

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИ ИХ ПОПЕРЕМЕННОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ И ОТТАИВАНИИ

Закорчемная Н.О., Закорчемный Ю.О. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*), **Фиц С.**, (*Любленська политехника, Польша*).

Проведен анализ механизмов морозного разрушения строительных композитов. Экспериментально подтверждено изменение поврежденности строительных композитов при их попеременном замораживании и оттаивании.

Введение. Эффективность применения строительных материалов для большинства конструкций гражданских, промышленных и гидротехнических сооружений эксплуатируемых на территории Украины во многом определяется способностью их противостоять внешним агрессивным воздействиям. К наиболее распространенным способам и условиям воздействия внешней среды на бетонные и железобетонные конструкции и сооружения можно отнести многократное увлажнение материалов в разных средах и их высушивание, нагревание и охлаждение, длительное нахождение в агрессивных средах и т.п. Одним из способов воздействия среды в период эксплуатации строительных материалов является многократное его замораживание и оттаивание, т.е. периодическое воздействие на материал конструкций знакопеременных температур и вызываемых таким образом нагрузок. Под морозостойкостью бетонов понимают способность сохранять свою прочность при многократном замораживании и оттаивании в насыщенном водой состоянии. Механизм разрушения строительных композитов при этом связывают с объемными изменениями самого материала и замерзающей в его поровом пространстве жидкости [1, 2].

В качестве структурных параметров строительных композитов выделяют технологические трещины и внутренние поверхности раздела [3]. Технологические трещины в гетерогенном материале прорастают по сложным траекториям, при этом на их берегах зарождаются и развиваются другие трещины, что снижает способность

материала выдерживать морозные нагрузки.

Таким образом была определена задача исследований – повышение сопротивления морозному разрушению строительных композитов за счет направленного изменения начальной поврежденности путем использования рациональных наполнителей.

Выбор и обоснование модели и методика исследований. В качестве основной модели нами была принята плоская модель клиновидной трещины. Такая модель трещины позволяет проанализировать механизмы роста трещины при поэтапном замерзании воды, находящейся в различных состояниях. Форма трещины в виде клина предполагает, что в ее объеме жидкая фаза находится в свободном состоянии, в виде полиадсорбционных слоев и в виде моноадсорбированного слоя в непосредственной близости от устья трещины. Для каждого вида связи воды на берегах трещины существует своя температура ее перехода в твердое состояние. Таким образом, при анализе влияния увеличения объема жидкой фазы на берега трещины, на начальном этапе исследований, исходили из условия что: – вода находящаяся в объеме трещины на макроструктурном уровне находится в свободном состоянии; – температура перехода воды в твердое состояние неодинакова для разных структурных уровней и зависит в частности от рН среды.

Анализ распределения деформаций в материале с трещинами различной геометрии проводили графо-аналитическим методом и методом фотоупругости. При использовании метода фотоупругости применяли плоские модели, изготовленные из эпоксидной смолы, в которых геометрия трещин была идентичная геометрии трещин, анализ которых проводили графо-аналитическим методом. Метод фотоупругости позволяет, в нашем случае, получить качественную картину развития и распределения возникающих деформаций.

Экспериментальные исследования проводили на образцах-кубах $100 \times 100 \times 100$ мм. Опыты проводились по плану «смесь – технология – свойства». В качестве независимых переменных приняты дисперсность наполнителя, количество наполнителя и расход цемента. Расчет моделей и их графическое отображение проводились в систем COMPEX. Графическая интерпретация моделей представлена в виде диаграмм "треугольники на квадрате". В качестве крупного заполнителя использовался гранитный щебень фракции 5 - 10 мм. В качестве наполнителя применялся природный кварцевый песок с удельной поверхностью $S_1=100 \text{ м}^2/\text{кг}$, $S_2=200 \text{ м}^2/\text{кг}$, $S_3=300 \text{ м}^2/\text{кг}$, предварительно размолотый в шаровой мельнице.

Поврежденность бетона технологическими дефектами определялась путем измерения длины поверхностных трещин с помощью курвиметра с точностью до 0,001 м на трех гранях образца. Использование способа обеспечивает следующие преимущества. Обнаруженная сеть трещин зависит от состава и технологии приготовления бетона и определяет его физико-механические характеристики, а также несущую способность конструкции. Зная рисунок трещин можно направленно изменять состав и технологию изготовления железобетонных конструкций с целью уменьшения количества трещин и улучшения тем самым эксплуатационных характеристик материала конструкций. Для количественной оценки поврежденности бетона технологическими дефектами в качестве параметра введен коэффициент поврежденности (K_p), который представляет собой отношение общей протяженности трещин к площади поверхности образца.

Анализ механизмов морозного разрушения. При анализе распределения поверхностных трещин можно выделить трещины, которые замыкаются друг на друге, и трещины незавершенные в своем развитии. Трещины, которые замыкаются друг на друге следует рассматривать как внутренние поверхности раздела, способные воспринимать и перераспределять деформации между структурными блоками. Собственно к трещинам следует отнести незавершенные трещины, роль которых заключается в концентрации напряжений у своего устья [3]. Технологические трещины в гетерогенном материале прорастают по сложным траекториям, при этом на их берегах зарождаются и развиваются другие трещины, что снижает способность материала выдерживать морозные нагрузки. Проведенный анализ методом фотоупругости позволил установить, что происходит поэтапное изменение картины распределения напряжений, связанное с изменением агрегатного состояния воды при увеличении объема трещин за счет давления льда на ее берега. Происходит увеличение ширины раскрытия трещины и, как следствие, возникают деформации растяжения у ее устья. Эти процессы могут привести к росту трещины и увеличению ее объема. Характер распределения деформаций зависит от геометрии начальной трещины и от наличия на ее берегах других трещин. При этом может наблюдаться увеличение объема трещин без ее подрастания, появление и развития новых трещин на ее берегах, рис. 1. В этом случае давление льда вызывает возникновение напряжений в объеме матричного материала вдоль берегов трещин и льда и вызывает деформации сдвига. В зависимости от геометрии начальной трещины цикл замораживания сопровождается

кучкообразным подрастанием трещины. Вода, заполняя образовавшийся свободный объем, вследствие роста трещины и раскрытия ее ширины переходит в свободное состояние и изменяет свое агрегатное состояние. Это вновь приводит к перераспределению напряжений вызывающих объемные деформации, что является причиной последующего этапа роста трещины. При этом возможна трансформация технологической трещины в трещину эксплуатации.

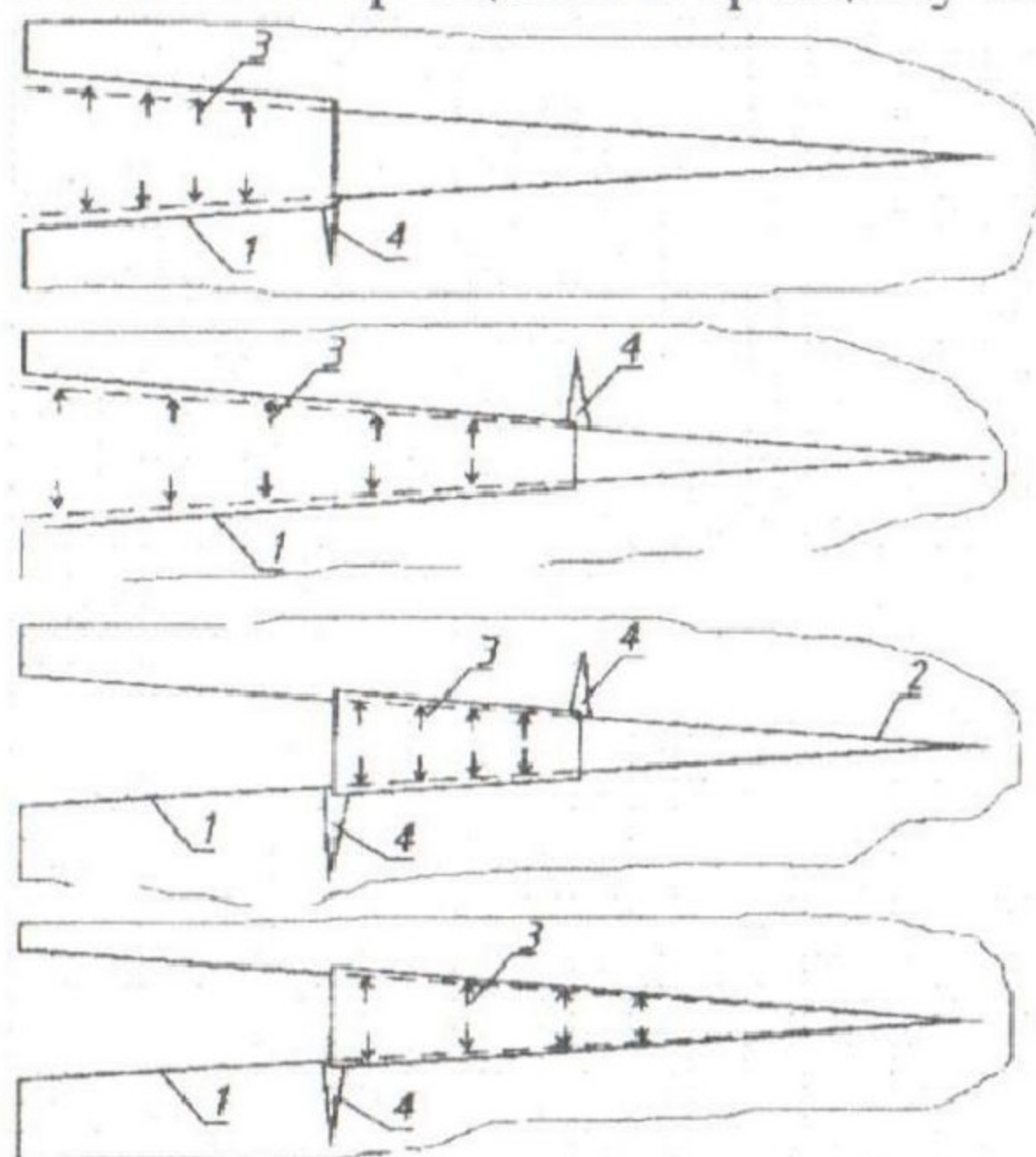


Рис. 1. Механизм изменения поврежденности трещины
1 – берега технологической трещины; 2 – устье трещины;
3 – давление льда; 4 – зоны возможного появления новых трещин.

Анализ влияния наполнителей на изменение поврежденности строительных композитов. Как показали наши исследования, на прочностные свойства бетонов, модуль упругости, существенное влияние оказывает применение наполнителя разной удельной поверхности и расход вяжущего. Качественной характеристикой для оценки изменения структуры бетона и как следствие изменения его прочностных характеристик является коэффициент поврежденности. Представляет интерес изучение влияния наполнителей и состава вяжущего на изменение структуры материала и его характеристик после воздействия попеременных нагрузок возникающих при замораживании и оттаивании.

Наши исследования по изменению структуры материала, которую можно оценить изменением коэффициента поврежденности, до (рис. 2) и после (рис. 3) воздействия 100 циклов попеременного замораживания и оттаивания показывают, что значение поврежденности в некоторых образцах изменилось более чем 100%.

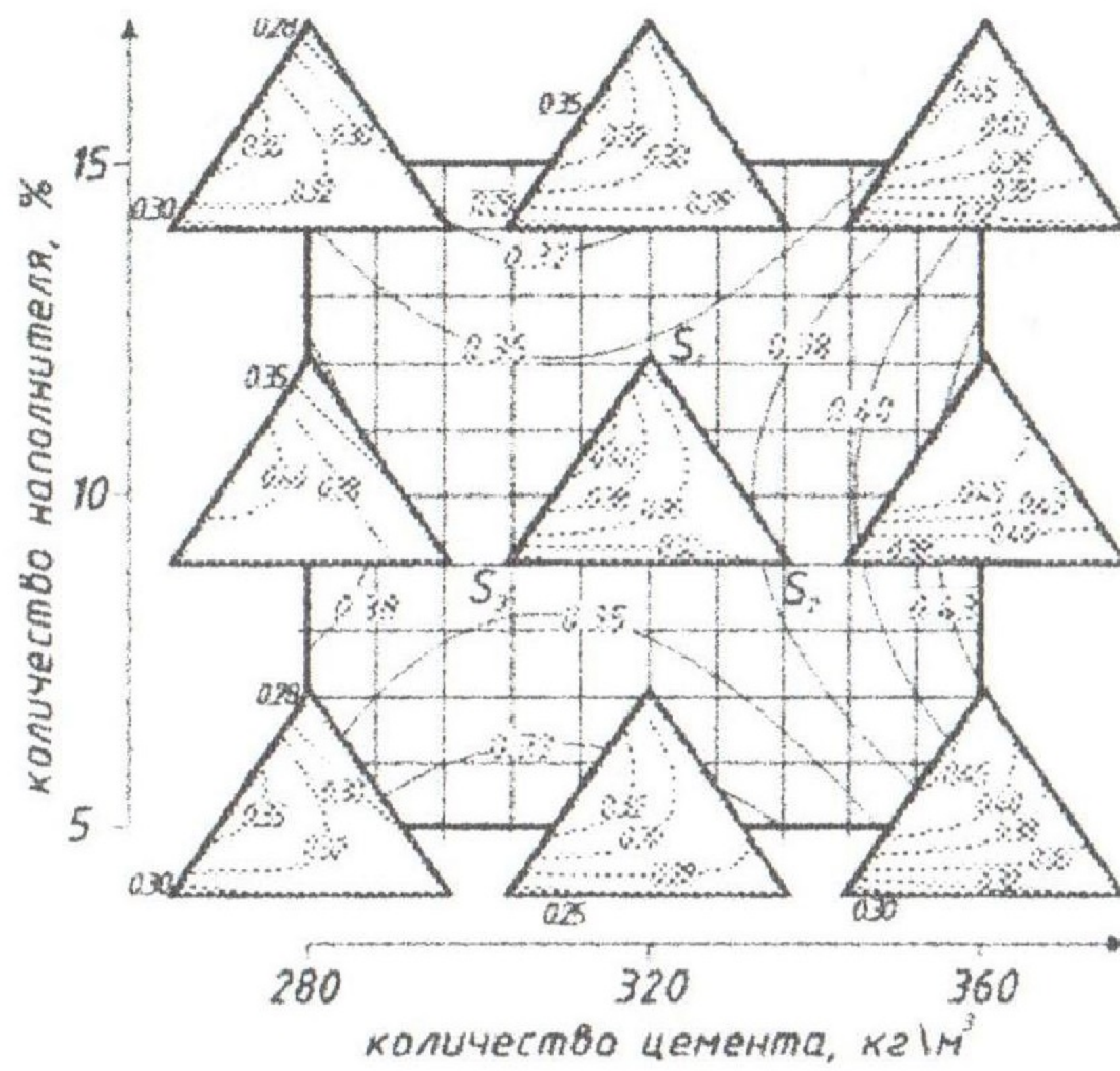


Рис. 2. Влияние количества вяжущего и удельной поверхности наполнителя на изменение технологической поврежденности после 28 сут.

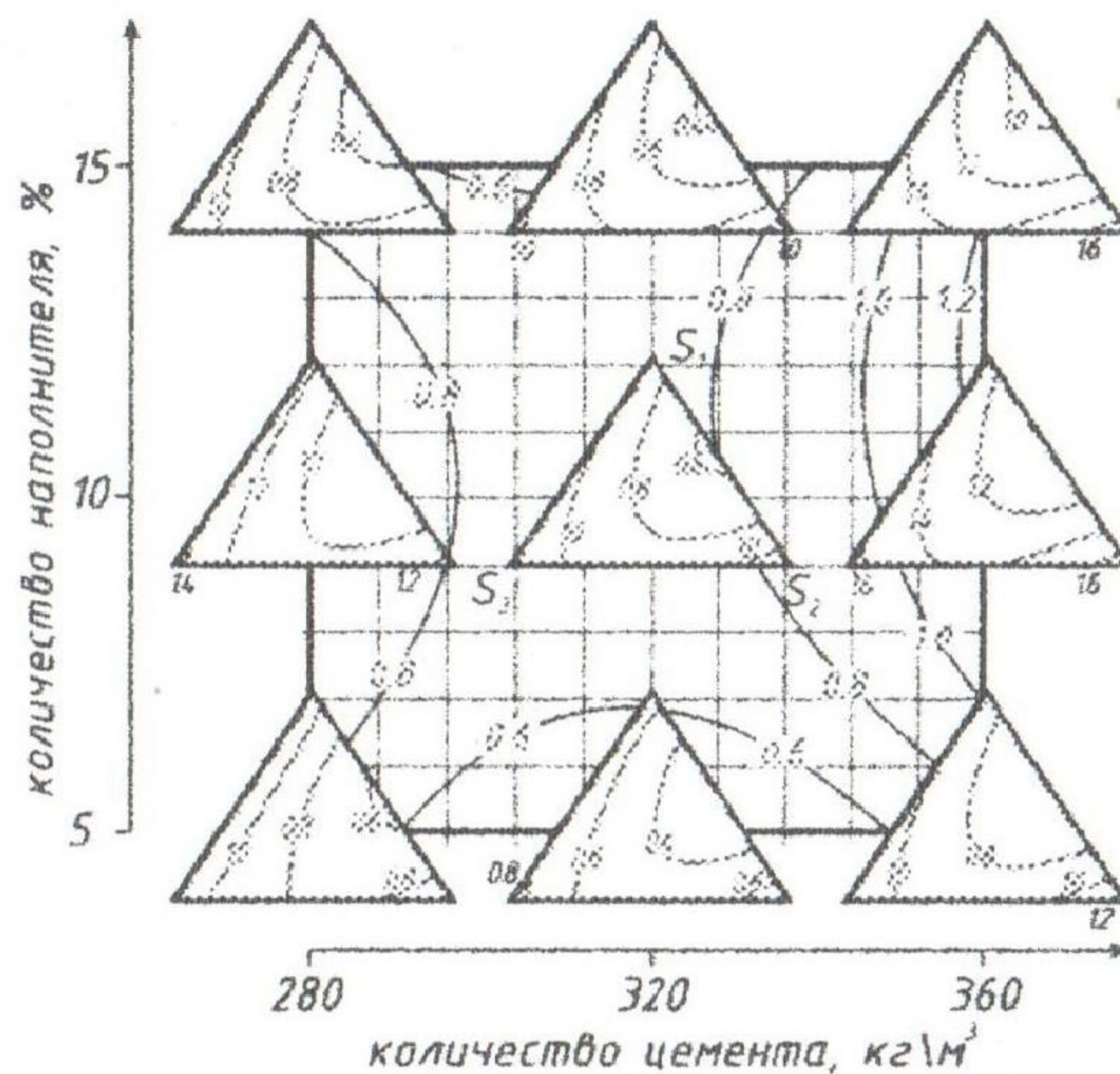


Рис. 3. Влияние количества вяжущего и удельной поверхности наполнителя на изменение коэффициента поврежденности после 100 циклов замораживания и оттаивания.

Так оценивая полученные результаты можно сделать выводы о том, что произошли некоторые изменения в структуре материала. Наименьшие значения коэффициента технологической поврежденности наблюдаются в образцах в состав которых входит 320 кг/м^3 цемента. При этом количество наполнителя не оказывает существенного влияния. Однако применение наполнителя различной удельной поверхностью позволяет регулировать поврежденностью в пределах одного и того же состава бетона. Так изменение удельной поверхности со $100 \text{ м}^2/\text{кг}$ до $300 \text{ м}^2/\text{кг}$ позволяет изменить технологическую поврежденность на более чем на 50%. Максимальное значение технологической поврежденности нами было получено при использовании 360 кг/м^3 цемента и количество наполнителя 15%. Таким образом можно сделать вывод о том, что увеличение расхода вяжущего, содержания наполнителя и увеличение удельной поверхности наполнителя приводит к увеличению поврежденности бетона.

Заключение. Анализ механизмов развития трещин, при замерзании в ней воды, показал, что процессе роста технологической трещины возможен ее переход в трещину эксплуатационную, что в дальнейшем может привести к началу разрушения материала. В свою очередь начальное распределение и вид технологических трещин зависит от технологических факторов получения строительных композитов. Таким образом, изменения технологические параметры получения строительных материалов можно управлять распределением технологических трещин с целью повышения сопротивляемости строительных композитов многократному замораживанию и оттаиванию. Экспериментально подтверждено влияние наполнителей и состава вяжущего на изменение поврежденности. Установлено, что наименьшие значения коэффициента технологической поврежденности наблюдаются в образцах в состав которых входит 320 кг/м^3 цемента. При этом количество наполнителя не оказывает существенного влияния.

Література.

1. Шейкин А.Е., Добшиц Л.М. Цементные бетоны высокой морозостойкости. – Л.: Стройиздат, 1989. – 128 с.
2. Горчаков Г.И., Капкин М.М., Скрамтаев Б.Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений. – М.: Стройиздат, 1965. – 195с.
3. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости / В.И.Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В.Сиренко. – К.: Будівельник, 1991. – 144с.