

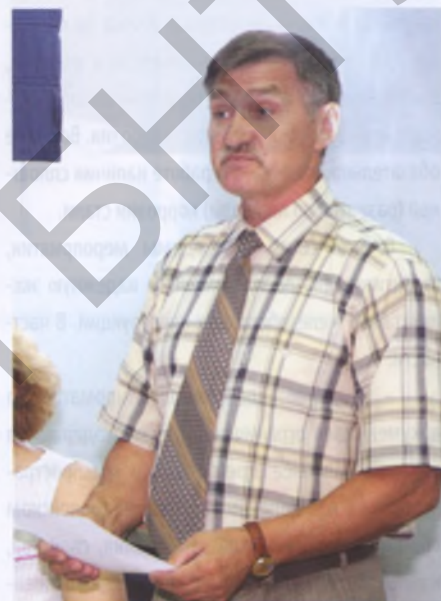
**Материал для самоподготовки
по теме Республиканского
научно-технического семинара**

**«ПРОИЗВОДСТВО ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ИЗДЕЛИЙ. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ (ТКП 45-5.03-12-2005 "ИЗДЕЛИЯ
ИЗ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫЕ.
ПРАВИЛА ИЗГОТОВЛЕНИЯ")»**



ПО МАТЕРИАЛАМ ДОКЛАДОВ

Э.И.Батяновский,
зав. кафедрой БНТУ, д.т.н., профессор



Технологии изготовления предварительно-напряженных железобетонных изделий (ТКП 45-5.03-12-2005). Перспективы развития

Историческая справка. Появление предварительно напряженного железобетона подготавливала логика развития строительства: необходимость увеличения перекрываемых пролетов, повышения несущей способности, жесткости, трещиностойкости и долговечности пролетных строений, перекрытий и других конструктивных элементов зданий и сооружений. В 1928 г. во Франции (Фрейсине) успешно испытывают первые преднапряженные конструкции, а в 1930 г. в СССР такая же работа выполнена В.В.Михайловым. Общепризнан вклад в развитие теории преднапряжения железобетона советских ученых: А.А.Гвоздева, А.П.Коровкина, С.А.Дмитриева, В.И.Мурашева, М.Х.Арутюняна, К.В.Михайлова, Н.Н.Леднина, В.Н.Байкова и других исследователей.

Основные решаемые задачи за счет преднапряжения арматуры ЖБК:

- повышение несущей способности;
- увеличение перекрываемых пролетов;
- исключение прогибов (повышение

жесткости);

- повышение трещиностойкости;
- снижение массы и расхода стали и бетона;
- повышение долговечности;
- решение специфических задач (обеспечение непроницаемости бетона; создание «напорности» труб и резервуаров и др.).

Определяющей, основополагающей целью преднапряжения арматуры ЖБК является максимальное использование преимуществ совместной работы стали и бетона, дополняющих друг друга своими физико-техническими свойствами: прочностью на растяжение и сжатие, способностью защищать арматуру от коррозионного и огревого воздействия во времени и пр.

При этом обычно преднапрягается рабочая арматура, воспринимающая полезные нагрузки и вес конструкций. Однако во многих случаях, причем для массово изготавливаемых изделий, преднапрягаемая арматура помогает решать дополнительные задачи. В частности:

- напорные трубы (решается задача снижения проницаемости бетона за счет уменьшения сечений его пор);
- то же для емкостей для хранения жидких и газообразных продуктов;
- центральноармированные (без поперечного армирования ствола) сваи (решается задача бездефектного восприятия бетоном монтажных и транспортных нагрузок);
- плиты облицовки набережных, мелиоративных каналов, частично, дорожные и аэродромные плиты (обеспечивается повышение их долговечности).

Сортамент преднапрягаемой арматуры. Мировая тенденция – максимальное использование высокопрочной стали при ее меньшем удельном расходе. То есть, использование высокопрочной проволоки в виде канатов, отдельных арматурных элементов, прядей, пучков. Для предприятий нашей республики это серьезная проблема, в том числе экономического плана.

Так, например, в течение последних лет полностью исчезло армирование проволокой плит пустотного настила. Оно для агрегатно-точечных линий заменено повсеместно на армирование стержневой арматурой, как более дешевой и доступной арматурой для условий Беларуси, не производящей высокопрочную проволоку малых диаметров.

Следует отметить, что преднапряженное армирование сортаментом на основе проволоки требует повышенного внимания к обеспечению сохранности такой арматуры в бетоне во времени. Для преднапряженной арматуры в целом и, особенно для проволоки, предельно опасной может быть точечная (язвенная) коррозия. Вовсе не обязательно для отказа в работе наличия сплошной (развитой по площади) коррозии стали.

В этой связи необходимы мероприятия, гарантирующие долговременную надежную эксплуатацию железобетонных конструкций. В частности:

- введение в действующую нормативную документацию ограничений общего содержания в бетоне наиболее агрессивного и «распространенного» у нас иона хлора. В общеевропейском стандарте «EN-206 Бетон. Требования, свойства, изготовление, соответствие», для преднапряженных конструкций, это ограничение соответствует не более 0,1 % от массы цемента (класс бетона – C1 0,1) и не более 0,2 % от МЦ (класс – C1 0,2), при полном запрете для железобетона в целом применения хлоридсодержащих химических добавок в бетон;

- соблюдение при проектировании и изготовлении ЖБК норм СНБ 5.03.01-02 по увеличению толщин защитного слоя или дополнительных мероприятий по защите напрягаемой арматуры от коррозии. Следует отметить, что закономерности массопереноса агрессивных ионов через пористую среду (бетон) подчиняются правилу, согласно которому, время, за которое диффундируют ионы, растворенные в жидкости, заполняющей поры (или их часть) бетона, находится в квадратичной зависимости от толщины слоя бетона. Поэтому увеличение последнего с 20 до 40 мм увеличивает, при прочих равных условиях, время диффузии агрессивных ионов в 4 раза теоретически, а практически еще больше;

- использование химических добавок –

ингибиторов коррозии стали существенно может повысить защитную способность бетона по отношению к стальной арматуре. Этот прием используют в основном в производстве ЖБК для эксплуатации в условиях хлоридной агрессии. Применяемые вещества широко известны (см. П1-99 к СНиП3.09.01-85 Применение добавок в бетоне).

Для преднапряженных ЖБК важен фактор цемента. В частности:

- защитная способность по отношению к стали обеспечивается при величине $pH \geq 11,8$, т.е. определенном уровне щелочности, поддерживаемой течением процесса гидратации и наличием в «поровой» жидкости растворенной $Ca(OH)_2$;

- всегда существует опасность карбонизации, и здесь важны: толщина защитного слоя (скорость процесса может составлять 1–2 мм/год) и поддержание щелочности за счет продолжения гидратации цемента (длительный период, что обеспечивают цементы, если $Sud \leq 3000 \text{ см}^2/\text{г}$);

- нельзя в преднапряженных ЖБК применять тонкомолотые цементы, т.к. их гидратационный процесс со временем может прекратиться, что создает угрозу снижения «pH-фактора». По этой же причине не рекомендуются и цементы с пониженным содержанием клинкера. Кроме того, минеральные добавки в цемент способны увеличить проницаемость бетона и снизить его защитную способность.

Фактор тепловой обработки существует для преднапряженных ЖБК, т.к. режим «Т0» может и оказывает большое влияние на формирование структуры (пористости) бетона, а вместе с тем на его проницаемость и защитную способность по отношению к стальной арматуре. Следует обратить особое внимание на следующее:

- режим подъема температуры – мягкий, не более 10 °С/час;

- конденсатообразование и укрытие поверхности, особенно – гидротеплоизоляция непалубленных (открытых) поверхностей;

- режим изотермического прогрева; его увеличение, равно как и высокая температура прогрева обычно приводят к «консервации» цемента, т.е. к практическому прекращению реакций гидратации в дальнейшем и опасности сни-

жения защитной способности бетона.

В современных условиях наиболее рациональны технологии ускорения твердения бетона по малозергемким вариантам. То есть, применяя добавки-ускорители твердения или комплексные (на основе ускорителей и суперпластификаторов), в режиме ускоренного твердения оставляют разогрев бетона до температуры 45–55 °С (рекомендуется для цемента соответственно 1-й и 2-й групп эффективности при пропаривании) на 4–5 ч с последующим 10–14 часовым выдерживанием в условиях гидро-, теплоизоляции или в тепловом агрегате. Такие режимы обеспечивают прочность бетона до 70–90 % от проектной при расходе тепловой энергии 0,05–0,1 Гкал/м³ бетона, в зависимости от разновидности и технического состояния тепловых агрегатов.

Следует отметить отрицательное влияние на качество ЖБК форсированных режимов тепловой обработки. В частности, существенное ухудшение свойств бетона наблюдается при ускоренных прогревах изделий в электромагнитных (индукционных) камерах, характеризующихся высоким темпом прогрева и коротким высокотемпературным режимом. В результате бетон ускоренно набирает прочность (обычно 30–40 МПа), которая в последующем практически не увеличивается, т.к. в результате такого прогрева практически исключается возможность продолжения реакций гидратации цемента.

Такой же эффект может иметь место при высокотемпературных (80–85 °С) прогревах бетона на цементе 1-й группы эффективности. Не рекомендуется в этом случае разогревать бетон выше 70 °С, а с добавками – ускорителями твердения – выше 50 °С. Наиболее экономичен режим нагрева до 40–45 °С, с последующим термостатированием в течение 10–12 ч.

Необходимо подчеркнуть, что после низкотемпературной обработки бетон активно «добирает» прочность в процессе последующего выдерживания на складе (зимой – в цехе). В этом случае сводится к минимуму также вероятность и развития трещинообразования от перепада температур: «бетон – окружающая среда», при распалубке в зимний период. Это благоприятно сказывается на качестве ЖБК.