

**Московский государственный горный университет
Кафедра строительства подземных сооружений и шахт
ЗАО "Триада-Холдинг"**

**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

г. Москва

2009 г.

УДК 624.1:620.1

Рецензенты: проф., к.т.н., заведующий кафедрой «Строительное производство и оценка недвижимости» Уральского государственного технического университета
Пекарь Г.С.

к.т.н., заместитель директора по науке филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены» Щекудов Е.В

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)

Под редакцией проф., д.т.н. кафедры «Строительство подземных сооружений и шахт» Московского государственного горного университета
Шилина А.А.

ISBN

Лабораторный практикум представлен комплексом работ, рассматривающих методы контроля качества строительных материалов и конструкций с позиции самых передовых разработок, используемых в мировой практике. В книге рассмотрены как методы неразрушающей диагностики и контроля, так и прямые «разрушающие» методы, требующие отбора образцов из конструкций и их испытаний.

Практикум направлен на подготовку специалистов занимающихся вопросами диагностики, проектирования и ремонта сооружений, а также для обучения студентов строительных специальностей.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основной целью настоящей работы является закрепление студентами теоретических знаний, ознакомление их с наиболее широко применяемыми в настоящее время современными разрушающими и неразрушающими методами контроля качества строительных конструкций и материалов, формирование у них практических навыков и умений самостоятельного выполнения работ по определению различных характеристик и качественных показателей, необходимых для разработки проектов ремонта, реставрации и реконструкции зданий и сооружений.

В состав лабораторного практикума входят работы по контролю упругих и прочностных свойств различных конструкционных материалов в условиях лаборатории и непосредственно в сооружениях с помощью современных физических методов исследований. Рассмотрены основные методы и приемы дефектоскопии элементов строительных конструкций примыкающего к ним грунтового массива.

Приведены методы контроля качественных параметров строительных конструкций и материалов, а также воды, воздействующей на сооружение.

В каждой из лабораторных работ даются краткие теоретические сведения о применяемых приборах и устройствах, указан порядок выполнения работы и обработки данных экспериментов, объем и содержание отчета, приведены нормативные документы, сформулированы контрольные вопросы.

Следует отметить, что общая направленность практикума, состав лабораторных работ и использования приборного оборудования нацелено на оперативное получение информации о реальном состоянии объектов. Изучение и выполнение необходимого объема лабораторных работ обеспечивает системность обучения по дисциплинам: «Строительное дело», «Строительство, реконструкция и эксплуатация городских подземных сооружений», «Гидроизоляционные материалы и работы в строительстве», «Диагностика строительных конструкций».

Лабораторный практикум может быть полезен для преподавателей, студентов и сотрудников высших учебных заведений, изучающих свойства строительных материалов и конструкций, а также для специалистов организаций проектной, строительной, научно-исследовательской направленности и службы заказчика.

Авторами методических указаний являются преподаватели и сотрудники кафедры СПСиШ МГГУ, а также специалисты ЗАО «Триада-Холдинг» (выпускники МГГУ).

В издании принимали участие:

- к. т. н. Кириленко А.М. (общее руководство, редактирование)
Павловская Е.А. (общее руководство, редактирование)
- к. т. н. Закоршменный А.И. (лабораторные работы №1-3, №5-8, №15-18)
Синев А.В. (лабораторные работы №9, №11-12, №22-23)
- к. х. н. Немков С.А. (лабораторные работы №19-21, №27)
Знайченко П.А. (лабораторные работы №24-25, №28, №33)
Бауков А.Ю. (лабораторные работы №30-32, №34)
Степанова Н.М. (лабораторные работы №10, №13-14)
- к. т. н. Дымбренев Т.Н. (лабораторные работы №26, №29)
Алешин Т.Р. (лабораторная работа №4)
Дадашева М.О. (оформление)

ВВЕДЕНИЕ

Ускоренному физическому износу конструкций могут способствовать многие факторы или их сочетание. В основном это ошибки, возникающие в процессе проектирования и строительных работ, использования некачественных материалов; активное воздействие окружающей среды; незапланированные изменения условий эксплуатации; некачественное выполнение ремонтных или реставрационных работ; форс-мажорные обстоятельства.

Российские и зарубежные нормы по поводу долговечности конструкций показывают, что проектирование, строительство и эксплуатация сооружений должны осуществляться так, чтобы в соответствующих прогнозируемых условиях внешней среды они сохраняли безопасность, эксплуатационную надежность и приемлемый внешний вид в течение определенного периода времени, не требуя при этом непредвиденных эксплуатационных затрат.

Свойства современных материалов и конструкций регламентируются нормами и правилами многих стран: СНиП 2.03.11-85, ENV206, DIN 1048, S1881, ACI 201, ACI 318, ACI 357, N5-3474. Однако даже выполнение всех норм не обеспечивает гарантированного качества на весь проектный срок службы капитальных сооружений, тем более, что такой срок находится в пределах от 100 до 200 и более лет (мосты, тоннели, резервуары, плотины, путепроводы, сохраняемые старые здания, памятники и пр.).

Для того чтобы подобные сооружения смогли с минимальными затратами эксплуатироваться на заданном уровне надежности весь срок службы необходимо применение соответствующих профилактических и, по необходимости, запланированных ремонтных мероприятий или реконструкции.

Стандарты многих стран рекомендуют некоторых из этих действий, например, EN 1504, EN 1508, UNI 9747 и пр.

Однако, проектирование ремонтных и реставрационных работ, а также технология и организация их выполнения в значительных объемах имеют сегодня достаточно абстрактный характер, так как проектировщики зачастую не понимают, что делают.

Сегодня, например, состояние большинства отремонтированных сооружений из железобетона претерпевает серьезное ухудшение спустя несколько лет после того, как в них производились ремонтные работы. По данным проведенных исследований около 75% отказов при ремонте железобетонных конструкций наступает по истечении всего 5 лет. Считается успехом, если повторный ремонт необходимо выполнять через 12-15 лет. В идеальном случае такие работы приходится повторять через 25 лет.

Это объясняется различными причинами, основными из них являются:

- отсутствие детальной диагностики сооружений с целью выбора оптимальных материалов и технологий, обеспечивающих сохранность на заданном уровне;
- недостаточное количество методов исследования, позволяющих оценить качество выполненных работ, непосредственно на строительной площадке;
- недостаток квалифицированных кадров, проводящих обследование конструкций и сооружений, имеющих соответственный опыт и знания для анализа сложившейся ситуации и разработки рекомендаций по ее стабилизации, устранению и пр.;
- отсутствие современной лабораторной базы предприятий и учебных заведений, эксплуатация которой обеспечивается квалифицированными специалистами, имеющими приличную заработную плату;
- отсутствие необходимой нормативной и методической литературы, основанной не только на научных методах исследований, зачастую выполненных под конкретными производителями, но и на данных практики;
- отсутствие квалифицированных и опытных проектировщиков и производителей строительных работ, способных совместно с заказчиком разрабатывать оптимальную стратегию ремонта, реконструкции и реставрации сооружений;
- ремонту и реставрации подвергаются конструкции из материалов, которые в разных регионах всегда отличается по своим свойствам и составу, используя материалы, которые, в свою очередь, отличаются как от субстрата, так и друг от друга по качеству и своей структуре. В основном ремонту подвергаются конструкции, которые изготавливались из сырья, производимого 30-40 и более лет назад, и имели качество, соответствующее тому историческому периоду. Сегодня, материалы, из которых они строились, могут отсутствовать в природе или требования к ним серьезно изменились.

Говорить об эффективности ремонтных и реставрационных работ, осуществляемых в подобных условиях, анализируя многочисленные отказы конструкций, сейчас становится актуальным для различных отраслей, так как количество средств и ресурсов, затрачиваемых для этих целей, заставляет искать правильные и экономичные решения.

Однако большинство производителей работ, проектировщиков, поставщиков материалов забывают или не ходят знать, что основной целью выполнения ремонтных или реставрационных действий является получение качественной конструкции или сооружения, обеспечивающих необходимый срок службы при оптимальной величине затрат и основополагающие решения по выбору материалов и технологий должны базироваться на: оценке причин повреждения или разрушения, происходящих на объекте; определении уровня технического состояния, находящегося в эксплуатации сооружения; выяснении характера и степени влияния окружающей среды в совокупности с эксплуатационной

средой постройки; выявлении предполагаемого срока службы сооружения; выборе и оценке качества соответствующей ремонтной или реставрационной стратегии; разработки проекта и технологического регламента производства ремонтных или реставрационных работ, проектирования узлов и деталей; выполнении работ в соответствии с проектом и технологическим регламентом; квалификации производителей работ; контроле качества.

Из сказанного следует, что фундаментом для принятия правильных решений является диагностика конструкций и сооружений, которая немыслима без изучения лабораторных и полевых методов оценки состояния материалов, конструкций и окружающей среды.

Поэтому авторы, имеющие большой опыт работ по оценке состояния и исследованию поведения материалов и конструкций различных сооружений, проектирования ремонтных, реставрационных работ и реконструкции, обладающие современной лабораторной базой, апробированной на обследовании нескольких тысяч различных сооружений, подготовили и выполнили настоящую работу. Конечно, данная работа включает только выборочный объем лабораторных работ, опыт освоения которых поможет в оценке состояния материалов и конструкций различных сооружений. По разным причинам в ней не приведены другие важные методы оценки состояния материалов, такие как петрографические исследования образцов, спектральный анализ поверхностных волн, поляризационные методы – измерение силы тока и напряжения, рентгеновская и гамма-радиография и пр.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ И ПОДВИЖНОСТИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ УСАДКИ БЕТОНА И РЕМОНТНЫХ СОСТАВОВ	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ БЕТОНА И РЕМОНТНЫХ СОСТАВОВ.....	25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ВОЗДУХА, ВОВЛЕЧЕННОГО В БЕТОННУЮ СМЕСЬ.....	30
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИСПЫТАНИЯМИ НА ПРЕССЕ.....	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ КИРПИЧА И ПРИРОДНОГО КАМНЯ ИСПЫТАНИЯМИ НА ПРЕССЕ	41
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ОБРАЗЦОВ РАСТВОРА ИЗГОТОВЛЕННЫХ В ЛАБОРАТОРИИ И ОТОБРАННЫХ ИЗ ШВОВ КЛАДКИ ИСПЫТАНИЯМИ НА ПРЕССЕ	47
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ СЖАТИИ (БРАЗИЛЬСКАЯ МЕТОДИКА)	53
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ	58
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ.....	65
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ И ОБЪЕМНОЙ ВЛАЖНОСТИ, ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ, А ТАКЖЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРИСТОСТИ БЕТОНА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПУТЕМ ОБЪЕМНО-ВЕСОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ.....	75
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО МЕТОДУ КАРБИДА КАЛЬЦИЯ (МЕТОД КАРЛА ФИШЕРА).....	83
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СООРУЖЕНИЙ НЕРАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ.....	90

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧКИ РОСЫ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	96
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НЕРАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА АГАМА-2Р.....	102
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НЕРАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА «ТРУБКА КАРСТЕНА».....	107
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ	111
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НЕРАЗРУШАЮЩИМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА ТОРРЕНТ.....	118
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАРБОНИЗАЦИИ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА.....	128
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №20. АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРИДОВ В ПРОБАХ БЕТОНА ПО ГЛУБИНЕ.....	135
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №21. ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОРРОЗИОННО-АКТИВНОЙ ВОДЫ, РАЗРУШАЮЩЕЙ БЕТОН.....	140
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №22. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И ШТУКАТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СКЛЕРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ	149
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №23. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ КИРПИЧА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СКЛЕРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	161
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №24. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОБРАЗЦАХ И В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ, А ТАКЖЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ.....	170
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №25. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА, РАСПОЛОЖЕНИЯ И ДИАМЕТРА АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ.....	179
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №26. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И ПРОЧНОСТИ ПОКРЫТИЙ НА ОТРЫВ	186

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №27. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	192
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №28. ДИАГНОСТИКА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ.....	199
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №29. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОВИЗИОННЫМ (ТЕРМОГРАФИЧЕСКИМ) МЕТОДОМ	208
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №30. ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И СТРОЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	216
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №31. ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ	228
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №32. ПРИМЕНЕНИЕ ЭХО-ИМПУЛЬСНОГО МЕТОДА (МЕТОДА ТОЛЩИННОГО РЕЗОНАНСА) ПРИ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	236
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №33. ОСМОТР ТРУДНОДОСТУПНЫХ УЧАСТКОВ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЭНДОСКОПОВ.....	242
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №34. МОНИТОРИНГ ДЕФОРМАЦИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТОВОЛОКОННОЙ СИСТЕМЫ	248