозиции.

Ключевые слова: гидроизоляция, торкрет-покрытие, голографическая интерферометрия.

Введение. Водонепроницаемость бетона подземных частей зданий – одна из основных задач, которая должна быть решена при строительстве из монолитного железобетона. Поступление влаги внутрь помещений не только снижает их эксплуатационную пригодность, но и разрушает строительные конструкции. Множественность таких фактов свидетельствует о том, что сегодня актуальны исследования, направленные на совершенствование способов выполнения гидроизоляции, обеспечивающей требуемую долговечную защиту. Известно, что при устройстве вторичной защиты конструкций существует необходимость исследовать на водонепроницаемость только изолирующее покрытие. В данных исследованиях были изучены свойства наружной гидроизоляции в виде торкрет-покрытия бетонной подземной части здания.

Обзор последних исследований и публикаций. Различные аспекты голографических измерений исследовали не только зарубежные, но и советские, а после 1991 г. – российские и украинские ученые [1 – 4]. Однако, до сих пор метод голографической интерферометрии двойной экспозиции для исследований водонепроницаемости гидроизоляционных покрытий не применялся.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Существующий способ определения водонепроницаемости бетона по "мокрому пятну" [5] имеет ряд недостатков: ограничения формы образцов, сложность их герметизации, значительные затраты времени, систематическая погрешность (до 25 %).

Способ ускоренного определения водонепроницаемости бетона, основанный на оценке его воздухопроницаемости [6], недостаточно учитывает, что сопротивление движению воздуха существенно отличается от сопротивления движению воды. Он также недостаточно точен, продолжителен. Кроме того, как и в предыдущем способе, невозможно оценить динамику проникновения влаги.

Постановка задач. Поставленная в исследованиях задача состояла в повышении точности регистрации процесса проникновения влаги в цементные материалы, сокращении продолжительности определения их водонепроницаемости, обеспечении возможности регистрации положения, скорости и ускорения фронта перемещения влаги.

Основной материал и результаты. Предлагаемый способ определения водонепроницаемости имеет некоторые особенности:

- после гидроизоляции боковых поверхностей эпоксидной композицией образец устанавливается на фиксированные опоры внутри сосуда для водонасыщения;
- сосуд заполняется водой так, чтобы обеспечивался равномерный контакт нижней поверхности образца с водой на протяжении всего цикла измерений;

– в течение всего процесса регистрируется серия голографических интерферограмм поверхности образца, которая не смачивается в процессе водонасыщения;

– положение, скорость и ускорение фронта перемещения влаги определяется путем сравнения изменения поля перемещений зарегистрированной поверхности, полученного по интерферограммам с расчетным полем перемещений геометрически подобного образца.

Регистрация серии голографических интерферограмм поверхности образца, которая не смачивается, позволяет зафиксировать изменение его деформации во времени в виде последовательной серии полей перемещений, которые изменяются под воздействием влаги на образец. Кроме того, регистрация интерферограмм деформации образца под воздействием влаги позволяет выявить наличие трещин, свищей и неоднородностей, которые искажают результаты определения водонепроницаемости при использовании традиционных методов.

Сравнение изменения поля перемещений зарегистрированной поверхности, полученного по интерферограммам с расчетным полем перемещений геометрически подобного образца позволяет определить положение, скорость и ускорение фронта перемещение влаги, поскольку эти параметры связаны с изменением поля перемещений регистрируемой поверхности. Использование математической модели геометрически подобного образца упрощает процесс сравнения, поскольку расчетные поля перемещений будут близки по характеру распределения перемещений на полях, полученных в эксперименте.

Полученные интерферограммы обрабатываются и расшифровываются по известным традиционным методикам [3, 4]. Затем строятся графики полей перемещений (например, в виде серии 3-Д графиков). Полученные серии графиков полей перемещений сравниваются с серией графиков перемещений той же поверхности, полученной путем математического моделирования деформации геометрически подобного тела для условий, которые имитируют деформацию образца при его послойном расширении, начиная от нижней плоскости. На основании сравнения серии экспериментальных и расчетных полей перемещений, с учетом длительности интервала времени от начала пропитки до момента перехода фронтом перемещения влаги срединной линии, выполняется построение графика изменения положения фронта перемещения влаги по толщине образца в зависимости от времени пропитки. Определение скорости и ускорения распространения фронта влаги по образцу выполняется графическим дифференцированием, что является тривиальной задачей математического анализа.

При необходимости марка бетона по водонепроницаемости может быть определена на основе полученных данных с применением, например, известной методики [6].

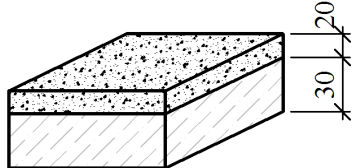
Автором проведен ряд исследований, подтверждающих эффективность использования предложенного способа. Например, при исследовании водонепроницаемости штукатурных торкрет-растворов, содержащих полипропиленовую фибру и повариантно добавку «Адинол-ДМ» (гидроизолятор для бетонов и растворов) и компонент «Адипласт» (многофункциональная латексная добавка) [5, 9].

По данным испытаний, проведенных ранее в «Харьковском ПромстройНИИпроекте» [8], были отобраны образцы из нескольких партий:

– партия № 1 – образцы изготовлены с добавлением в торкрет-раствор только полипропиленовой фибры;

- партия № 3 – образцы изготовлены с добавлением в торкрет-раствор полипропиленовой фибры и гидроизолятора для бетонов и растворов «Адинол-ДМ»;
 - партия № 4 – образцы изготовлены с добавлением в торкрет-раствор полипропиленовой фибры и многофункциональной латексной добавки «Адипласт».
- Процесс изготовления образцов и некоторые их характеристики отражены в табл. 1 – 3.

Таблица 1 – Характеристики образцов для испытаний методом голографической интерферометрии двойной экспозиции

№ пп.	Вид образца	Размеры, мм
1	2	3
1		20 мм изоляционный слой; 30 мм основание – бетон класса В20; 300 мм – длина, ширина.

**Таблица 2 – Характеристики процесса изготовления образцов.
Состав замеса основания**

№ пп.	Замес основания толщиной 30 мм (Бетон В20П4)				
	цемент, ПЦ П/Б-Ш-400 кг	щебень фракции 5÷16, кг	песок строительный, кг	вода, кг	хим. добавка Coral Fix, 30% pp., кг
1	2	3	4	5	6
1	364,00	159,00	658,00	159,00	12,10

**Таблица 3 – Характеристики процесса изготовления образцов.
Состав замеса защитного слоя**

№ пар.	Состав торкрет-смеси на 1 м ³						
	цемент, кг	песок, кг	вода, кг	фибра, кг	«Адипласт», кг	«Адинол-ДМ», кг	Плотность, ρ, кг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
№ 1	536	1270	366	0,600	-	-	2173
№ 2	518	1237	163	-	70,51	-	1980
№ 3	543	1296	171	0,710	73,92	-	2083
№ 4	532	1270	237	0,710	-	5,26	2043

Для проведения исследований была изготовлена специальная оснастка, обеспечивающая надежную фиксацию положения исследуемого объекта и подачу влаги для насыщения образца. Оснастка для размещения образца и подачи воды представляет собой прямоугольную емкость с внутренними габаритами 320×320 мм, выполненную из стальных пластин, соединенных между собой. На нижнем основании емкости размещены три шариковые опоры, обеспечивающие стабильную фиксацию положения образца (рис. 1).

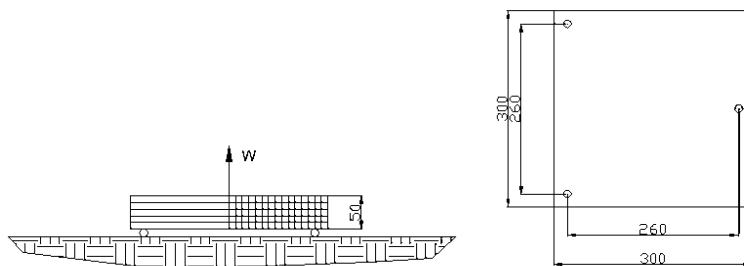


Рисунок 1 – Схема расположения шариковых опор

Необходимость изготовления жесткой конструкции обусловлена тем, что в процессе эксперимента объект должен деформироваться только под воздействием влаги, а влияние других возмущающих факторов (вибрации, удары, случайные прикосновения) на положение образца должно быть полностью исключено.

Голографическая установка (рис. 2) имеет следующие характеристики: источник когерентного оптического излучения (лазер) ЛПН-215; мощность излучения 50 мВт; длина волны 633 нм. Для реализации записи интерферограмм использовалась схема Лейта-Упатниекса.

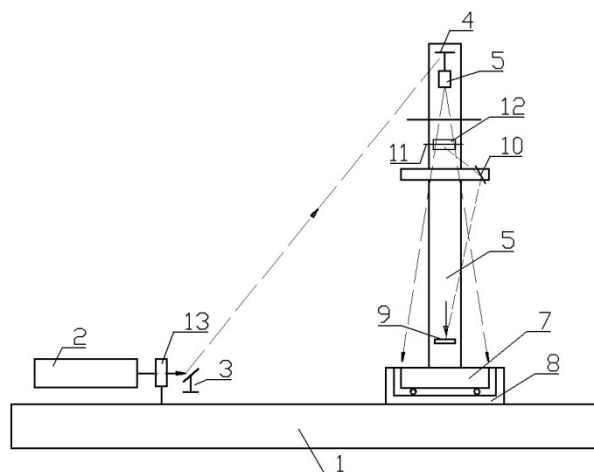


Рисунок 2 – Схема голографической установки

В связи с тем, что в процессе выполнения эксперимента необходимо было обеспечить равномерное поступление влаги к нижней поверхности образца, это потребовало реализации оптической схемы таким образом, чтобы лазерное излучение падало по нормали к верхней поверхности образца. Для этого был изготовлен вертикальный рейтер высотой 1600 мм на котором были размещены оптические элементы измерительной схемы.

На базовой плите 1 голографической установки размещен лазер 2, излучение которого посредством зеркала 3 поступает на зеркало 4, установленное на вертикальном рейтере 5. Лазерный луч, отраженный зеркалом 4, попадает на микрообъектив 6, который освещает исследуемую поверхность образца 7, закрепленного в емкости 8, размещенной на базовой плите 1. Для формирования опорного пучка часть оптического излучения посредством зеркал 9 и 10 направляется на фотографическую пластинку 11, закрепленную в держателе 12, размещенном на вертикальном рейтере 5.

Размеры вертикального рейтера и характеристики микрообъектива 6 выбраны, такими, что поверхность исследуемого образца освещается квазиплоским волновым фронтом лазерного излучения. Нетрадиционное решение, принятое для формирования оптической схемы, показало высокий уровень стабильности измерительной системы и

ее высокую виброзащищенность. Контрольная запись голограмм с длительными выдержками показала полное отсутствие нежелательных деформаций.

Результаты измерений отображались в виде графика перемещений по интерферограммам, полученным в эксперименте (рис. 3). Математическое моделирование деформации толстой пластины в условиях аналогичных применяемым в эксперименте показало, что наиболее эффективным с точки зрения анализа является перепад перемещений между центром поверхности пластины и ее углом. При построении графика деформации исследуемого образца под воздействием влаги учитывалось количество интерференционных полос, наблюдаемых на этом участке интерферограммы. Полученное число полос соотносилось с интервалом времени между экспозициями и, тем самым, формировались отрезки графика. Объединение отрезка в единую кривую проводилось с учетом времени выполнения первой экспозиции в каждом эксперименте по отношению к началу эксперимента.

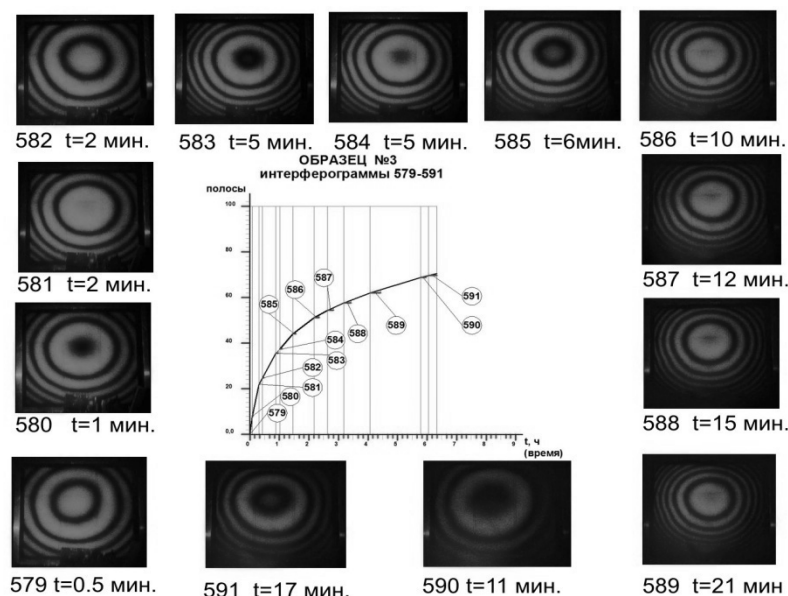


Рисунок 3 – Построение графика перемещений по интерферограммам (пример для образца партии № 3)

Данные графической интерпретации процесса проникновения влаги приведены на рис. 4, 5. Видно, что в этих образцах значительно увеличивается время прохождения влаги.

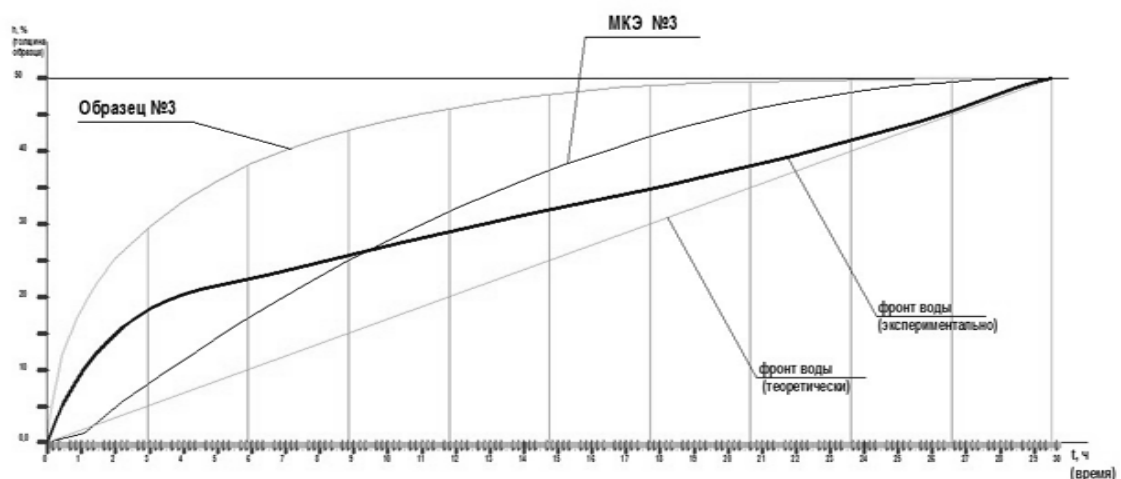


Рисунок 4 – Построение графика перемещений влаги по образцам партии № 3

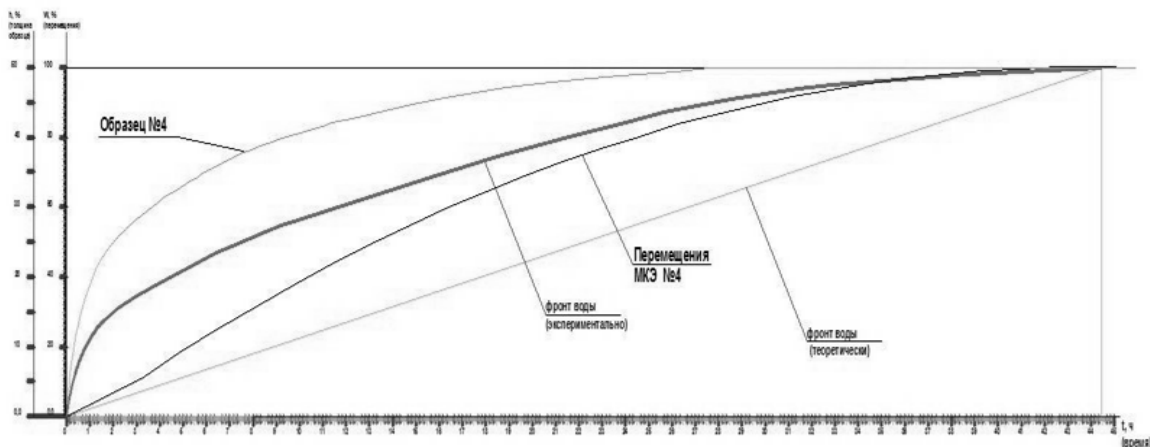


Рисунок 5 – Построение графика перемещений влаги по образцам партии № 4

Данные исследований показали, что при нанесении гидроизолирующего торкрет-слоя перемещения и деформации базового образца от воздействия влаги очень малы. Использование полипропиленовой фибры и добавки «Адинол-ДМ» значительно уменьшает проникновение влаги в торкрет и затем в бетон.

С использованием данной методики определена оптимальная толщина торкрет-слоя, которая равна 20 мм. Проведенные исследования и анализ голографических методов позволили разработать и предложить ряд новых схемных решений, совмещающих основные преимущества голографической интерферометрии во встречных пучках (голограммы Денисюка) и спекл-интерферометрии. Предложенный способ может быть использован не только для исследования водонепроницаемости цементных материалов, а и других пористых строительных и конструкционных материалов.

Выводы. Применение данного способа позволяет комплексно исследовать процесс проникновения влаги в цементные материалы, поскольку в процессе измерений контролируется:

- механическая целостность образца (наличие трещин, расслоений, несплошностей и других аномалий, которые существенно влияют на проникновение влаги);

- равномерность проникновения влаги по сечению образца, что позволяет выявить наличие зон локальной повышенной проводимости влаги, которые могут исказить результаты измерений при использовании традиционных методов;

- проникновение влаги посредством оценки деформационной характеристики образца, определяется работоспособность исследуемых конструкций.

Кроме того, измерения степени проникновения влаги проводятся без влияния существенного избыточного давления, что не нарушает естественное протекание процесса. Регистрация положения, скорости и ускорения фронта перемещения влаги обеспечивает возможность более точного прогнозирования работоспособности конструкций и сооружений не только в условиях воздействия влаги, но и под действием знакопеременных температур.

Литература

1. Кольер, Р. Оптическая голография / Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. ; пер. с англ. Ю. И. Островского. – М. : Мир, 1973. – 686 с.
2. Гинзбург, В. М. Голографические измерения / В. М. Гинзбург, Б. М. Степанов. – М. : Радио и связь, 1981. – 296 с.

3. Капустин, А. А. Теория спекл-интерферометрических измерений напряженно-деформированного состояния элементов натуральных конструкций / А. А. Капустин // Физические основы голографии. – Л. : ЛИЯФ, 1979. – С. 137–159.
4. Кесарийский, А.Г. Особенности выбора электронных средств регистрации оптической информации для выполнения исследований с применением лазерных интерференционных методов / А.Г. Кесарийский // Проблемы оптической физики: Матер. 6-й Международной молодеж. науч. школы по оптике, лазерной физике и биофизике. – Саратов: Изд-во ГосУНЦ "Колледж", 2003. – С. 203-207.
5. Технические условия. Волокно армирующее полипропиленовое ВАП (Фибра) : ТУ У 24.7 – 32781078 – 001: 2006. – 36 с.
6. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости : ДСТУ Б В.2.7-170:2008. - [Действующий от 2009-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 38 с. – (Національний стандарт України).
7. Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-23-95. [Чинний від 1995-03-12]. – К.: Держкоммістобудування України, 1996. – 26 с. – (Національний стандарт України).
8. Ложка, Ю.В. Исследование гидроизоляционных свойств торкрет-покрытия подземной части зданий / Ю.В. Ложка // Науковий вісник будівництва, ХНУБА, ХОТВ АБУ. – Харків, 2012. – № 69. – С. 150-157.
9. Добавки для бетонов и растворов : [Електронний ресурс]. – Copyright 2011 ISOMAT. – Режим доступу <http://www.isomat.eu/ru/2012-07-27-08-35-05.html>.

Надійшла до редакції 26.11.12

© Ю.В. Ложка

Ю.В. Ложка , аспірант

Харківський національний університет будівництва та архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОІЗОЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОРКРЕТ-ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ГОЛОГРАФІЧНОЇ ІНТЕРФЕРОМЕТРІЇ

Наведено результати дослідження гідроізоляційного торкрет-покриття за показником водонепроникності із застосуванням методу голографічної інтерферометрії подвійної експозиції.

Ключові слова: *гідроізоляція, торкрет-покриття, голографічна інтерферометрія.*

J.V. Logka, Post-graduate

Kharkov National University of construction and architecture

RESEARCH WATERPROOFING PROPERTIES SPRAYED COATINGS USING HOLOGRAPHIC INTERFEROMETRY METHOD

The results of investigation of waterproofing sprayed coatings in terms of water resistance by the method of double exposure holographic interferometry.

Keywords: *waterproofing, spray-coating, holographic interferometry.*