

ного поля.

Список литературы

1. Петрушенко Е.И. Постановка задачи по расчету вихревых токов в телах произвольной формы // Известия вузов. Электромеханика, 1966. – № 11. – С. 1181-1184.
2. Майергойз И. Д. Интегральные уравнения для расчета трехмерного квазистационарного электромагнитного поля / И.Д. Майергойз, О.В. Тозони // Изв. вузов. Электромеханика, 1972. – № 4. – С. 343-349.
3. Тозони О.В., Маергойз И.Д. Расчет трехмерных электромагнитных полей – К.: Техніка, 1974. – 352 с.
4. Галанин М.П., Попов Ю. И. Квазистационарные электромагнитные поля в неоднородных средах: Математическое моделирование. – М.: Наука. – 1995. – 320 с.
5. Тихонов Д.Ю. Комбинированный метод расчета нестационарных плоскопараллельных электромагнитных полей / Д.Ю. Тихонов, А.Н. Ткачев, Й. Центнер // Изв. вузов. Электромеханика, 2002. – №4. – С. 39-48.
6. Жильцов А.В. Двумерная интегро-дифференциальная модель для расчета вихревых токов в системе кристаллизатор – индукционный перемешиватель с нелинейным массивным магнитопроводом // Электронное моделирование, 2007. - Т 29. – № 6. – С. 37-46.
7. Толмачев С.Т. Интегральные уравнения для расчета нестационарного электромагнитного поля / С.Т. Толмачев, А.В. Ильченко, В.А. Власенко // Вісник Криворізького національного університету, 2012 – Випуск 30. – С. 161-165.
8. Толмачев С.Т. Специальные методы решения задач магнитостатики. – К.: Вища школа, 1983. – 166 с.
9. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1973. – 832 с.
10. Толмачев С.Т. Применение обобщенных аналитических функций для исследования статических полей / С.Т. Толмачев, А.В. Ильченко, С.Л. Бондаревский // Вісник Криворізького технічного університету, 2007. – Вип. 17. – С. 133-138.

Рукопись поступила в редакцию 04.04.12

УДК 624.04

А.И. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф.,

В.Л. ВОРОНА, магистрант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ЗДАНИЯ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

В статье приведены основные виды воздействий на здания. Также представлены последствия их влияния на техническое состояние зданий и сооружений.

Проблема и ее связь с научной и практической задачей. Обеспечение долговечности строительных конструкций зданий и сооружений - одна из важнейших задач сохранения основных фондов страны. Обеспечение долговечности бетонных и железобетонных конструкций - процесс комплексный и сложный. Решение этой сложной задачи должно начинаться с момента проектирования, но нельзя сказать, что должно заканчиваться сдачей в эксплуатацию здания и сооружения. Длительная надежная эксплуатация зданий в течение расчетного срока службы должна грамотно обеспечиваться службой эксплуатации зданий.

Во всем мире вопросам долговечности уделяют первостепенное внимание. И это не случайно, поскольку по статистическим оценкам, от 15 до 75 % конструкций зданий и сооружений различного назначения подвергаются воздействию агрессивных сред. Кроме того, по различным экспертным оценкам, от 5 до 10 % строительных конструкций ежегодно выходят из строя. Учитывая старение основных фондов страны, этот процесс будет прогрессировать.

Основные конструкции зданий и сооружений выполняются из бетона и железобетона. Поэтому защита этих конструкций от различных воздействий и разрушения для увеличения их долговечности и поддержания требуемых эксплуатационных качеств - зданий и сооружений имеет важное практическое значение.

Постановка задачи. В процессе эксплуатации каждое здание находится под воздействием двух групп факторов: внешних, или природных, и внутренних, связанных с происходящим в здании технологическим или функциональным процессом. Природные факторы весьма разнообразны. Они действуют на здания на поверхности и под землей, отдельно и в различных сочетаниях в зависимости от климатических, гидрогеологических и других условий. Правильный учет воздействия всех этих факторов как при проектировании зданий и сооружений, так и во время эксплуатации имеет важное значение в обеспечении заданной их долговечности при минимальных затратах сил и средств как на возведение, так и на их эксплуатацию.

Изложение материала и результаты. *Воздействие воздушной среды.* В атмосфере содержатся пыль и газы, способствующие разрушению зданий. Загрязненный воздух, особенно в сочетании с влагой, вызывает преждевременный износ, коррозию или загрязнение, растрескивание и разрушение строительных конструкций. Вместе с тем, в чистой и сухой атмосфере камни, бетоны и даже металлы могут сохраняться сотни и тысячи лет. Это значит, что воздушная среда, в которой находятся такие материалы, слабо агрессивна или совсем не агрессивна.

Основным загрязнителем воздуха являются продукты сгорания различных топлив. Поэтому в городах и промышленных центрах металлы корродируют в два-четыре раза быстрее, чем в сельской местности, где сжигается значительно меньше угля и нефтепродуктов.

Загрязненность воздуха газами и твердыми частицами в зимнее время выше и зависит от характера топлива. Наиболее загрязняет атмосферу пылевидное топливо, так как при его сжигании вместе с дымом уносится много золы и пыли, меньше всего - природные газы.

Основными продуктами сгорания большинства видов топлива являются углекислый (CO_2) и сернистый (SO_2) газы. При растворении углекислого газа в воде образуется углекислота - конечный продукт сгорания многих видов топлива; она разрушающе действует на бетон и иные материалы.

С такой проблемой сталкивается и город Кривой Рог в котором есть коксохимические предприятия.

Почти все газы, за исключением аммиака и кислорода, являются кислотными и кислотообразующими. По степени агрессивности воздействия на бетон газы можно разделить на три группы:

слабоагрессивные: CS_2 - сероуглерод, CO_2 - углекислый газ, SiF_4 - четырехфтористый кремний;

среднеагрессивные: SO_2 - сернистый газ, H_2S - сероводород;

сильноагрессивные: Cl_2 - хлор, SO_3 - сернистый ангидрид, HCl - пары соляной кислоты, HF - пары плавиковой кислоты, NO_2 - двуокись азота.

Степень агрессивности атмосферы во многом зависит от относительной влажности, температуры воздуха, скорости обмена и др.

При влажности воздуха до 50-60% интенсивность коррозии очень мала, в то время как при влажности более 70-80% она возрастает в сотни раз. Помещения с влажностью ниже порога увлажнения относятся к сухим и с нормальной влажностью; в них металл не корродирует. Если влажность в помещениях выше порога увлажнения, т. е. в них протекают влажные и мокрые процессы, то это необходимо учитывать при оценке вероятности коррозии.

Наибольшей окислительной способностью обладает хлор (намного выше, чем кислород). Однако распространенность его в природе и допустимые концентрации в воздухе в сотни тысяч раз меньше, чем кислорода.

Воздействие атмосферной влаги. Основную роль в нарушении структуры материала играет влага: она вызывает набухание, гниение, коррозию, механическое разрушение при замерзании воды в порах и пустотах.

Влага является универсальным фактором по разнообразию воздействия на сооружения.

В строительных конструкциях самыми уязвимыми местами, наиболее доступными для проникновения влаги и агрессивных веществ, являются стыки, места сопряжения оконных и дверных коробок с конструкциями, различные тепловые мостики. Именно в этих местах чаще всего протекают фазовые изменения влаги, способствующие разрушению конструкций.

Влага в конструкциях может находиться в виде воды или льда. Естественное увлажнение конструкций может быть капельно-жидким или конденсационным.

Капельно-жидкое увлажнение происходит вследствие проникновения дождя через поврежденную кровлю или через другие конструкции, под действием косого дождя, падающего на стены, а также растаявшего снега. Дождевая вода сравнительно чистая, однако осадки, проходя через загрязненные слои воздуха, увлекают из него аммонийные соли, углекислоту, серную кислоту и другие вредные вещества и, проникая в конструкции, разрушают их.

При каменном или плотном бетонном наружном слое стены вода в нее проникает всего на несколько миллиметров и под влиянием солнечных лучей и ветра легко испаряется. При пористых конструкциях, а также при плохо выполненных швах в однослойных крупноразмерных конструкциях дождевая влага проникает в стену глубоко, попадая даже внутрь помещений.

В разрушении ограждающих конструкций велика роль дождя в сочетании с ветром. На старых постройках можно видеть следы разрушения стен ветром, дождем и песком.

Зона увлажнения стен от разбрызгивания падающей на тротуар воды достигает 50 см. Поэтому цокольная часть зданий, не имеющая плотной поверхности, разрушается довольно быстро.

В отличие от капельно-жидкого, конденсационное увлажнение конструкций происходит в результате перемещения водяных паров с воздухом.

Поскольку строительные материалы - как естественные, так и искусственные - неоднородны по составу, то под действием воды и содержащихся в ней солей и кислот, а также ветра они разрушаются неравномерно.

Действие солей очень опасно в период кристаллизации. Даже насыщенные растворы не разрушают бетонные и каменные конструкции так, как соли, остающиеся после испарения влаги. При кристаллизации солей растущие кристаллы разрушают конструкцию. Многократное и длительное увлажнение конструкций солевым раствором, сопровождающееся испарением влаги, приводит к их разрушению.

Металлические конструкции подвергаются коррозии под действием всех кислот.

Воздействие грунтовой воды. Грунтовая вода существует в природе в трех видах: связанной (химически, гигроскопически и осмотически впитанной или пленочной); свободной, или жидкой;

парообразной, перемещающейся по порам из мест с большей упругостью водяного пара в места с меньшей его упругостью.

Грунтовая вода взаимодействует физически и химически с минеральными и органическими частицами грунта. Все виды грунтовой воды находятся во взаимодействии друг с другом и переходят один в другой.

Вода в грунтах всегда представляет собой раствор с изменяющимися концентрацией и химическим составом, что отражается и на степени ее агрессивности.

Оценивая агрессивность грунтовых вод, следует иметь в виду переменный ее характер: с течением времени у подземной части сооружений водный режим может изменяться, и при этом агрессивность среды повышается или снижается.

Атмосферные осадки, проникая в грунт, превращаются либо в парообразную, либо в гигроскопическую влагу, удерживающуюся в виде молекул на частицах грунта молекулярными силами, в пленочную, поверх молекулярной, и гравитационную, свободно перемещающуюся в грунте под действием сил тяжести. Последняя может доходить до грунтовой воды, повышая тем самым ее уровень.

Грунтовая вода, в свою очередь, вследствие капиллярного поднятия перемещается вверх на значительную высоту и также обводняет верхние слои грунта. В некоторых условиях капиллярная и грунтовая воды могут сливаться и устойчиво обводняют подземные части сооружений, в результате чего усиливается коррозия конструкций, снижается прочность оснований.

Изменение минералогического состава грунтовых вод меняет их агрессивность по отношению к подземным частям сооружений. В районах с большим количеством осадков (северных) уровень грунтовых вод поднимается и снижается их карбонатная жесткость (количество кальция) за счет разбавления воды осадками; это повышает ее способность к выщелачиванию извести в каменных и бетонных конструкциях.

Испарение воды и увлажнение грунтов осадками приводят к движению в них кислорода, вследствие чего коррозионная активность среды также возрастает. При необратимых процессах коррозии, например металлов, для сооружений опасно даже временное повышение агрессивности окружающей среды.

Уровень грунтовых вод колеблется в зависимости от времени года, водопроницаемости грунтов и других факторов. Наиболее высокий уровень грунтовых вод наблюдается весной, после таяния снега, а самый низкий - в конце лета и в конце зимы. Это необходимо учитывать при эксплуатации сооружений, отводя воду и понижая ее уровень в наиболее опасные периоды.

Агрессивность грунтовых вод по отношению к различным материалам зависит от их реакции (кислая, щелочная), концентрации, а также от вида материала. Воздействие грунтовых вод на строительные материалы весьма многообразно. Так, например, слабокислые растворы предохраняют от гниения деревянные части, подавляя грибковые (гнилостные) процессы, но окисляют и разрушают некоторые металлы. Щелочные растворы в малых концентрациях способст-

вуют сохранению бетона, но они более агрессивны, чем кислые, по отношению к битуму, асфальтобетону, дереву.

Признаков агрессивности воды очень много. За основные, чаще всего встречающиеся, признаки агрессивности воды по отношению к бетонным и каменным конструкциям приняты следующие:

- показатель рН в зависимости от временной жесткости В;
- временная (карбонатная) жесткость в мг/л;
- содержание сульфатов в пересчете на SO_4 в мг/л;
- содержание магниевых солей в пересчете на ион Mg в мг/л;
- содержание свободного углекислого газа (CO_2).

В зависимости от наличия в воде примесей и их концентрации различают следующие виды агрессивности грунтовых вод: общекислотную, выщелачивающую, сульфатную, магниевую и углекислую.

Степень агрессивности воды и скорость коррозии материалов конструкций оцениваются количественно; показатели агрессивности воды установлены в СН 249–63.

Воздействие отрицательной температуры. Некоторые конструкции, например цокольные части, находятся в зоне переменного увлажнения и периодического замораживания. Отрицательная температура (если она ниже расчетной или не приняты специальные меры защиты конструкций от увлажнения), приводящая к замерзанию влаги в конструкциях и в грунтах оснований, разрушающе действует на здания.

При замерзании воды в порах материала объем ее увеличивается, что создает внутренние напряжения, которые все возрастают вследствие сжатия массы самого материала под влиянием охлаждения. Давление льда в замкнутых порах достигает больших значений - до 200 кгс/см^2 . Разрушение конструкций в результате замораживания происходит только при полном насыщении материала влагой. Вода при замерзании увеличивается в объеме лишь на 10 %. Следовательно, если в порах имеется место для расширения замерзающей влаги, если влажность материала конструкции не превышает 85 %, то давление на стенки не возникает. Такие конструкции выдерживают сотни циклов попеременного замораживания и оттаивания, не разрушаясь.

Вода начинает замерзать с поверхности конструкций, а потому и разрушение их под воздействием отрицательной температуры также начинается с поверхности, особенно с углов и ребер. Максимальный объем льда получается лишь при температуре $-22 \text{ }^\circ\text{C}$, когда вся вода превращается в лед. Интенсивность замерзания влаги зависит от объема пор. Так, например, если вода в больших порах начинает переходить в лед при 0°C , то в капиллярных трубках она замерзает только при $-17 \text{ }^\circ\text{C}$.

Пористые материалы, сообщающиеся с наружной поверхностью крупными порами, не разрушаются. Если такие поры связаны волосяной сетью капилляров и все они заполнены влагой (насыщенное состояние), то при ее замерзании они разрушаются. Самым устойчивым к замораживанию считается материал с однородными и равномерными порами, наименее устойчивым - материал с крупными порами, соединенными тонкими капиллярами.

Напряжение в конструкциях зависит не только от температуры охлаждения, но и от скорости замерзания и числа переходов через $0 \text{ }^\circ\text{C}$; оно тем сильнее, чем быстрее происходит замораживание.

Камни и бетоны, имеющие пористость до 15 %, выдерживают 100-300 циклов замораживания. Уменьшение пористости, а следовательно, и количества влаги повышает морозостойкость конструкций.

Из сказанного следует, что при замерзании разрушаются те конструкции, которые увлажняются; защитить конструкции от разрушения при отрицательных температурах - это значит защитить их от увлажнения.

Промерзание грунтов в основаниях опасно для зданий, построенных на глинистых и пылеватых грунтах, мелко- и средне-зернистых песках, в которых вода по капиллярным порам поднимается выше уровня грунтовых вод и находится в связанном виде. Связанная вода замерзает не сразу и по мере замерзания перемещается из зон толстых оболочек в зоны с оболочками меньшей толщины, т.е. в процессе замерзания грунта вода подсасывается из нижних слоев.

Явление промерзания и пучения грунтов опасно только для наземных сооружений, поскольку уже на глубине примерно 1,5 м от поверхности нет разницы в колебаниях температуры

дня и ночи, а на глубине 10-30 м не ощущаются изменения температуры зимой и летом.

Вода в грунтах основания независимо от того, является ли она поверхностной, грунтовой или капиллярной, всегда создает опасность промерзания грунта в связи с повышением его теплопроводности при увлажнении. Поскольку при замерзании влаги и дополнительном подсосе, вызванном замерзанием, содержание ее в грунте увеличивается на 5-10 % и более, при резком оттаивании грунт нередко полностью разжижается и теряет свою несущую способность. Положение усугубляется, если весной в основание поступают еще и талые воды. В таких случаях более опасным становится даже не само пучение, а его последствия - деформации при оттаивании увлажненного основания.

Повреждения зданий из-за пучения оснований происходят как по вине проектировщиков и строителей, если они неправильно назначают заглубление фундаментов, так и по вине эксплуатационников, допускающих срезку и увлажнение грунта вокруг сооружений, раскрытие зданий для ремонта зимой и т. п.

Воздействие сейсмических волн. Приемка зданий в районах, подверженных землетрясениям, и их эксплуатация определяются сейсмическими явлениями. Особенно это актуально для Криворожского региона, где происходит постоянные взрывы горных пород при добыче полезных ископаемых.

Землетрясения - одни из самых грозных сил природы, возникающие вследствие процессов внутри Земли и взрывов. Они представляют собой колебания, распространяемые в Земле и передаваемые через основания на сооружения.

Последствия землетрясений зависят от пространственной жесткости, размеров, формы и веса зданий, а также от количества и характера толчков. Наиболее опасны для зданий горизонтальные составляющие колебаний почвы, поскольку при землетрясении здания работают как вертикальный брус или пластина, консольно заделанные в грунт. Возникающие в районе эпицентра вертикальные сейсмические нагрузки более опасны для горизонтальных конструкций - перекрытий, карнизов и т. п.

В нашей стране оценка возможных землетрясений при проектировании зданий производится по ГОСТ 6249-53. Сила землетрясения в баллах определяется по специальной шкале величиной максимального смещения упругого маятника сейсмометра.

Воздействие технологических процессов. Каждое здание и сооружение проектируется и строится с учетом воздействий предусматриваемых в нем процессов. Однако из-за неодинаковой стойкости и долговечности материалов конструкций и раного влияния на них среды износ их неравномерен. В первую очередь разрушаются защитные покрытия стен и полы, окна, двери, кровли; медленнее - стены, каркас, фундаменты. Сжатые элементы и элементы крупных сечений, работающие при статических нагрузках, изнашиваются медленнее, чем изгибаемые и растянутые тонкостенные, работающие при динамической нагрузке, в условиях высокой влажности и высокой температуры.

Кислотостойкими являются породы с высоким содержанием кремния: кварц, гранит, диабаз, нестойкими - содержащими известь: доломит, известняк, мрамор; последние - щелочестойки.

Обожженный кирпич стоек даже в среднекислой и средне-щелочной средах. Для него опасны плавиковая кислота и раствор едкого натра, он разрушается также при солевой коррозии.

Сухой бетон морозостоек, однако пересушивание его при температурах выше 100°C приводит к обезвоживанию, прекращению гидратации, усадке, температурным деформациям. Предварительно-напряженный железобетон теряет свои качества уже при температуре более 80°C в результате снижения напряжения в арматуре. Из этого следует, что при высоких температурах бетон применять нецелесообразно.

Основным способом повышения стойкости и долговечности бетонных и железобетонных конструкций в условиях агрессивных сред является увеличение их плотности и непроницаемости защитными покрытиями, тампонажными растворами или совместно теми и другими.

Деревянные конструкции быстро разрушаются при повышенной влажности, в застойном

воздухе, при воздействии горячих щелочей и сильных кислот. Древесина, особенно хвойных пород (смолистая), незаменима в условиях солевой коррозии хлористых солей калия и натрия, в слабокислой среде. Древесина, пропитанная полимерными составами (например, бакелитом), клеями и другими веществами, обладает повышенной стойкостью и долговечностью.

Минеральные масла химически не активны по отношению к бетонам, но они отрицательно на них воздействуют, так как их поверхностное натяжение в два-три раза меньше, чем воды, они обладают большей смачивающей способностью и большей силой капиллярного поднятия: масло, попавшее на бетон, глубоко проникает в него, расклинивая частицы, изолируя зерна цемента от влаги и прекращая тем самым дальнейшую их гидратацию. Относительное снижение прочности бетона под действием пролитого масла тем значительнее, чем выше водоцементное отношение: с увеличением пористости бетона возрастает его насыщенность растворами, в том числе и маслами.

Состояние производственных сооружений с агрессивными средами во многом зависит от культуры производства - герметизации технологических линий и предотвращения агрессивных выделений в помещения, усиленной вентиляции, немедленного смыва промышленных стоков; важна также культура технической эксплуатации: чем выше агрессивность среды в сооружении, тем чаще должны проводиться обследования и возможно быстрее восстанавливаться начавшие разрушаться конструкции.

Выводы. В связи с изложенным необходим постоянный контроль за техническим состоянием зданий и сооружений.

Контроль технического состояния зданий осуществляется проведением систематических плановых и неплановых осмотров. При проведении осмотров должны применяться эффективные методы обследования с использованием современных средств технической диагностики.

Плановые осмотры подразделяются на общие и частичные. При общих осмотрах контролируют техническое состояние здания в целом, при частичных - техническое состояние отдельных элементов здания.

Общие осмотры проводят два раза в год: весной и осенью.

При весеннем осмотре проверяют готовность здания к эксплуатации в весенне-летний период, устанавливают объемы работ по подготовке здания к эксплуатации в осенне-зимний период и уточняют объемы ремонтных работ по плану текущего ремонта в год проведения осмотра.

При осеннем осмотре следует проверять готовность здания к эксплуатации в осенне-зимний период и уточнять объемы ремонтных работ по зданиям, включенным в план текущего ремонта следующего года. При проведении частичных осмотров устраняют неисправности конструкций и инженерного оборудования, которые могут быть выполнены в течение времени, отводимого на осмотр. Результаты осмотров отражают в документах по учету технического состояния зданий (журналах учета технического состояния, специальных карточках и др.). Эти документы включают: оценку технического состояния зданий и их элементов, выявленные неисправности, причины вызвавшие их.

Список литературы

1. **Бабакин В.И.** О мерах преодоления износа жилых зданий / **В.И. Бабакин** // Городское хозяйство Москвы, 1963. - №5.
2. **Балалаев Г.А.** и др. Защита строительных конструкций от коррозии / **Г.А. Балалаев** // Стройиздат, 1966.
3. **Бойко М.Д.** Техническая эксплуатация зданий и сооружений / **М.Д. Бойко** // Учебник для вузов. Воениздат, 1969.

Рукопись поступила в редакцию 30.03.12