

«Стахемент-2010» – добавка-пластификатор I группы на основе поликарбоксилатов, замедлитель схватывания, ускоритель. Добавка белорусского производства применяется для изготовления самоуплотняющихся бетонов, сборного и монолитного железобетона, предварительно напряженного бетона, литья полов транспортных цехов, транспортбетона, при изготовлении густоармированных железобетонных изделий и изделий сложной конфигурации при возведении несущих конструкций в транспортных сооружениях. Рекомендуемая дозировка добавки «Стахемент-2010» составляет 0,8–1,5 кг в жидком состоянии на 100 кг цемента.

«Хидетал-ГП-9β» – гиперпластификатор, замедлитель схватывания, ингибитор, изготавливается на основе поликарбоксилатов с рекомендуемой дозировкой от 0,6 до 1,2 % к массе цемента по жидкому веществу добавки.

«Реламикс» – сильнопластифицирующая добавка, ускоритель твердения. Она представляет собой смесь полимерных соединений с различными распределениями – средней молекулярной массой и широкой молекулярной массой, получаемые при конденсации сульфатокислот натрия и полиитионидов (дозировка до 1,5 % от массы цемента).

При оптимизации составов пластифицированных бетонов в основу были приняты два типа цементов, цементных заводов: ЦЕМ I 42,5Н-ГОСТ31108–2003 Белорусского цементного завода, г. Костюковичи Могилевской области и Кричевского цементно-шиферного завода, г. Кричев Могилевской области; ЦЕМ I 42,5Н-ГОСТ31108–2003 Красносельского цементного завода, г. Гродно и Ивано-Франковского цементного завода, Тисменицкий район Ивано-Франковской области, Украина.

При проведении лабораторных испытаний по исследованию влияния химических добавок на свойства бетона были приготовлены замесы бетонной смеси на Кричевском и Ивано-Франковском цементах, а именно: на Кричевском цементе – один контрольный замес (бездобавочный) с В/Ц = 0,52, по два замеса с каждой добавкой (первый с В/Ц = 0,52, второй – с пониженным В/Ц = 0,41...0,44); на Ивано-Франковском – один контрольный замес с В/Ц = 0,54, по два замеса с каждой добавкой (первый с В/Ц = 0,54, второй с В/Ц = 0,37...0,42).

В результате анализа данных испытаний получены следующие выводы:

1) при использовании Ивано-Франковского цемента при приготовлении бетонной смеси использование химических добавок позволяет понизить В/Ц до 0,37 без потери пластичности (ОК = 3,5 см – без добавки и ОК = 4,5 см – с добавкой и пониженным В/Ц);

2) при использовании Кричевского цемента использование химических добавок позволяет понизить В/Ц до 0,41 также без потери пластичности (ОК = 3 см и ОК = 6 см);

3) при использовании химических добавок без понижения В/Ц сохранение подвижности бетонной смеси увеличивается в 4–8 раз (с 30 мин до 4 ч);

4) понижение В/Ц благоприятно сказывается как в экономическом плане (понижение потребления воды затворения), так и в дальнейшем процессе твердения и набора прочности, оказывает положительное влияние на свойства бетона;

5) увеличение пластичности способствует увеличению плотности бетонной смеси при уплотнении, в результате повышается однородность, прочность, что способствует увеличению долговечности бетонов, используемых в ответственных зданиях и сооружениях на транспорте.

УДК 528. 624. 21/8

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗМЕРОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ БАШЕННОГО ТИПА**

*Е. К. АТРОШКО, В. Б. МАРЕНДИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

К сооружениям башенного типа относятся такие инженерные сооружения, как дымовые трубы, домны, корпуса атомных реакторов, силосные башни элеваторов и другие подобные объекты. Основной особенностью таких сооружений является то, что ввиду своей конструктивной жесткости они под действием силы тяжести оседают как одно пространственное целое равномерно или, при неравномерных осадках, наклоняются относительно вертикального положения сооружения. Такой вид деформации называется креном, или наклоном сооружения. С целью выявления недопустимых величин деформаций и своевременного принятия мер по их устранению выполняют соответствующие геодезические наблюдения.

Для определения осадки сооружения в его характерных местах закрепляют осадочные марки. Периодически, с помощью нивелира, определяют высоты этих марок относительно исходного репера, расположенного в стороне от сооружения и принимаемого за неподвижный. Осадку ( $\delta$ ) марки сооружения определяют по формуле

$$\delta = H_{\text{посл}} - H_{\text{пред}},$$

где  $H_{\text{посл}}$ ,  $H_{\text{пред}}$  – высота точки сооружения на текущий момент времени (цикл) и в предыдущем цикле.

Средняя осадка сооружения определяется как среднее арифметическое из осадок всех марок на сооружении. Неравномерность осадки можно определить по разности осадок двух точек на сооружении, т. е.  $\Delta\delta_{1,2} = \delta_2 - \delta_1$ .

Разность осадок двух точек, расположенных на противоположных краях сооружения, называют наклоном. Наклон сооружения можно определить с помощью оптического теодолита или электронного тахеометра. При определении наклона сооружения башенного типа оптическим теодолитом наводят трубу теодолита последовательно на левую и правую наружные грани верха сооружения и снимают отсчеты по горизонтальному кругу. По этим отсчетам вычисляют среднее арифметическое и устанавливают его на лимбе теодолита, определяя таким образом положение оси симметрии верха сооружения. Затем вертикально проектируют эту ось на низ сооружения и отмечают ее положение внизу. Аналогично с помощью теодолита определяют средний отсчет на левую и правую грани низа сооружения и отмечают среднее положение второй меткой. Измерив рулеткой расстояние между двумя метками, определяющими положение оси в верхней и нижней частях сооружения, получают линейную величину наклона с первой стоянки теодолита. Затем теодолит переставляют на вторую стоянку, расположенную под углом  $90^\circ$  к направлению с первой стоянки и определяют аналогично уклонение верха сооружения со второй стоянки.

Общую линейную величину наклона сооружения вычисляют по теореме Пифагора. Для определения направления наклона относительно частей света на каждой стоянке теодолита с помощью ориентир-буссоли измеряют магнитные азимуты, по которым строят чертеж наклона оси сооружения в заданном масштабе относительно северного направления магнитного меридиана. Отношение общей линейной величины наклона сооружения к его высоте называют относительным креном сооружения. Для инженерных сооружений башенного типа высотой до 100 метров относительный крен не должен превышать 0,003–0,005. Если полученные величины крена сооружения больше допустимых значений, то необходимо принять соответствующие меры для уменьшения полученной деформации. При этом максимальная допустимая осадка для жестких сооружений башенного типа высотой до 100 метров не должна превышать 30–40 см.

Иногда в процессе геодезических наблюдений за деформациями сооружений башенного типа необходимо определить размеры данного сооружения, к которым относятся высота сооружения, радиусы верхнего и нижнего сечений. Для определения высоты сооружения оптическим теодолитом наводят трубу теодолита на верх и низ сооружения и при каждом наведении измеряют вертикальные углы ( $\nu_1$ ) и ( $\nu_2$ ) на верх и низ сооружения соответственно. Затем измеряют расстояние от теодолита до сооружения ( $d$ ) и по формуле тригонометрического нивелирования вычисляют высоту сооружения:  $H = d \operatorname{tg}\nu_1 + d \operatorname{tg}\nu_2$

Для определения радиусов нижнего сечения по отсчетам горизонтального круга на левый и правый край основания вычисляют горизонтальный угол ( $\beta_1$ ) как разность отсчетов на правый и левый край основания. Затем, зная расстояние ( $d$ ) от теодолита до сооружения, определяют радиус нижнего сечения основания сооружения по формуле  $R_1 = d \operatorname{tg}(\beta_1/2)$ . Радиус верхнего сечения определяют через наклонное расстояние до верха трубы от теодолита по формуле  $D = d/\cos\nu_1$ . Затем определяют горизонтальный угол ( $\beta_2$ ) как разность отсчетов на правый и левый край верха трубы и по формуле  $R_2 = D \operatorname{tg}(\beta_2/2)$  вычисляют радиус верхнего сечения.

Аналогичные измерения для сооружений башенного типа можно выполнить с помощью электронного тахеометра – применяют встроенное программное обеспечение. В электронном тахеометре Leica TS06 этим обеспечением является FlexField, используемое для решения широкого круга задач. Определение размеров и крена сооружений башенного типа, имеющих цилиндрическую форму, можно выполнить, используя подпрограмму ЦИЛИНДР. Вход в подпрограмму выполняется через окно ВВОД ЭЛЕМЕНТОВ РАЗБИВКИ. Выполняем измерения горизонтального угла между точками на левом и правом краях такого объекта, а также расстояния до него. После выполнения измерений получаем величину угла наведения ( $\Delta H_z$ ). Для наведения на центральную точку объекта

надо повернуть тахеометр вокруг его оси до получения  $\Delta H_z$ , равного нулю. Как только  $\Delta H_z$  станет равным нулю, нажатием на ALL завершаем измерения. Результатом будут координаты центра объекта и радиус. Выполнение измерений на нижнее и верхнее основания дает их координаты, а знает, и крен сооружения.

УДК 691.32:624.193

## ПРИМЕНЕНИЕ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНОВ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Н. И. АШУРКО, М. Н. ДОЛГАЧЕВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Самоуплотняющийся бетон (СУБ) – это инновационный бетон, который приготовлен из рационально подобранной высокопластичной бетонной смеси, не требующей виброуплотнения при укладке и способной уплотняться под действием силы тяжести, заполняя форму и достигая необходимого уплотнения даже в густоармированных конструкциях.

Самоуплотняющаяся бетонная смесь имеет ряд преимуществ: легкая перекачиваемость; равномерное качество бетона по всему поперечному сечению; облегчение работ по бетонированию; сокращение сроков строительства, а при наличии «густого» армирования является единственно возможным вариантом для обеспечения требуемого качества бетона.

История возникновения самоуплотняющегося бетона началась ещё в 80-х годах XX века, когда в Японии при строительстве большепролётных железобетонных подвесных мостов впервые был применён новый вид бетона, позволивший без особого труда забетонировать сложные участки межопорных пролётов без проведения дополнительного виброуплотнения.

Благодаря уникальным свойствам и преимуществам самоуплотняющийся бетон достаточно быстро получил широкое распространение в странах Западной Европы. Сначала он использовался на предприятиях, производивших готовые железобетонные изделия. Затем самоуплотняющийся бетон начинает активно применяться в качестве так называемого транспортного бетона, который доставляется и укладывается непосредственно на строительной площадке. Подобная технология была достаточно массово апробирована в Швеции в середине 90-х годов прошлого века при строительстве транспортных сетей Стокгольма.

В России на протяжении последнего десятилетия рядом строительных организаций предприняты успешные попытки применения самоуплотняющегося бетона в гражданском строительстве, в частности при возведении башен-небоскрёбов Международного делового центра «Москва-сити» в российской столице.

В Республике Беларусь разработка и апробирование самоуплотняющегося высокопрочного бетона в промышленных масштабах было начато в апреле 2014 года на Белорусской АЭС, где была доказана возможность его дальнейшего массового применения. В настоящее время в Беларуси введены в действие ТКП 45-5.03-266–2012 «Бетонные и железобетонные изделия и конструкции из самоуплотняющегося бетона. Правила изготовления», а также стандарты на методы испытания самоуплотняющихся бетонных смесей СТБ EN 12350-8–2014, СТБ EN 12350-9–2014, СТБ EN 12350-10–2014, СТБ EN 12350-11–2014, СТБ EN 12350-12–2014 (идентичные европейским стандартам).

В транспортном строительстве, которое имеет ряд принципиальных отличий от гражданского, применение самоуплотняющихся бетонов по сей день фактически не велось или носило больше частный и малообъёмный характер. Причиной тому является отсутствие необходимых исследований, направленных на обеспечение повышенных требований к качеству, надёжности и долговечности сооружаемых конструкций.

Одной из причин незначительных ограничений, возникающих при конструктивном исполнении некоторых строительных элементов, стал несколько повышенный (в допустимых пределах), по сравнению с обычным бетоном, коэффициент ползучести. Поэтому особое внимание при исследовании самоуплотняющегося бетона уделяется особенностям усадки, ползучести и другим его физико-механическим свойствам в процессе гидратации цемента, так как эти показатели могут со временем привести к негативным последствиям в процессе эксплуатации сооружений.