

Оперативный контроль прочностных свойств бетона неразрушающим методом при возведении ответственных железобетонных конструкций в условиях Арктики

В. П. Конухин, доктор технических наук,
Ю. Г. Смирнов, А. О. Орлов

Горный институт Кольского научного центра (КНЦ)
Российской академии наук

В статье представлены результаты экспериментальных исследований прочностных характеристик бетона в железобетонных конструкциях стальной плиты и технологических сооружений Пункта долговременного хранения реакторных отсеков утилизируемых атомных подводных лодок и Центра кондиционирования и долговременного хранения радиоактивных отходов на Кольском полуострове. Подтверждено соответствие качества бетона проектным показателям.

Ключевые слова: пункт долговременного хранения реакторных отсеков утилизируемых АПЛ, неразрушающий контроль прочности бетона, строительство радиационно опасных наземных объектов

Поступила в редакцию 02.11.2012

С 2004 г. и по настоящее время в рамках программы «Глобальное партнерство» и двустороннего сотрудничества Федеративной Республики Германии и Российской Федерации ведется строительство двух радиационно опасных объектов в Сайда-Губе, расположенных на Кольском полуострове: Пункта долговременного хранения реакторных отсеков утилизируемых атомных подводных лодок (ПДХ РО АПЛ) и Центра кондиционирования и долговременного хранения радиоактивных отходов (ЦКДХ РАО). Инвестором проектов является немецкая фирма «Energiewerke Nord GmbH», представляющая Министерство экономики и технологий ФРГ. Главный российский партнер — Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Горному институту КНЦ РАН в рамках данных проектов был поручен оперативный контроль качества строительных работ на объектах, в частности прочностных свойств бетона в готовых конструкциях. При замерах прочностных свойств

бетона разрешено использование только методов неразрушающего контроля.

Строящиеся ПДХ РО и ЦКДХ РАО расположены в Мурманской области на севере Кольского полуострова в 7 км от Снежногорска и 100 км от Мурманска на берегу Баренцева моря в губе Сайда. Скорость ветра на побережье Кольского полуострова в среднем составляет 7—8 м/с, влажность воздуха — более 80%. Для района характерны относительно мягкая зима и короткое прохладное лето. При проведении строительных работ должна быть обеспечена заданная долговечность несущих железобетонных конструкций в условиях коррозионного воздействия влажной атмосферы, насыщенной морскими солями, и морозобойного воздействия низких температур.

Обязательным условием любого строительства, в том числе с точки зрения его безопасности, является постоянный контроль прочности бетона. Применяя традиционные разрушающие методы контроля, специалисты сталкиваются с рядом об-

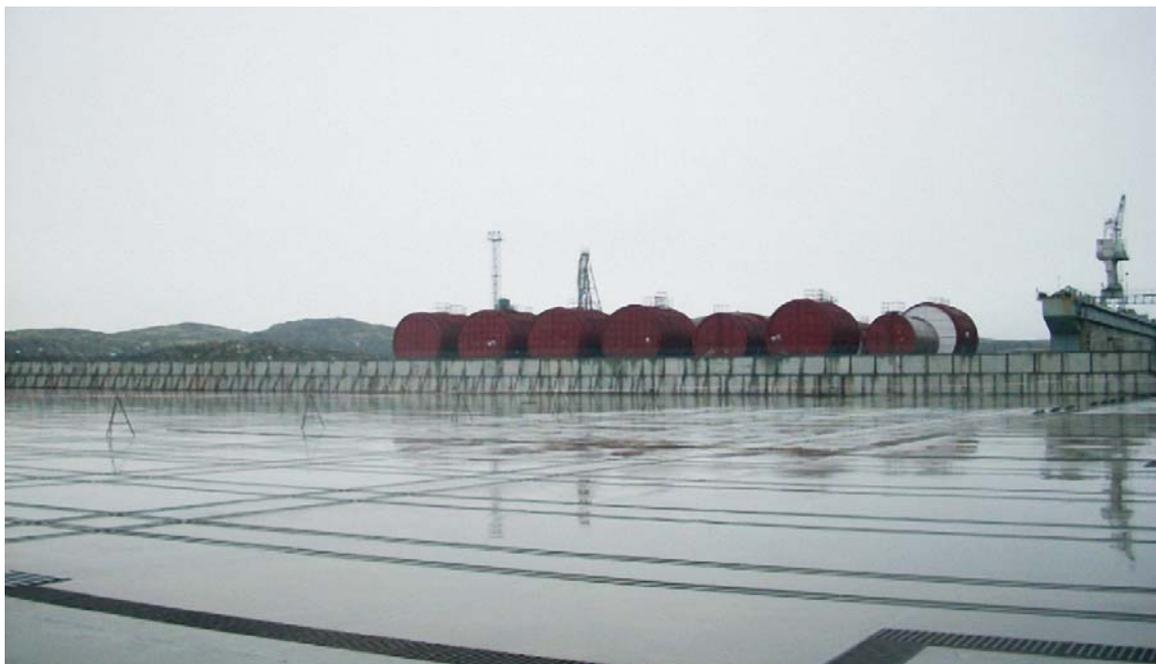


Рис. 1. Фрагмент строительной площадки

стоятельств, затрудняющих получение достоверных прочностных характеристик бетона. Прежде всего невозможно измерить прочность бетонного объекта в режиме реального времени твердения. Более того, фактические условия твердения и динамика набора прочности бетона не всегда соответствуют лабораторным условиям.

В связи с разработкой и внедрением измерительных приборов для неразрушающего контроля трудоемкий процесс определения прочности бетона уходит в прошлое. Теперь для решения данного вида задач предпочтительнее использовать различные типы электронных склерометров, обеспечивающие оперативное определение прочности бетона в изделиях любых конфигураций и объемов неразрушающим методом.

Для обеспечения безопасных условий длительного хранения реакторных отсеков и обращения с радиоактивными отходами Федеральное агентство по атомной энергии России сформировало концепцию многоуровневого контроля на всех стадиях функционирования объектов от выбора площадки до процессов непосредственного строительства. При этом в качестве важнейшей предпосылки безопасной эксплуатации их в течение длительного времени было принято высокое качество строительных работ.

При строительстве радиационно опасных наземных объектов, какими является ПДХ РО АПЛ и ЦКДХ РАО, должна быть обеспечена заданная устойчивость всех несущих строительных конструкций. Для оценки состояния железобетонных конструкций осуществляется всесторонний анализ факторов, влияющих на их эксплуатационные характеристики: состав и прочность бетона, морозостойкость, водонепроницаемость и др. Однако при

всем многообразии контролируемых параметров в качестве определяющего было принято соответствие фактической прочности бетона проектным показателям.

Фрагмент строительной площадки представлен на рис. 1. На заднем плане видны установленные на ПДХ РО реакторные отсеки утилизируемых АПЛ.

Периодический контроль прочности бетона на стапельной плите и других ответственных железобетонных конструкциях осуществлялся неразрушающим методом с использованием электронного склерометра Шмидта «DIGI-SCHMIDT 2000» (Швейцария). Диапазон измерений прибора — 10—70 МПа. Действие его основано на принципе упругого отскока. Преимущества этого метода состоят в его высокой производительности, достоверности полученных результатов и возможности проведения большого объема испытаний. В состав портативного прибора входят механический ударник с электронным преобразователем, цветной дисплей и соединительные провода.

Неразрушающий контроль прочности бетона склерометром Шмидта и его аналогами включен в нормативные документы многих стран, а на строящихся объектах осуществлялся в соответствии с действующими российскими стандартами [1, 2].

Промышленные испытания по определению прочности бетона на железобетонных конструкциях строящихся ПДХ РО АПЛ и ЦКДХ РАО производились после набора бетоном нормативной прочности. Предварительно были выполнены сравнительные испытания прочности бетона на сжатие с использованием лабораторного гидравлического пресса и электронного склерометра Шмидта.

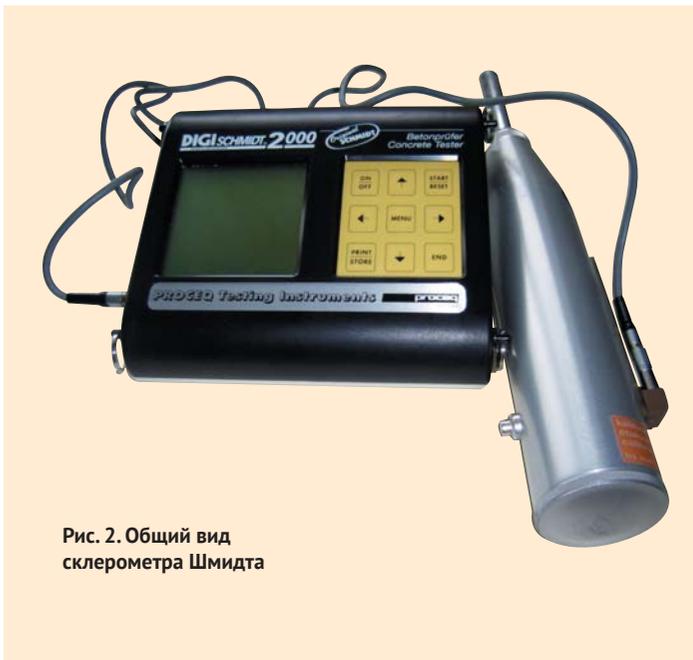


Рис. 2. Общий вид склерометра Шмидта

Комплект измерительного прибора «DIGI-SCHMIDT 2000» представлен на рис. 2.

Результаты измерений обрабатывались с использованием персонального компьютера при помощи программного обеспечения «Vista Transfer» и «Vista Pro». Всего за 2005—2011 гг. было произведено около 15 000 замеров. В 2012 г. по мере готовности новых железобетонных конструкций работы по оперативному определению прочности бетона неразрушающим методом продолжают.

Опыт исследований прочностных характеристик бетона в конструкциях ПДХ РО АПЛ и ЦКДХ РАО в Сайда-Губе неразрушающим методом с использованием электронного склерометра «DIGI-SCHMIDT 2000» убедительно свидетельствует о технической возможности и высокой эффективности данного способа для оперативного периодического

контроля прочности бетона. Следует подчеркнуть, что проведенный комплекс исследований на объектах Сайда-Губы продемонстрировал высокое качество строительных работ в целом.

Результаты испытаний подтвердили высокую сходимость значений прочности образцов бетона на сжатие, полученных разрушающим и неразрушающим способами. Оперативный периодический контроль прочности бетона стальной плиты и других железобетонных сооружений неразрушающим методом с использованием электронного склерометра «DIGI-SCHMIDT 2000» проводились как на горизонтальных, так на и боковых поверхностях несущих конструкций. Размеры площадки измеряемой поверхности — 0,3×0,3 м. Расположение и количество площадок принималось согласно программе проведения исследований с учетом равномерного и полного охвата всей поверхности контролируемых блоков. Прибор во время замера располагался так, чтобы усилие прилагалось перпендикулярно к испытываемой поверхности.

В качестве конкретного примера на рис. 3 приведена динамика изменения прочностных свойств бетона на одном из железобетонных блоков стальной плиты ПДХ РО АПЛ.

Для проверки результатов измерений прочностных свойств бетона неразрушающим методом и оценки реальных показателей прочности и морозостойкости бетона несущих железобетонных конструкций по поручению инвестора Горный институт КНЦ РАН произвел отбор проб путем выбуривания кернов в соответствии с ГОСТ 28570-90 «Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций» и ГОСТ 18105-86 «Правила контроля прочности».

Динамика изменения прочностных свойств бетона на одном из железобетонных блоков стальной плиты ПДХ РО АПЛ

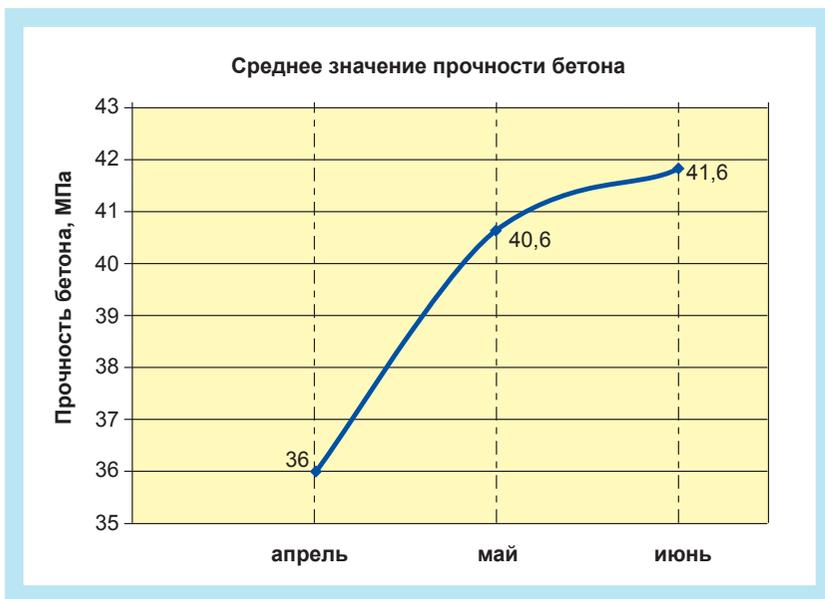


Рис. 3. Динамика изменения прочностных свойств бетона на одном из железобетонных блоков стальной плиты ПДХ РО АПЛ



Рис. 4. Подготовленные к испытаниям образцы-kerne

Для выбуривания образцов-кернов из бетонных конструкций была использована специализированная электрическая буровая установка «ДИА-МАНТ GDB 1600 WE» с режущим инструментом в виде кольцевого алмазного сверла фирмы «Vosch» (Германия). Установка предназначена для выбуривания кернов в бетоне и железобетоне на глубине до 0,5 м. Диаметр выбуренного образца-керна — 106 мм. В лабораторных условиях из кернов были изготовлены образцы-цилиндры с соотношением $h/d = 1$ и проведены исследования по определению прочности бетона и его морозостойкости. Подготовленные к испытаниям образцы-kerne показаны на рис. 4.

Испытания образцов-кернов проводились в соответствии с нормативными документами и показали следующее:

- по прочности бетонные образцы-kerne соответствуют марке бетона 350 или классу В 27,5;
- испытания на морозостойкость показали, что среднее значение потери прочности основных образцов после промежуточных 20 циклов замораживания-оттаивания составило 1,9%, а после 30 циклов — 3,0%, что не превышает допустимые 5,0%.
- образцы-kerne бетона по морозостойкости соответствуют заданной марке F150.

Таким образом, было подтверждено соответствие характеристик бетона железобетонных конструкций проектным требованиям и достоверность результатов периодического контроля неразрушающим методом.

Выводы

1. Многолетние исследования прочностных характеристик бетона неразрушающим методом с использованием электронного склерометра «DIGI-SCHMDT 2000» свидетельствуют о технической возможности и высокой эффективности этого способа для оперативного контроля прочности бетона в готовых конструкциях без нарушения их целостности.

2. Испытания контрольных образцов-кернов, выбуренных из внутренних слоев готовых железобетонных конструкций, подтвердили достоверность результатов, полученных неразрушающим методом с использованием электронного склерометра «DIGI-SCHMDT 2000».

3. В целом оперативный контроль прочностных свойств бетона неразрушающим методом при строительстве ответственных сооружений ПДХ РО АПЛ и ЦКДХ РАО в Сайда-Губе на Кольском полуострове свидетельствует о высоком качестве строительных работ на объектах.

Необходимо отметить, что проекты международного сотрудничества, реализуемые на площадке в Сайда-Губе, в целом успешно решают задачу ликвидации экологической угрозы, которая исходит от снятых с эксплуатации и находящихся на отстое многоцелевых АПЛ Северного флота.

Литература

1. ГОСТ Р 53231-2008 «Бетоны. Правила контроля и оценка прочности».
2. ГОСТ 22690-88 «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. Поправка ИУС № 5 1989».