

УДК 624.012.45:666.973

Кофанов В.А., Никитин В.И.

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И ПАРАМЕТРОВ ВЛАГОПЕРЕНОСА МАТЕРИАЛА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ИХ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Долговечность ограждающих конструкций в значительной мере определяется влажностным состоянием материалов этих конструкций. В свою очередь, влажностное состояние материалов конструкций зависит от видов воздействий окружающей среды, которые характеризуются температурой, относительной влажностью воздуха, атмосферными осадками, солнечной радиацией и т.д. В настоящее время в инженерных расчетах влажностного состояния ограждающих конструкций учитывается только воздействия температуры и относительной влажности. На наш взгляд при расчетах влажностного состояния ограждающих конструкций необходимо учитывать атмосферные осадки в виде дождя.

В данной работе расчетным путем с помощью разработанной нами модели [1] делается попытка оценить влияние дождя. Для этого в указанную модель были внесены дополнительные зависимости, учитывающие особенности контактирования дождевой влаги с поверхностью материала ограждающей конструкции.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

Для учета атмосферных осадков на влажностное содержание материалов ограждающих конструкций необходимо располагать данными о количестве жидкой влаги, попадающей на поверхность материала во время дождя. Количество жидкой влаги, попадающей на поверхность, зависит от интенсивности дождевого потока на эту поверхность, который в свою очередь зависит от различных факторов, среди которых следует отметить скорость ветра и положение поверхности ограждения относительно поверхности земли.

Интенсивность дождевого потока на вертикальную поверхность материала W_B будем определять по формуле:

$$W_B = k \cdot W_T, \quad (1)$$

где W_T — интенсивность дождевого потока на горизонтальную поверхность материала, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

k — переходной коэффициент, учитывающий соотношение между W_B и W_T и принимающий значение от 0 до 1. При выполнении расчетов значение этого коэффициента принималось равным 0,5, 0,7 и 1,0.

Количество жидкой влаги, поглощаемой материалом через поверхность, зависит от его всасывающей способности и других показателей, характеризующих материал в отношении влагопереноса. Поглощающая способность материала учитывалась с помощью коэффициента капиллярного всасывания A , $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}^{0.5})$.

Текущее содержание дождевой влаги $\omega(t)$ в наружном расчетном слое отслеживалось с учетом интенсивности дождевого потока W_B , коэффициента капиллярного всасывания A и коэффициента влагопроводности β с помощью разработанного вычислительного алгоритма.

В качестве материала ограждения рассматривался песчаник плотностью $2100 \text{ кг}/\text{м}^3$, для которого в работе [2] имелись все необходимые для расчета данные. Эти данные получены на образцах размерами $5 \times 5 \times 25 \text{ см.}$, которые перед испытанием были высушены до постоянной массы, а затем гидроизолированы со всех сторон, кроме одной поверхности испарения $5 \times 5 \text{ см.}$ Для этого материала значение коэффициента капиллярного всасывания составляет $A = 0,02 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}^{0.5})$. Используемая изотерма сорбции представлена на рис. 1а. Зависимость коэффициента влагопроводности β от влажностного содержания представлена на рис. 1б.

Коэффициент теплоотдачи α и сопротивление паропроонианию R_n на поверхности ограждения соответственно равны $\alpha = 17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ и $R_n = 3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{г}$. Значение удельной теплоемкости принято постоянным и равным $c = 0,85 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{°C})$, а значение коэффициента теплопроводности определяем в зависимости от влажностного содержания материала ω по формуле:

$$\lambda = 1,6 + 0,128 \cdot \omega \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C}). \quad (2)$$

Значение коэффициента паропроониания μ принято постоянным и равным $3,8 \cdot 10^{-5} \text{ г}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$ [3].

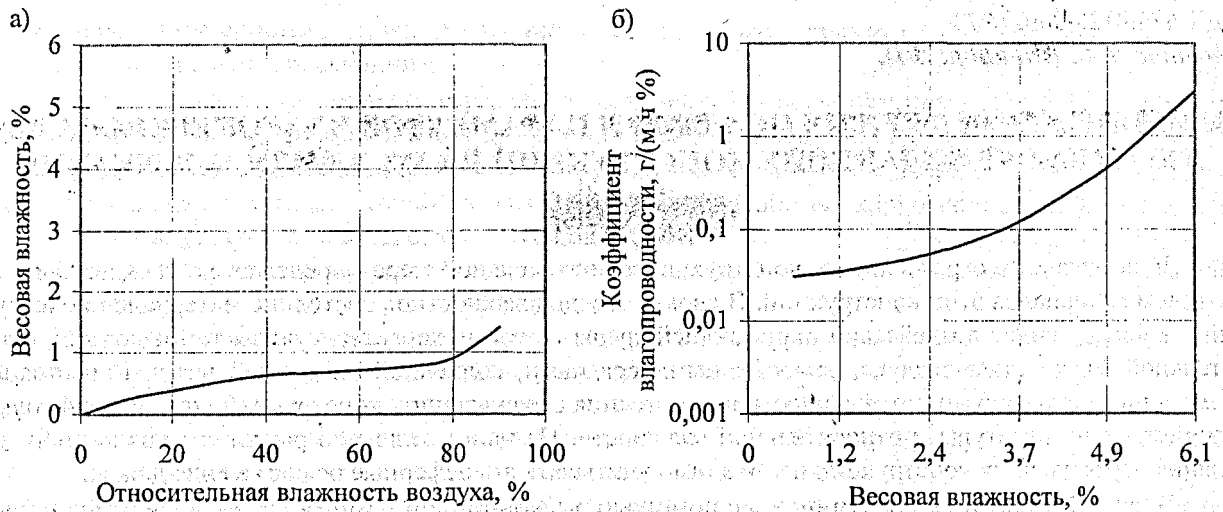


Рисунок 1 – Изотерма сорбции песчаника (а) и зависимость коэффициента влагопроводности песчаника от его влагосодержания (б)

В начальный момент времени температура t и влагосодержание ω по длине образцов приняты постоянными и равными: $t = 10^\circ\text{C}$, $\omega = 0\%$. В течение восьмидесяти дней незаизолированные поверхности образцов находились под воздействием внешней среды, характеризуемым двумя параметрами (относительная влажность воздуха и количество осадков), изменение которых во времени показано на рис. 2. При этом значения относительной влажности воздуха являются среднесуточными, а количество осадков – суммарными за день. В расчетах температура воздуха на протяжении всего времени находилась на уровне 10°C .

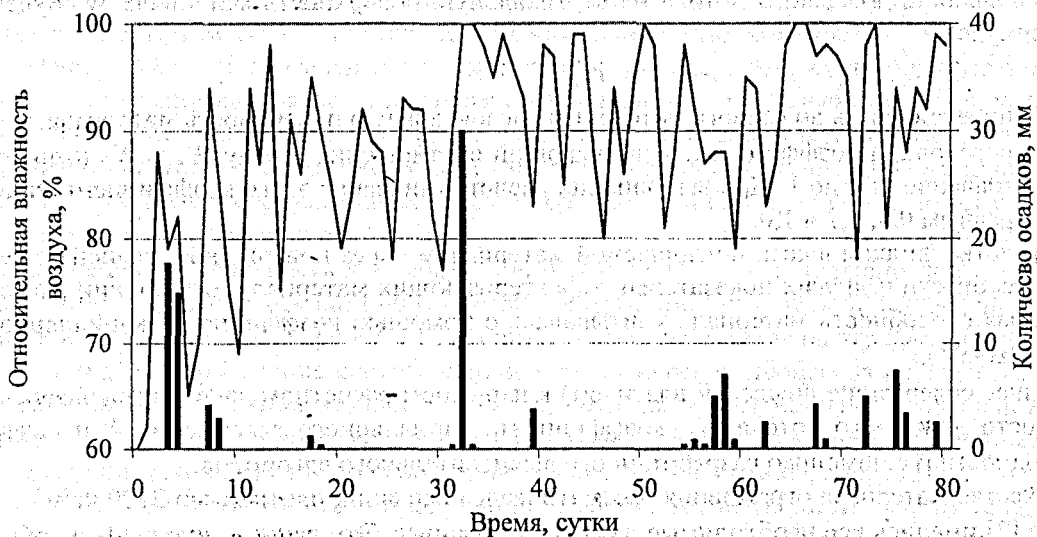


Рисунок 2 – Изменение относительной влажности воздуха и количества осадков за рассчитываемый период

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Результаты вычислительного эксперимента, отражающие изменения во времени среднего значения весовой влажности по толщине образца показаны на рисунках 3 (при различных значениях переходного коэффициента κ) и 4 (при различных коэффициентах влагопроводности β). Следует отметить, что по данным работы [2] коэффициент влагопроводности для различных образцов одного и того же материала может изменяться в очень широком диапазоне (на порядок).

Из рис. 3 видно, что при снижении переходного коэффициента κ , учитывающего соотношение между количеством осадков на единице горизонтальной и вертикальной поверхностях, с единицы до

0,7 привело к снижению рассчитываемого влагосодержания материала к концу рассматриваемого периода на 10 %. Снижение коэффициента k с единицы до 0,5 уменьшило влагосодержание уже на 25 %. Нижняя линия на рисунке 3 показывает изменение среднего значения влагосодержания по длине образца без учета дождя ($k = 0$). На восьмидесятый день среднее значение влагосодержания материала составило лишь четверть от среднего значения влагосодержания, полученного при $k = 1$. Из этого следует, что воздействие дождя оказывает существенное влияние на влагосодержание материала [4] и его нужно учитывать в расчетах.

Из рис. 4 видно, что десятикратное изменение коэффициента влагопроводности значительно изменяет влагосодержание образца. С увеличением коэффициента влагопроводности быстрее происходит перераспределение влаги по толщине образца, что дает возможность поверхностным слоям больше впитывать воды во время дождя.

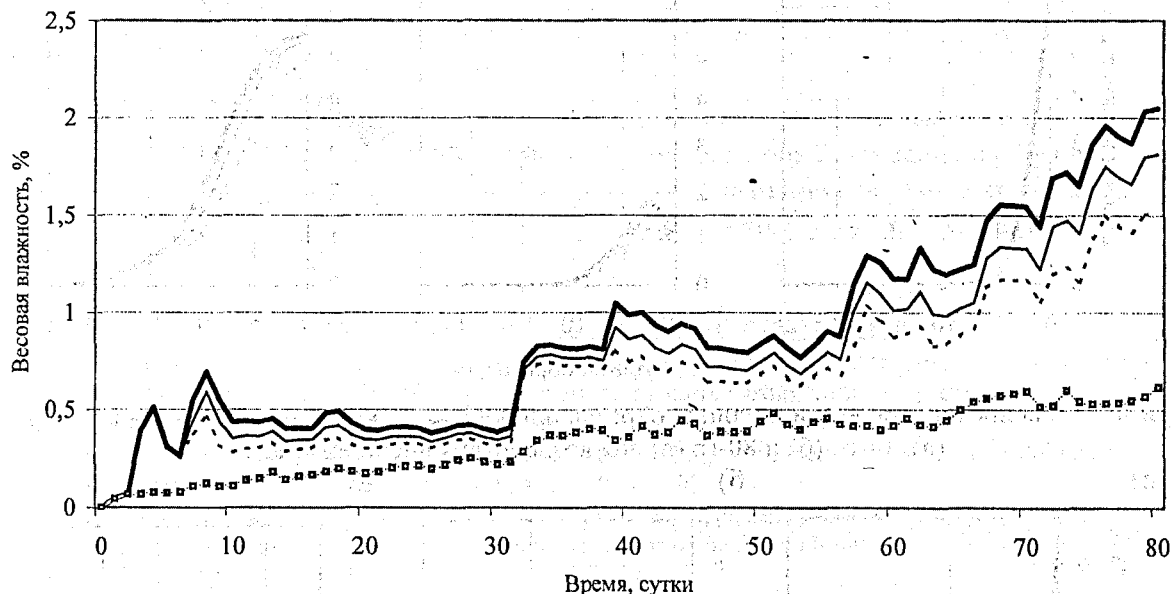


Рисунок 3 – Изменение среднего значения влагосодержания по длине образца при $k=1$ — —, $k=0.7$ — —, $k=0.5$ ----, $k=0$ за рассчитываемый период

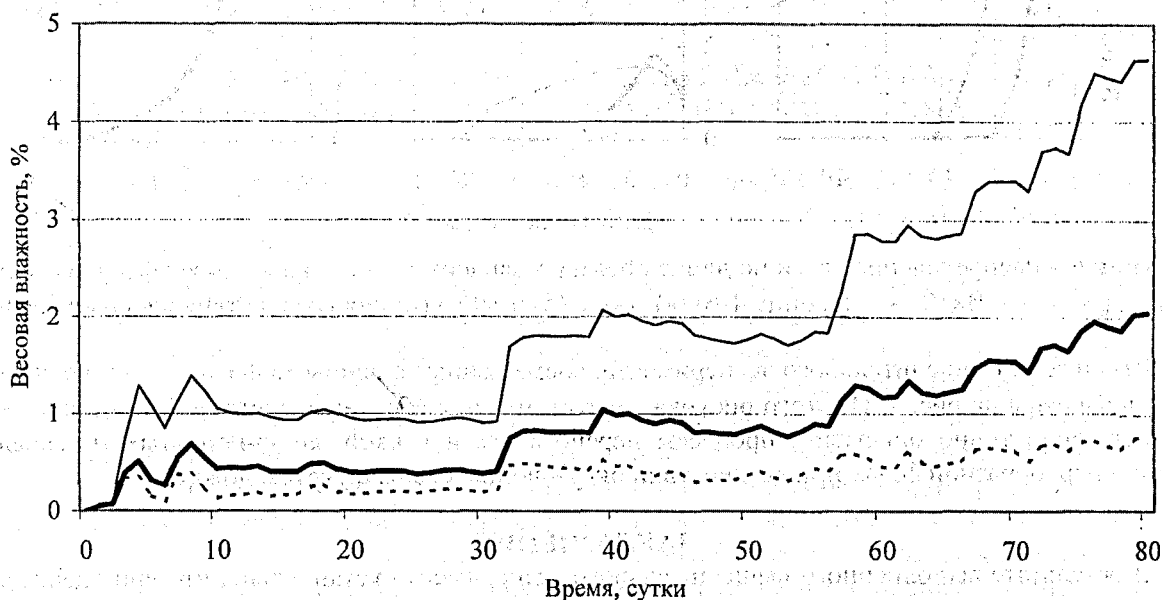


Рисунок 4 – Изменение среднего значения влагосодержания по длине образца в зависимости от времени и значений коэффициента $\beta \times 1$ — —, $\beta \times 10$ — —, $\beta \times 10^{-1}$ ---- за рассчитываемый период

На рис. 5 и 6 показано влагосодержание по толщине образца в различные моменты времени. Высокое влагосодержание поверхностного слоя материала характерно для дождливых дней (рис. 5а, 5в, 6а и 6в). При этом влагосодержание в поверхностном слое может достигать максимального водонасыщения. Распределение влаги по длине образца, показанное на рисунках 5б и 6б, характерно для дней следующих за дождливыми днями. Как видно из рисунка 5, изменение коэффициента κ практически не повлияло на характер распределения влаги по длине образца на протяжении всего рассматриваемого периода. Варьирование в широком диапазоне коэффициента влагопроводности значительно изменяет качественную и количественную стороны процесса влагопереноса (рис. 6).

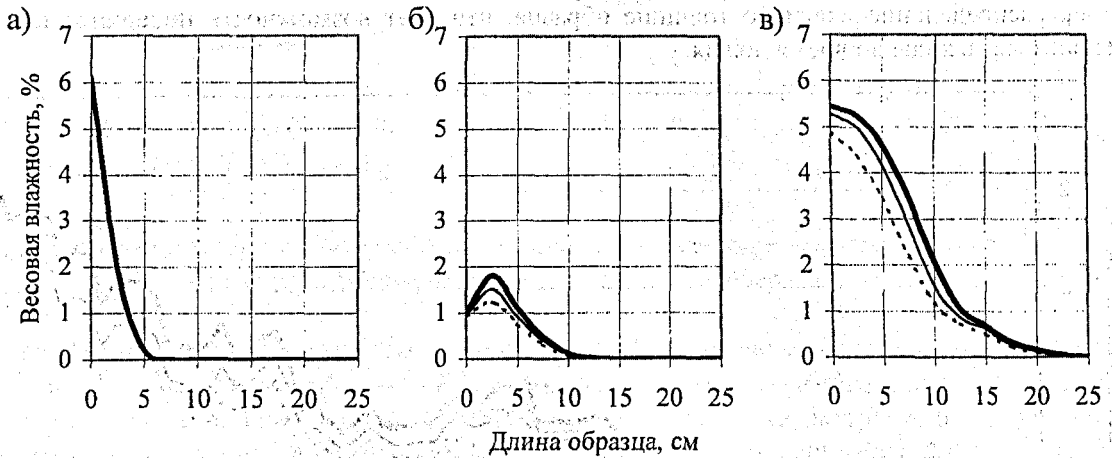


Рисунок 5 – Распределение влаги по длине образца при $\kappa=1$ — —, $\kappa=0.7$ —, $\kappa=0.5$ - - - к концу 4-го (а), 14-го (б) и 80-го (в) дня воздействия внешней среды

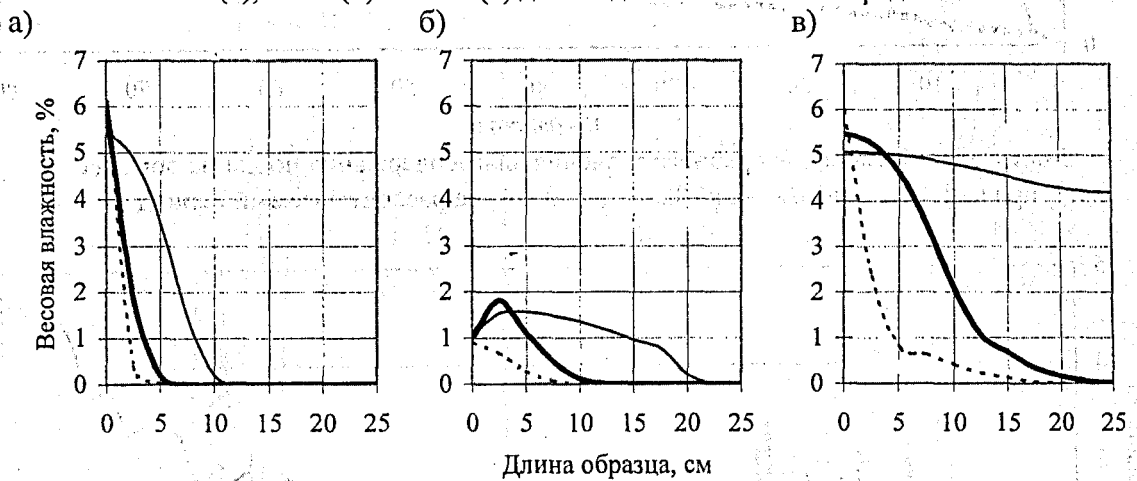


Рисунок 6 – Распределение влаги по длине образца в зависимости от значений коэффициента $\beta \times 1$ — —, $\beta \times 10$ —, $\beta \times 10^{-1}$ - - - к концу 4-го (а), 14-го (б) и 80-го (в) дня воздействия внешней среды

Результаты вычислительного эксперимента, совмещенные с данными физического эксперимента [2], приведены на рис. 7. Из этого рисунка следует, что разработанная система имитации в состоянии достаточно точно описывать процессы переноса влаги в капиллярно-пористых материалах в жидкой и парообразной фазах при воздействии окружающей среды с учетом дождя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного вычислительного эксперимента установлено, что при оценке влажностного состояния материала ограждающей конструкции необходимо учитывать не только изменения относительной влажности воздушной среды, но и количество дождевых осадков, которые приводят к увеличению градиентов влажности в толще материала. Вследствие этого в материале возникают дополнительные напряжения, которые приводят к снижению его долговечности. Кроме этого переувлажненный материал имеет пониженные теплозащитные характеристики.

Разработанная нами математическая модель позволяет проводить вычислительные эксперименты, результаты которых создают основу для формирования информационной базы для принятия более обоснованных проектных решений, обеспечивающих необходимые теплозащитные качества и долговечность ограждающих конструкций.

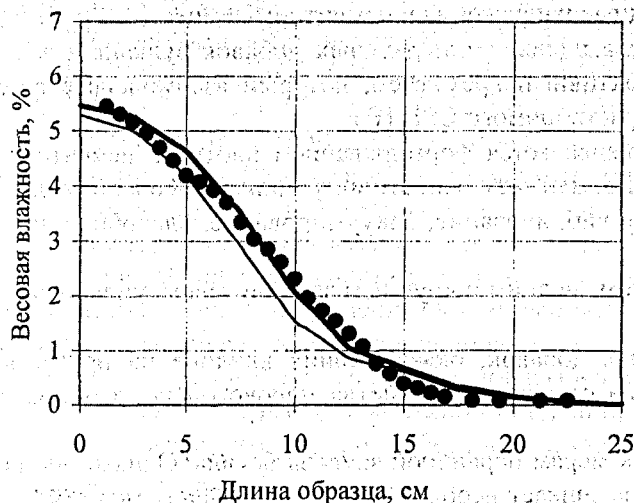


Рисунок 7 — Распределение влаги по длине образца по опытным данным $\bullet\bullet\bullet\bullet$ и вычисленным при коэффициенте $\kappa=1$ — —, $\kappa=0.7$ — — на восьмидесятый день

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Никитин В.И., Ракецкий В.М., Лапко А., Прусел И.А. Имитация тепло- и влагопереноса в теплоизоляционных материалах // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология. — 2001. — №2(8). — С. 56-60.
2. Künzel H.M. Simultaneous heat and moisture transport in building components. One- and two-dimensional calculation using simple parameters // IRB Verlag Stuttgart, — 1995. — 66 s.
3. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий, — М.: Стройиздат, — 1973. — 287 с.
4. Krus M. Hygrothermal calculations applied to water-repellent surfaces — validation and application. // ETH Zürich, — 1998. — s. 169-176.

УДК 666.97.058

Кузьменков М.И., Трахимчик О.Е., Марковка Д.М.

НОВЫЙ ПРОПИТОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ «СИФТОМ» ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНА

Сооружения из бетона и железобетона, как из всякого другого материала, со временем подвергаются разрушению. В этой связи актуальной проблемой является обеспечение проектной долговечности железобетонных конструкций.

В условиях эксплуатации на цементный камень действуют: природные воды под давлением или просто омывающие сооружения; промышленные и бытовые стоки, периодически и многократно повторяющиеся теплосмены (сезонные и дневные колебания температур), процессы увлажнения и высыхания (колебания атмосферной влажности, специфические условия службы). Кроме того, влияют механические воздействия — удары волн, выветривание, истирание, а также биологические — вредные воздействия бактерий. Следует отметить, что в реальных условиях эксплуатации имеет место воздействие не одного какого-либо фактора, а их различное сочетание: например, дорожные покрытия подвергаются одновременно воздействию воды, солей-антиобледенителей, мороза; на аэродромные покрытия дополнительно воздействуют высокотемпературные газодинамические потоки от двигателей самолетов; морские гидротехнические сооружения работают в условиях воздействия высококонцентрированных растворов сульфатов и хлоридов, попеременного увлажнения и высушивания. В этой связи проблема повышения долговечности бетона крайне сложна.

В настоящее время разработан ряд мероприятий обеспечивающих снижение агрессивного воздействия на бетон, основными из которых являются: