



МИНСТРОЙ
РОССИИ



С 1927 ГОДА
95
ЛЕТ

НОСТРОЙ
НАЦИОНАЛЬНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ СТРОИТЕЛЕЙ

АС
INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS
МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

10 ЛЕТ
2022

Коррозия бетона и способы защиты железобетонных конструкций

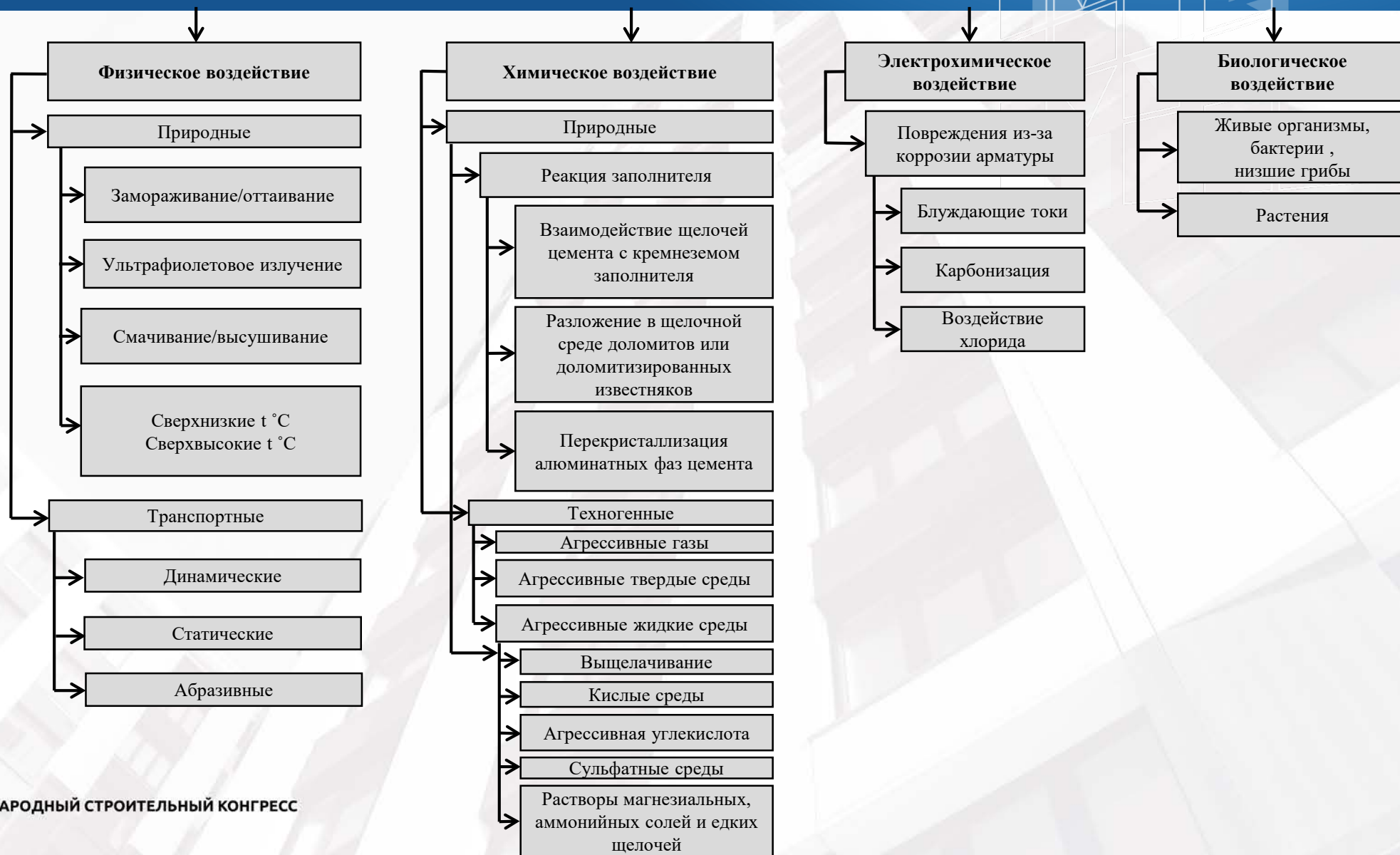
**ЛАБОРАТОРИЯ КОРРОЗИИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОННЫХ И
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НИИЖБ им. А.А. Гвоздева**



**I МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
КОНГРЕСС**

Москва 2023 г.

Разрушающие воздействия на бетон



Примеры коррозионных разрушений



Повреждение бетона и арматуры в конструкциях таксомоторного парка в результате воздействия хлоридов (противогололедных реагентов)



Выщелачивание бетона в перекрытии подземного резервуара водопроводной станции



Разрушение бетона в сводовой части самотечного коллектора сточных вод в результате биологической коррозии

Повреждение стен шлюза Рыбинского гидроузла в результате воздействия отрицательных температур на водонасыщенный бетон



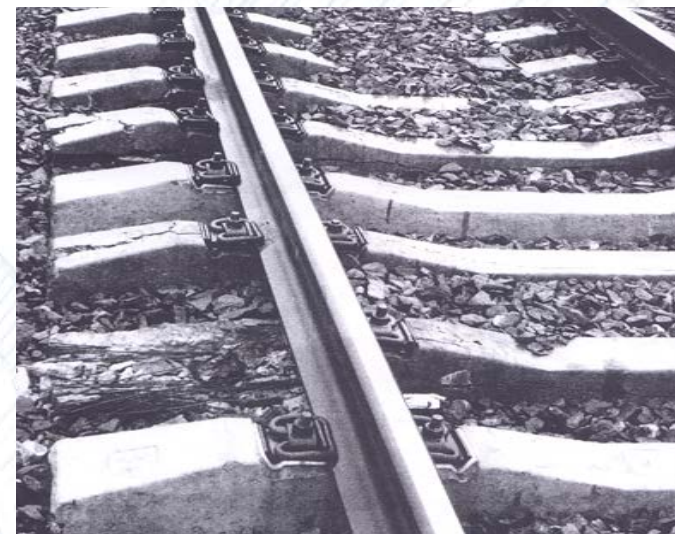
Примеры коррозионных разрушений



Повреждение бетона в конструкции автомобильного моста в результате воздействия отрицательных температур и противогололедных реагентов



Повреждение бетона в результате биологической коррозии (плесневых грибов)



Разрушение железобетонных шпал в результате взаимодействия щелочей цемента и реакционноспособного кремнезема заполнителя

Примеры коррозионных разрушений



Повреждение арматуры и бетона в конструкциях здания калийного производства в результате воздействия отрицательных температур и хлористого аэрозоля



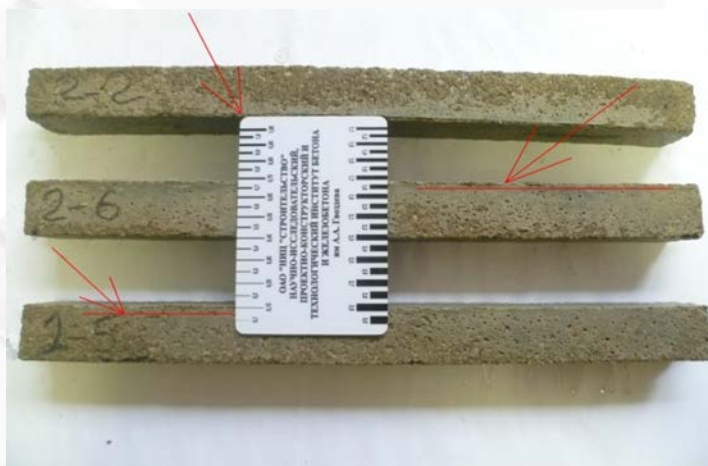
Сульфатостойкость бетона

- В лаборатории коррозии НИИЖБ накоплен обширный материал по коррозионной стойкости бетонов, изготовленных на различных цементах, в агрессивных сульфатных средах. Оценка степени агрессивности сульфатных сред по отношению к бетонам различной проницаемости на разных цементах приведена в СП 28.13330.2017.
- Известно, что сульфатостойкость бетона зависит от проницаемости, содержания трехкальцевого алюмината в клинкере цемента и реакционной способности цементного камня по отношению к сульфатам.
- В 2016 году вышел стандарт ГОСТ Р 56687-2015 на метод определения сульфатостойкости бетона. За прошедшие годы выполнены многочисленные испытания на сульфатостойкость, исследовали реакционную способность различных материалов взаимодействовать с сульфатами по развитию деформаций расширения мелкозернистых бетонов. Критерий оценки – относительные деформации 0,1 %.





Образцы в условиях полного погружения в сульфатный раствор концентрации 34000 мг/дм³ по иону SO_4^{2-} и в дистиллированную воду



Оценка сульфатостойкости по методу определения деформаций расширения растворных образцов

Замеры ширины раскрытия трещин и прогибов в образцах



Определение относительных деформаций расширения с помощью индикатора часового типа 0,01 мм



Морозостойкость бетона

Практика применения ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» показывает, что с накоплением новых данных необходима определенная корректировка стандарта.

В России марка бетона по морозостойкости назначается на основании опыта эксплуатации конструкций для конкретных условий согласно СП 28.13330.2017. Ведущими признаками, по которым назначается марка бетона по морозостойкости, являются характер воздействия среды и температурный режим эксплуатации конструкций

Единицей измерения морозостойкости является стандартный цикл замораживания -оттаивания. Условность единицы измерения требует проведения испытаний в строго нормируемых условиях.

Различные подходы к методике проведения испытаний бетона на морозостойкость могут стать причиной недостоверной оценки качества бетона, что может в реальных условиях снизить безопасность зданий и сооружений



Разрушение бетона в результате воздействия отрицательных температур и

засоленных грунтов

морской воды



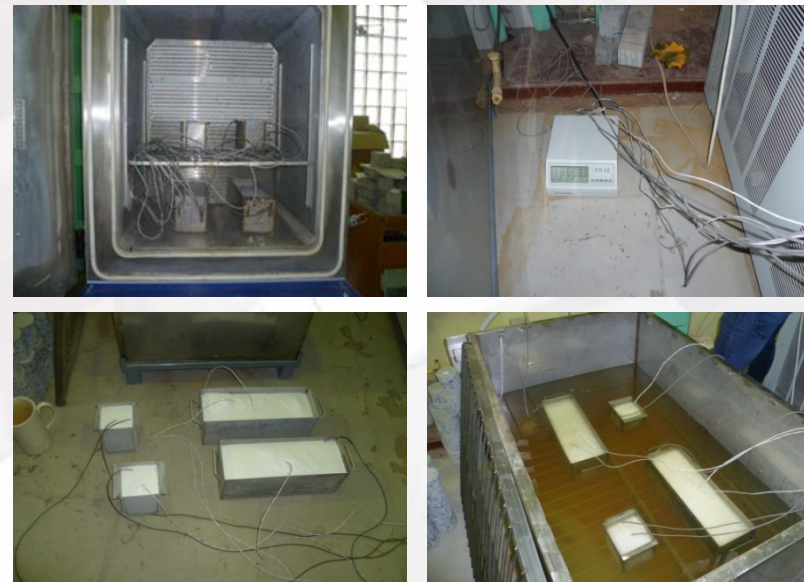
НИОКР, выполненные в 2018 и 2020 гг.

Установлено существенное различие в показаниях температуры воздуха по камере и показаниях датчиков, установленных в бетонные образцы или погруженных в раствор 5 % хлорида натрия вблизи образца, что завышает марку по морозостойкости, а, в конечном счете, может привести к преждевременному разрушению бетона железобетонных конструкций в условиях воздействия отрицательных температур

Подготовка к испытаниям



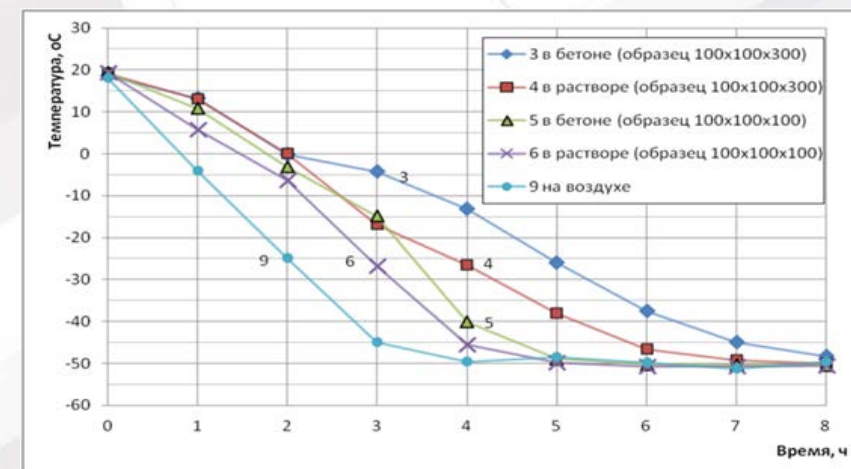
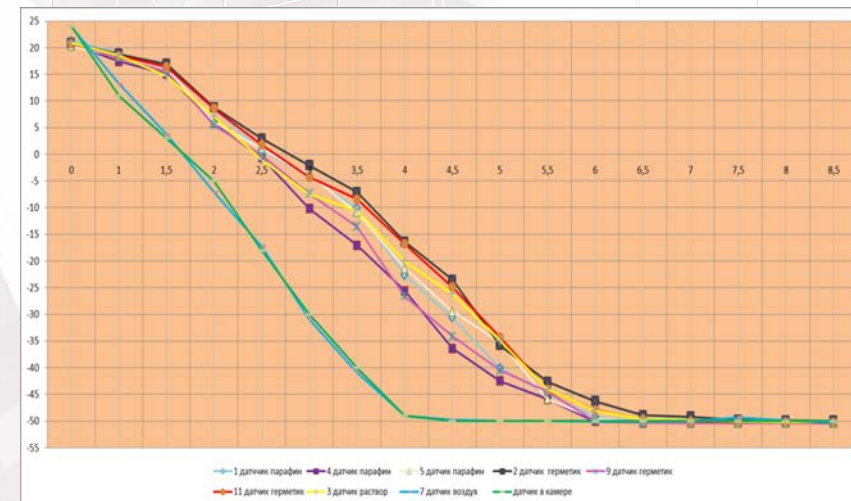
Проведение испытаний



Изменение № 1 к ГОСТ 10060

Новые правила контроля температуры по приборам определения температуры раствора хлорида натрия в емкости с образцом

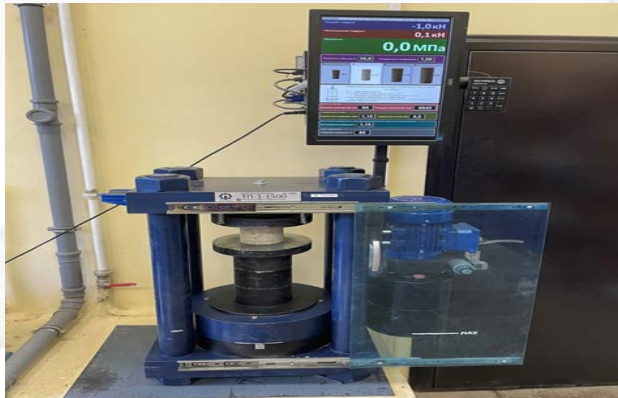
- Время промерзания бетона в образцах-кубах 100х100х100 мм до температуры -50 °С больше на 2 ч, чем показания температуры воздуха в климатической камере -50 °С.
- Время промерзания бетона в образцах-призмах размером 100х100х300 мм примерно на 4 ч больше, чем показания температуры воздуха в климатической камере - 50 °С.
- Перед началом испытания следует установить режим замораживания по контролю температуры раствора 5 % хлорида натрия в емкости с образцом, который будет зависеть от размеров испытываемых образцов и объема загрузки камеры.



Оценка влияния способа оттаивания образцов по третьему ускоренному методу ГОСТ 10060-2017 на морозостойкость бетона с контролем прочности и скорости прохождения ультразвука



Климатические камеры
тепла и холода



Определение прочности бетона на испытательном
прессе ТП-1-1500



Определение скорости прохождения ультразвука
прибором Pundit PL-200 с помощью
экспоненциальных преобразователей 54 кГц

Щелочная коррозия бетона. Актуальность и проблематика

- Под внутренней коррозией понимают процессы, происходящие в бетоне между цементным камнем и заполнителями, которые приводят к повреждению его структуры и снижению строительно-технических характеристик.
- Основной процесс внутренней коррозии - взаимодействие аморфного кремнезема в составе заполнителей с цементным камнем, содержащим соединения щелочных металлов – реакция щелочь-кремнезем, т.н. РЩК
- Сложность проблемы обусловлена многообразием форм, в которых распространен ПРС, медленностью процесса, различием фаз цементного клинкера, в которых представлены щелочи, затрудненной диагностикой
- Актуальность проблемы обеспечения стойкости бетона в условиях взаимодействия щелочей цемента и реакционноспособных заполнителей обусловлена истощением природных карьеров.
- Особую значимость проблема приобретает в районах, удаленных от материковой части, ввиду отсутствия заполнителей надлежащего качества, отвечающего требованиям нормативных документов.



Сетка трещин на поверхности конструкции железобетонной шпалы в результате взаимодействия щелочей цемента и реакционноспособного щебня

Определение реакционной способности заполнителя методами с измерением деформаций: ускоренным при $t+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и длительным при $t+38\text{ }^{\circ}\text{C}$ по ГОСТ 8269.0-97

Испытания растворных образцов ускоренным методом в 1М растворе гидроксида натрия при $t+80\text{ }^{\circ}\text{C}$

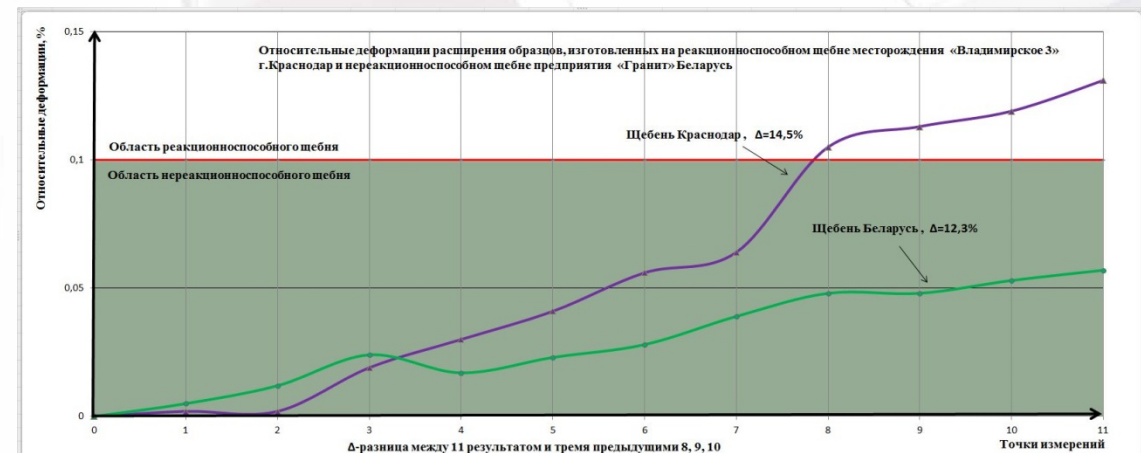
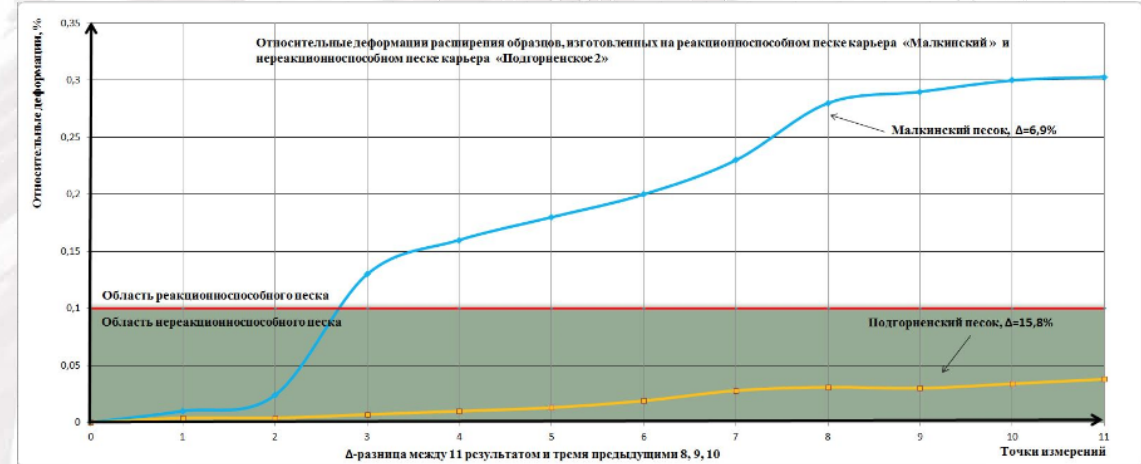


Испытания бетонных образцов в течение 1 года в условиях высокой влажности при $t+38\text{ }^{\circ}\text{C}$



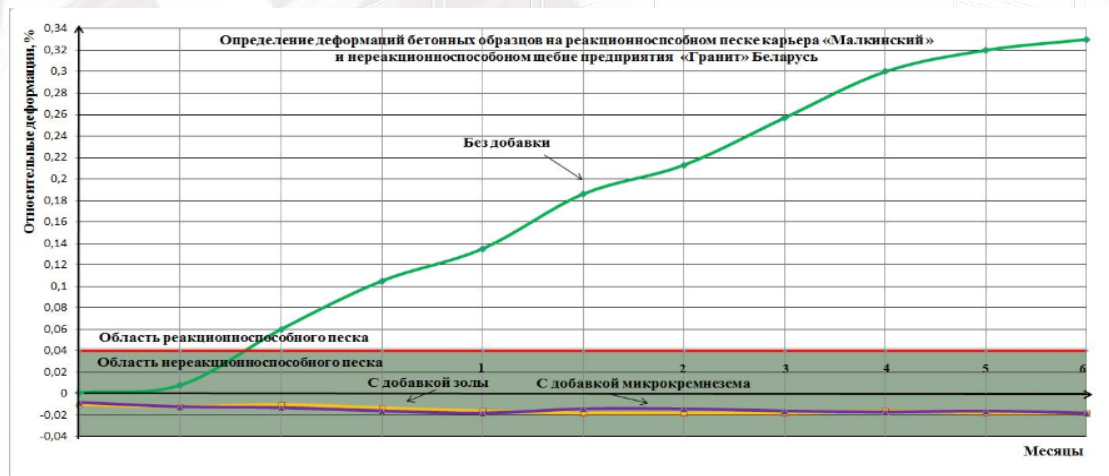
Новые задачи

- Проблеме РЩК посвящены сотни публикаций, тем не менее обнаруживаются новые случаи их проявления.
- Участились случаи повреждения бетона в результате использования реакционноспособного песка.
- В нормативах к песку предъявляются требования по количеству растворимого кремнезема 50 ммоль/л, что не характеризует действительную реакционную способность песка. Во многих случаях этот критерий оказывается слишком жестким. Известны примеры, когда пески с более высоким содержанием растворимого кремнезема оказывались безопасными.



Способы защиты

- Способы защиты бетона от коррозии, вызываемой реакцией диоксида кремния заполнителя со щелочами цемента, приведены в СТО 36554501-022-2010 ОАО «НИЦ «Строительство» «Защита бетона от коррозии, вызываемой реакцией диоксида кремния заполнителя со щелочами цемента».
- Оптимальным способом предотвращения коррозии бетона, вызываемой взаимодействием щелочей цемента с реакционноспособным диоксидом кремния заполнителя, является применение минеральных добавок в бетонах.
- В настоящее время усилия направлены на совершенствование методик, позволяющих адекватно предсказывать последствия использования тех или иных видов заполнителей, а также на поиск надежных средств, позволяющих ингибировать протекание реакции щелочь-кремнезем.



Сетка трещин на бетонном образце, изготовленном на реакционноспособном песке и не реакционноспособном щебне



I МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
КОНГРЕСС

| Спасибо за внимание!

ЗАВЕДУЮЩИЙ СЕКТОРОМ КОРРОЗИИ БЕТОНА
ЛАБОРАТОРИИ КОРРОЗИИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ
БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
НИИЖБ ИМ. А.А. ГВОЗДЕВА,

К.Т.Н., ЧЕХНИЙ ГАЛИНА ВАСИЛЬЕВНА

+7(499) 174-76-97

E-mail: chehniy@mail.ru