

**Инновационная методика ускоренной оценки (прогноза)  
морозостойкости вибропрессованного бетона**

*Белоус М. Б., Кургун Н. О.*

Научный руководитель – Бондарович А.И., кандидат  
технических наук  
Белорусский национальный технический университет

Механизм нарушения структуры бетона, подвергаемого попеременному замораживанию и оттаиванию в насыщенном водой состоянии, чрезвычайно сложен. Он представляет собой сочетание деструктивных факторов, включая давление льда при кристаллизации свободной воды; гидродинамику ее перемещения (миграции) под давлением градиента тепла и влагосодержания (термовлагопроводности); гидравлическое давление защемленной в тупиковых порах и дефектах структуры жидкости; напряжения, возникающие от разницы температурных деформаций составляющих бетона и цементного камня (на макро- и микроуровне в контактных зонах); усталостные (постепенно накапливающиеся и увеличивающиеся) дефекты структуры от многократно повторяющихся знакопеременных деформаций; понижение со временем концентрации растворенных в поровой жидкости продуктов гидролиза цемента, как за счет образования нерастворимых гидрокристаллов (отражение продолжающейся реакции цемента с водой), так и из-за «подсоса» воды развивающимися дефектами структуры в период оттаивания

образцов. что увеличивает содержание свободной воды в объеме бетона, и др.

В случае использования хлористых солей-антиобледенителей или испытательных солевых растворов действие означенных факторов на бетон дополняется следующим. Во-первых, «кристаллизационным» давлением накопившейся соли, образовавшейся после пересыщения ее раствора в малых по объемам дефектах структуры цементного камня, в зонах контакта последнего с зернами заполнителей и трещинах (порах) зерен заполнителей. При этом механизм образования и увеличения дефектов структуры может проявиться как за счет роста кристаллов соли, так и за счет «обжатия» их, например, прослойкой (оболочкой) цементного камня при отрицательных деформациях в период охлаждения бетона и возникающих при этом растягивающих усилиях в цементном камне, вызывающих появление в нем трещин. Во-вторых, усилением процесса миграции воды и ростом влагоемкости бетона, в объеме пор которого накапливается соль. Соответственно возрастает, в сравнении с водой, эффект расклинивающего действия в устье трещин (дефектов) тонких пленок жидкости-раствора, содержащей ионы вещества соли. В-третьих, возникает напряженное состояние на уровне микроструктуры цементного камня из-за локальных микроэффектов градиента температур, сопровождающих процесс «очагового» растворения – кристаллизации соли. Кроме отмеченного, понижение эвтектической точки раствора соли способствует глубокому проникновению жидкой фазы в дефекты структуры все меньшего сечения, углубляет развитие процесса массопереноса соли и усиливает эффект деструкции бетона в целом.

Следует отметить, что в реальных условиях эксплуатации элементов, благоустройства отрицательное (разрушающее) воздействие солей-антиобледенителей не прекращается и при положительной температуре окружающей среды. Попеременное увлажнение-высушивание, изменение температуры (даже в пределах суток) вызывают соответствующие деформации бетона, побуждают проявление процессов растворения – кристаллизации попавшей в его поры соли, а также

эндокринного эффекта, то есть, сопровождается постоянным деструктивным воздействием на бетон.

Стандартные базовые и ускоренный методы определения морозостойкости (ГОСТ 10060.0...3-95) бетона в целом отражают взаимосвязь его долговечности с параметром морозостойкости. Но это только общая взаимосвязимость означенных характеристик бетона, ее тенденция. В процессе эксплуатации элементов мощения и благоустройства они подвергаются интенсивному механическому воздействию: истирающим, сжимающим, изгибающим, ударным нагрузкам различной интенсивности и значений, которые многократно повторяются во времени.

Этот аспект деструктивного воздействия на бетон стандартные методы не учитывают, как по причине непредсказуемости вероятных условий эксплуатации строительных изделий и конструкций, изготовленных из проверяемого бетона, так и из-за неопределенности критериев оценки их влияния, особенно при совместном влиянии факторов, оказывающих комплексное физико-механическое и химико-физическое воздействие на бетон.

Можно предположить, что механические нагрузки разного вида, величин, частоты воздействия по разному, но неизбежно будут оказывать влияние на изменение структуры бетона, его пористости и проницаемости во времени. Складываясь с одновременным воздействием деструктивных факторов морозного разрушения бетона (особенно в присутствии солей, используемых в качестве антиобледенителей в зимний период эксплуатации покрытий) они будут усиливать, и ускорять этот процесс, тем самым снижая эксплуатационную надежность и долговечность бетона.

Существующие методы, приемы оценки и методики прогнозирования морозостойкости бетона не учитывают указанного фактора, а он, на наш взгляд, может быть очень существенным, особенно при значительном уровне механических нагрузок, способном вызвать трещинообразование в объеме бетона. Для установления такой вероятной взаимосвязи между способностью бетона

противостоять попеременному замораживанию-оттаиванию и ее зависимостью от дополнительного воздействия механических нагрузок, неизбежно воздействующих на бетон эксплуатируемых элементов благоустройства (мощения), необходимо было выполнить экспериментальные исследования.

Обобщение накопленных экспериментальных данных, позволило разработать и предложить методику ускоренной оценки морозостойкости вибропрессованного бетона изготовленных изделий до эксплуатации (основные положения опубликованы в авторских работах 15-А и 16-А) и методику оценки фактического состояния вибропрессованного бетона элементов благоустройства в процессе эксплуатации покрытий, выраженную в форме «накопленной» морозостойкости. То есть, установленное по разработанной методике количество циклов «замораживания-оттаивания», которые «прошел» (накопил) бетон к моменту оценки в привязке к циклическим стандартизированным испытаниям на морозостойкость (авторские публикации 6-А и 8-А).

В обоих вариантах методик оценка осуществляется по фактической величине влажности и скорости ультразвука в испытуемом бетоне. Последняя сопоставляется с экспериментально установленным в настоящем диссертационном исследовании диапазоном ее значений, выявленным в процессе стандартных испытаний на морозостойкость образцов мелкозернистого (цементно-песчаного), либо бетона с крупным заполнителем и отражающим структурные (прочностные) изменения в бетоне на разных стадиях: упрочнения структуры (характеризуется ростом прочности и скорости ультразвука), стабильности (примерное постоянство прочности и скорости ультразвука) и разуплотнения структуры (деструкции), что отражается в снижении скорости ультразвука и прочности бетона. Для бетона свежизготовленных изделий (до эксплуатации) по полученным данным устанавливается показатель ожидаемой морозостойкости.

Для бетона изделий в эксплуатируемых покрытиях на этом основании устанавливается оценочное количество

«стандартизированных» циклов замораживания-оттаивания, которое «накопил» бетон в процессе эксплуатации, исходя из требуемых по действующим нормативам для элементов благоустройства – 250 циклов испытаний в солевой среде.

По разнице величин требуемой по нормативам и «накопленной» морозостойкости определяется «остаточная» морозостойкость бетона, т.е. предполагаемое количество циклов стандартизированных испытаний «замораживание-оттаивание», которое он способен выдержать при дальнейшей эксплуатации.

Используя полученное значение «остаточной» морозостойкости оценивают ожидаемую долговечность бетона покрытий. Практическое применение изложенных далее в настоящей главе методик по согласованию с предприятиями-изготовителями элементов благоустройства подтвердило правомерность сделанных при разработке допущений и соответствие полученных с их помощью оценочных данных как фактического состояния эксплуатируемых покрытий и их ожидаемой долговечности, так и результатов ускоренной оценки морозостойкости бетона не эксплуатировавшихся (свежеизготовленных) изделий.

### Литература

1. Горчаков, Г. И., Капкин, М. М., Скрамтаев, Б. Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений. – М.: Стройиздат, 1965. – 195 с.
2. Основы технологии и методов контроля качества морозостойкости бетонов. / Н. П. Блещик, О. В. Лазаренко // Архитектура и строительство. – 2001. - № 6. – С.38-41.
3. Оценка эксплуатационной долговечности тяжелого бетона по критерию «остаточной» морозостойкости. / Э. И. Батяновский, А. И. Бондарович // Автомобильные дороги и мосты. - 2010. - №2(6). – С.49-59.