



**Секция II**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И  
НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

УДК 627.8.012.4

Бабич Е.М., Барашиков А.Я.

**ВЕДОМСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ УКРАИНЫ  
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

В Украине активно происходит процесс создания собственной нормативной базы в строительной отрасли и, в частности, для водохозяйственного строительства. Во многих случаях изменяются концепции государственных строительных норм, их структура, принципы использования. Разработана первая редакция государственных строительных норм (ДБН) «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования», которые будут основополагающим документом и распространятся на проектирование конструкций промышленных, гражданских, транспортных, гидротехнических и других зданий и сооружений. Они включают требования к конструкциям, материалам, расчётам, конструированию, изготовлению и т.п., выполнение которых обеспечивает сохранение конструкциями своего функционального назначения на протяжении установленного срока эксплуатации. Способы обеспечения устанавливаемых требований указываются рекомендательными, а для их реализации предусматривается разработка системы пособий по проектированию бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений, в том числе и конструкций гидротехнических сооружений [1].

Первым шагом в создании системы пособий для проектирования бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений являются разработанные Ведомственные строительные нормы ВСН В.2.6.-33-2.3.-01-99 «Конструкции

зданий и сооружений». Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений и (далее ВСН) которые утверждены и введены в действие приказом Государственного комитета Украины по водному хозяйству от 27 сентября 1999 года № 134. ВСН разработаны работниками Украинской государственной академии водного хозяйства (теперь Ровенский государственный технический университет) с участием специалистов Киевского национального университета строительства и архитектуры и Украинского главного арендного научно-исследовательского института «Укрводпроект».

Основной целью разработанных ВСН является обеспечение проектирования бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений с необходимой надёжностью, сроком службы, соответствием функциональному назначению, экономичностью расходования материалов и с соблюдением экологических требований. Нормы распространяются на проектирование бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, которые подвергаются постоянному или периодическому воздействию водной среды.

До настоящего времени проектирование бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений производилось с соблюдением СНиП 2.06.08-87 [2]. В это же время действуют нормы СНиП 2.03.01-84\* , которые распространяются на проектирование конструкций гражданских и промышленных зданий [3]. Необходимо отметить, что методология проектирования согласно СНиП 2.06.08-87 значительно отличается от методологии СНиП 2.03.01-84\* , особенно это касается расчёта конструкций по предельным состояниям второй группы. Кроме этого, во многих случаях нормы [2] отсылают к нормам [3] (расчёт на местные нагрузки, отрыв, вопросы проектирования и др.)

В ВСН использованы проверенные практикой методики проектирования бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, которые приведены в [2] и [3], новые обоснованные результаты научных исследований в области железобетонных конструкций [4]. В новых нормах достигнута цель комплексного изложения материала таким образом, что проектировщик может рассчитывать любую конструкцию гидротехнических сооружений с обычного железобетона, не прибегая к другим нормативным документам.

ВСН состоят из восьми разделов и шести приложений. В первом разделе «Общие требования» приведены основные требования, которые предъявляются к бетонным и железобетонным конструкциям гидротехнических сооружений. В частности, отмечается, что выбор типа конструкций необходимо производить исходя из условий технико-экономической целесообразности их использования в конкретных условиях строительства с учётом максимального снижения материалоёмкости, трудоёмкости и стоимости возведения. Установлены требования относительно соответствия назначению и сохранению эксплуатационных свойств конструкций на протяжении определённого срока службы, которые обеспечиваются соблюдением требований по безопасности, эксплуатационной пригодности, технологичности, сопротивлению локальным разрушениям и аварийным влияниям. Надёжность конструкций рекомендуются определять полувероятностным методом расчёта путём использования расчётных значений нагрузок и воздействий, расчётных характеристик материалов (бетона и арматуры), которые определены с помощью соответствующих коэффициентов надёжности к нормативным значениям этих характеристик с учётом класса сооружений по назначению.

Во втором разделе приведены требования к бетону и арматуре, классы и марки бетонов, классы арматуры, нормативные и расчётные характеристики материалов. По сравнению с [2] расширен диапазон использования классов бетона до B60, а зна-

чения начального модуля упругости бетона приведены как для массивных так и для стержневых конструкций. ВСН предусматривают использование арматуры классов А-VI, Ат-IIIС, Ат-IVС, Ат-VСК, а также Вр-II, В-II, К-7 и К-19. Устанавливается, что основными показателями качества арматуры являются: временное сопротивление растяжению; физическая или условная граница текучести; относительное удлинение после разрыва. Прочность и деформативные свойства бетона и арматуры в нормах заданы своими нормативными значениями с учётом изменчивости. Расчетные значения основных прочностных характеристик материалов для предельных состояний первой и второй групп определяются делением нормативного значения сопротивления на соответствующие коэффициенты надёжности по материалу.

Основные требования к расчёту конструкций изложены в третьем разделе. Устанавливается, что расчёт бетонных и железобетонных конструкций должен выполняться по методу предельных состояний с учётом класса сооружений по назначению и категории ответственности конструктивных элементов, изменчивости качества материалов, нагрузок и воздействий, геометрических характеристик и условий работы конструкций.

Согласована терминология со СНиП 2.03.01-84\* относительно трещиностойкости конструкций. К трещиностойким отнесены конструкции, в которых не допускается образование трещин, т.е. предъявляются согласно [3] требования 1-ой категории; а к нетрещиностойким — конструкции, в которых допускается ограниченное по ширине кратковременное и длительное раскрытие трещин, т.е. предъявляются согласно [3] требования 2-ой и 3-ой категории.

ВСН устанавливают, что основными методами расчёта бетонных и железобетонных конструкций могут использоваться: метод сечений (нормальных, наклонных, пространственных); числовой метод, основанный на методе конечных элементов; методы механики разрушения.

Необходимо отметить, что у ВСН структура и форма записи расчётных формул согласована со СНиП 2.03.01-84\*. Для этого в расчётные формулы усилия от внешней нагрузки и воздействий введены с учётом коэффициентов надёжности по нагрузке, надёжности по назначению и коэффициентов сочетаний, а коэффициенты условия работы конструкций, отдельные коэффициенты условий работы бетона и арматуры не указаны.

В четвёртом разделе изложены методики расчёта бетонных и железобетонных элементов по предельным состояниям первой группы: расчёт по прочности (для возможных видов разрушения при совместном действии нагрузок и неблагоприятного влияния окружающей среды); расчёт на выносливость (для разрушения усталостного характера при действии многократного повторного напряжения); расчёт на устойчивость формы (для тонкостенных конструкций и др.); расчёт на устойчивость положения.

По сравнению со СНиП 2.06.08-87 приведена методика расчёта прочности элементов треугольного и кольцевого сечений, а так же расчёт бетонных и железобетонных элементов на местное действие нагрузки (смятие, отрыв, продавливание). Рассмотрен общий случай расчёта прочности нормальных сечений.

Наиболее значимы изменения сравнительно с [2], претерпел расчёт железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы, который изложен в пятом разделе. Этот расчёт охватывает расчёт по образованию и раскрытию трещин и по деформациям. Расчёт конструкций по образованию трещин следует выполнять в случаях, когда к конструкциям предъявляются требования 1-й категории (трещиностойкие конструкции) и для установления зон трещинообразования при расчётах статически неопределимых стержневых и массивных конструкций. Нетрещиностойкие стержневые элементы, к которым предъявляются требования 2-й и 3-й категории

по трещиностойкости, следует рассчитывать на раскрытие нормальных и наклонных трещин к продольной оси элемента. Для определения ширины раскрытия трещин используется методика, проведенная в [4] с учётом [3].

Расчёт железобетонных конструкций по деформациям изложен как для массивных так и для стержневых конструкций. Для массивных конструкций использована методика [2], для стержневых – [3] с учётом [4].

В шестом разделе изложен расчёт конструкций на температурные и влажностные воздействия. Устанавливается, что учёт температурных воздействий следует производить: при расчёте бетонных конструкций по прочности, а так же при расчёте по образованию трещин в случаях, когда нарушение монолитности этих конструкций может изменять статическую схему их работы; при расчёте статически неопределимых железобетонных конструкций; при определении деформаций и перемещений элементов сооружений для назначения конструкций температурных швов и противодеформационных уплотнений; при назначении температурных режимов, которые необходимы по условиям возведения сооружений и нормальной их эксплуатации; при расчёте тонкостенных железобетонных элементов прямоугольного сечения, которые контактируют с грунтом. При расчёте бетонных и железобетонных конструкций учитываются температурные воздействия периодов возведения и эксплуатации.

Учёт влажностных воздействия в расчётах бетонных и железобетонных конструкций должно быть обосновано в зависимости от возможности развития усадки или набухания бетона этих конструкций.

Приведённые в седьмом разделе требования к проектированию проверены многолетним опытом проектирования и эксплуатации железобетонных конструкций как гидротехнических сооружений так и промышленных и гражданских зданий.

По сравнению со СНиП 2.06.08-87 ВСН дополнены восьмым разделом, в котором приведены основные требования к изготовлению, монтажу и эксплуатации конструкций [1]. Устанавливается, что при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций должны быть обеспечены, показатели качества, установленные при проектировании, и их контроль в соответствии с действующими нормативными документами.

ВСН требуют, чтобы возведение сооружений осуществлялось в соответствии с проектом производства работ, в котором должны быть предусмотрены последовательность монтажа конструкций и мероприятия, обеспечивающие необходимую точность расположения, пространственную неизменяемость в процессе укрупнения элементов и установки в проектное положение, устойчивость конструкций и частей сооружения в процессе возведения, безопасные условия труда. Предусматривается также, что конструкции должны содержаться таким образом, чтобы они отвечали своему назначению и сохраняли эксплуатационные качества, предусмотренные проектом, на протяжении установленного срока службы сооружения.

При эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений должен соблюдаться режим, который исключает возможность снижения их несущей способности, эксплуатационной пригодности вследствие нарушения нормальных условий эксплуатации (перегрузка конструкции, повышение агрессивности среды и т.п.)

Разработанные и утверждённые ВСН подвергались комплексной правовой и научно-технической экспертизе в Техническом комитете по стандартизации «Стройтехнормирование» Госстроя Украины, они получили положительную оценку и предложение о необходимости доработки их как государственных строительных норм. Госстрой Украины это предложение поддержал и авторы-разработчики работают над этим вопросом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Климов Ю.А. о разработке ДБН «Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования» // Перша Всеукраїнська науково-технічна конференція: Збірник тез. — Київ, 1996. -с.403-405.
2. СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений /Минэнерго СССР. -М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. -32с.
3. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. /Госстрой СССР. -М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. -80с.
4. Климов Ю.А., Голышева А.Б. Изменения к СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции //Будівництво України. -1996. -№3. -с.44-47.

УДК 691.327

Бабич Е.М., Крუსь Ю.А.

### **К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ БЕТОНА И РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Усовершенствование железобетонных конструкций на современном этапе происходит в направлениях применения бетонов и арматуры с более эффективными механическими характеристиками и уточнения на базе экспериментально-теоретических исследований методики расчета конструкций с целью рационального использования составляющих материалов. В отношении прочности нормальных сечений изгибаемых элементов традиционная методика расчета по СНиП 2.03.01-84\* основана на бездеформационной модели сечений по напряжениям, в которой сопротивление сечений разрушению оценивают, исходя из их напряженного состояния только лишь в предельной стадии - в момент разрушения (т. е. напряжения в бетоне и арматуре принимаются равными своим предельным значениям), при этом используется целый ряд условностей [1]. Кроме того, ее применение на промежуточных стадиях нагружения становится невозможной из-за трудностей, связанных с определением характера последовательного изменения напряженно-деформированного состояния в сечениях. Дальнейшее развитие расчетных моделей должно базироваться на фундаментальной физической основе, которая максимально исключала бы эмпирику и не приводила бы к необоснованным усложнениям [2].

Наиболее перспективное направление развития теории бетона и железобетона — переход к деформационным расчетным моделям [2, 3]. В такие модели входят уравнения равновесия внешних сил и внутренних усилий в сечениях, условия деформирования по высоте сечения (в виде гипотез плоских сечений и совместности деформаций бетона и арматуры, а также условий, ограничивающих деформации бетона и арматуры предельными значениями) и диаграммы деформирования материалов. Исходные расчетные параметры модели - деформации бетона и арматуры. В качестве критерия прочности принимается достижение предельных деформаций в сжатом бетоне или растянутой арматуре. Очевидно, что основным инструментом деформационной модели являются диаграммы деформирования бетона и арматуры, которые определяют характер их работы как в области упругого, так и нелинейного деформирования. Если для арматуры эти вопросы в определенной степени решены [4], то для бетона - это одна из основных теоретических и практических задач.