

УДК 624.1.12

**ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ТЕОРИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА
И НОВЫХ СНиП НА БАЗЕ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ**

Доктор технических наук, профессор Пирадов К.А.

Московский государственный открытый университет, г. Москва, Россия

Давайте представим себе, что некий маститый и широко известный в узких литературных кругах писатель написал два совершенно не связанных по сюжету романа и назвал их трилогией. Причём с одним из романов тоже не всё в порядке: он не имеет сквозного сюжета и персонажи живут в двух разных эпохах, отдавая свои и особенно чужие жизни за создание колхозов в Украине и летая на Марс с небольшого китайского космодрома! И всё это – трилогия. Мы, вероятно, просто немного посмеёмся над нашим классиком и его буковорокскими амбициями. Но мы в то же самое время спокойно воспринимаем термин «теория железобетона» и даже не удивляемся слову «теория». А ведь любая теория, во-первых, должна базироваться на единичных предпосылках и методах и, во-вторых, теория для любого строительного материала должна состоять из трёх разделов: прочность, деформативность и долговечность. Между тем в современной теории железобетона таких разделов только два – это расчёты по первой и по второй группам предельных состояний, причём эти расчёты базируются на совершенно разных предпосылках и допущениях. В расчёте по первой группе предельных состояний мы считаем, что растянутого бетона как бы нет, а по второй – вычисляем раскрытие трещин в этом как бы не существующем растянутом бетоне! Расчёт по первой группе предполагает некоторую теоретическую подоплёку, а по второй – полностью эмпирический, с совершенно невероятными численными коэффициентами, характеристиками и размерностями! А сам расчёт по прочности состоит из двух частей, притом они основаны на разных предпосылках и методике. Ведь нормальные и наклонные сечения мы рассчитываем совершенно по-разному! Ну хорошо, для двух предельных состояний есть хотя бы какой-никакой, но расчёт. А такую важнейшую характеристику качества конструкции, как «долговечность», вообще невозможно рассчитать ввиду отсутствия самого метода расчёта. На основе всех полутеоретических и эмпирических выкладок разработаны нынешняя и все предыдущие версии Строительных Норм и Правил (СНиП) по расчёту железобетонных конструкций. Здесь надо отметить, что по приведённым в СНиП зависимостям рассчитать железобетонные конструкции можно со средней степенью точности (а чего ещё можно требовать от расчёта, разработанного на базе опытных данных?!) – некоторые эмпирические коэффициенты и формулы нормированы на основании многих тысяч экспериментов, выполненных в ведущих научных центрах Советского Союза, другие же – на базе двух-трёх испытаний или просто научного предвидения учёных. Так что по части точности расчётов и их надёжности СНиП позволяет получать реальные значения рассчитываемых величин в средних диапазонах величин нагрузки или линейных размеров конструкций. Диапазонах, в которых проводились экспериментальные

исследования по определению многочисленных эмпирических коэффициентов СНИП. За пределами этих диапазонов надёжность численных коэффициентов, а значит и всего расчёта, обеспечена быть не может! Даже модуль упругости, который в действующих СНИП нормируется, на самом деле имеет большой разброс внутри одного класса бетона по прочности на сжатие. Что тут говорить о других эмпирических коэффициентах, кои присутствуют практически во всех формулах и тоже имеют свой разброс. Да и единого теоретического фундамента под расчётами, приведёнными в действующих СНИП, нет. Многие большие учёные пробовали создать единую теорию железобетона, в научно-исследовательских институтах работали и продолжают работать целые отделы теории, но создать целостную теорию железобетона никак не удастся. Не получается – и всё тут! Зададимся вопросом – почему? Наиболее вероятная причина – это то, что мы не ставим во главу угла самую важную составляющую любой нагруженной железобетонной конструкции – трещину. А если быть точнее – то трещины, их зарождение, развитие (в длину и ширину) и подрастание до критических размеров. Ведь железобетон – в своём роде уникальный материал, который не может сопротивляться внешнему нагружению при сколь-нибудь значимых нагрузках без образования силовых трещин. Наличие трещин в нём обусловлено самой сущностью его работы под нагрузкой. Я бы даже немного сместил акценты: такое впечатление, что Ламбо строил свою лодку, специально создавая особый – единственный в своём роде, – материал, для расчёта конструкций из которого необходимо применение ещё не созданных в те времена теории трещин! Кроме того, в железобетоне допускается раскрытие трещин в эксплуатационном состоянии до относительно больших размеров, что не вредит длительной службе конструкций с дефектами. Поэтому-то теория железобетона должна опираться на механику разрушения, на закономерности развития трещин в бетоне и в зонах его контакта с арматурой. На основании такого подхода можно построить и новые СНИП, где расчёт и прочности, и деформативности, и долговечности конструкций будет базироваться на единых предпосылках и закономерностях. Во-первых: в бетоне железобетонных конструкций и в растянутой, и в сжатой частях сечения образуются трещины; во-вторых: эти трещины зарождаются и развиваются по механизмам нормального отрыва, поперечного сдвига и по сложному сдвиго-отрывному механизму; в-третьих: деформации конструкций вызваны развитием этих трещин в ширину и в длину; в-четвёртых: несущая способность конструкций исчерпывается при достижении параметров трещин их критических значений для данного вида материалов и для данной схемы нагружения; и, наконец, в-пятых, долговечность конструкций характеризуется временным промежутком подрастания трещин до критических размеров. То есть все этапы «жизни» конструкций можно описать при помощи простых законов теории трещин.

Прочность во все времена была главенствующей характеристикой качества материала. И перейти к другой характеристике психологически ох как трудно! Между тем прочность материала не может быть даже определена без его разрушения. Причём разрушение – это не мгновенный акт нарушения

сплошности материала, а растянутый во времени процесс непрерывного зарождения макроразрушения в высокоградиентных полях напряжений и деформаций, возникающих в структурных элементах материала у растущих трещин. И именно эти растущие трещины лимитируют и несущую способность, и деформации, и, наконец, продолжительность «жизни» материала и конструкции в целом. Действующие СНиП основаны на теориях деформации и прочности бетона имеют целью не допустить наступления предельных состояний по прочности, деформациям и трещиностойкости в сечениях железобетонных конструкций при их эксплуатации в течение всего срока службы здания или сооружения. При этом сам срок службы рассчитать невозможно; его устанавливают нормативные документы. При этом предполагается, что эти документы со всей полнотой отображают весь сложный комплекс силовых и несиловых воздействий. Учесть с помощью численных эмпирических коэффициентов все эти воздействия невозможно, даже приведя их в некоторое соответствие с результатами наблюдений, обследований и масштабных экспериментов. В принципе, с тем же успехом можно пойти к гадалке и узнать у неё возможный срок безопасной эксплуатации сооружения! И пока мы будем возиться с прочностью, как с писаной торбой, не обращая внимания на постепенное нарушение сплошности материала, мы так и будем ходить по экстрасенсам и магам. Ведь «прочный» ещё не означает «долговечный», а вот «долговечный» - это априори «прочный»! Это очевидно: если рассчитать долговечность по физико-химическим и структурным параметрам материала на известные внешние нагрузки и воздействия, то и прочность будет обеспечена автоматически. Я не зря так долго останавливаюсь на понятии «долговечность». По моему мнению она – основная характеристика качества и материала, и конструкций из него! Долговечность – это сопротивление бетона и железобетона воздействиям, которое возможно количественно охарактеризовать энергией, затрачиваемой на разрушение структуры бетона (или арматуры) и выражаемой критическим коэффициентом интенсивности напряжений. Долговечность или продолжительность «жизни» материалов и конструкций следует сделать определяющей характеристикой в СНиП, рассчитываемой и нормируемой. Адекватный прогноз долговечности конструкций связан с количественным анализом процесса разрушения, когда учитывается вклад технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов в кинетику развития дефектов и трещин в структуре бетона. Долговечность зависит и от несущей способности конструкции, и от её деформаций под нагрузкой, поэтому мы в сущности должны решить триединую задачу; методика решения этой задачи и будет базисом теории сопротивления железобетона.

Вспомним прекрасный нестареющий кинофильм Эльдара Рязанова «Берегись автомобиля!». Персонаж Евгения Евстигнеева и его полный тёзка режиссёр народного театра Евгений Александрович спрашивает сидящих в зале членов его творческого самостоятельного коллектива: «Не пора ли нам, друзья мои, замахнуться на Вильяма нашего Шекспира?». Сегодня специалисты в области железобетонных конструкций смогли решить уже

очень много задач, связанных с процессами развития трещин и разрушения, сопротивлению железобетона росту таких трещин при различных видах внешнего силового и несилового воздействий. Так не пора ли нам, специалистам в области механики разрушения строительных конструкций, объединить свои усилия и замахнуться на создание теории железобетона и настоящего новых СНиП, учитывающих реальный характер работы конструкций под нагрузкой?! В заключении отметим ещё одну немаловажную деталь: ввиду того, что расчёт по действующим СНиП, как любой другой базирующийся на экспериментальных данных, действителен только для определённых (испытанных) материалов. Новые виды бетона и арматуры сразу делает все эмпирические коэффициенты и зависимости ненадёжными, неправильными, устаревшими, надо будет снова и снова корректировать их значения; в расчёте методами механики разрушения достаточно определить только (эмпирических коэффициентов ведь нет!) значения критических коэффициентов интенсивности напряжений и модули упругости новых материалов и по этим значениям рассчитать несущую способность, деформации и срок безопасной эксплуатации железобетонной конструкции!

Выводы. Бетона и железобетона без трещин при работе под нагрузкой не бывает (я говорю, естественно о тех нагрузках, когда в растянутой зоне бетона напряжения превышают его прочность на растяжение; при меньших нагрузках использование железобетона в качестве конструкционного материала вообще нецелесообразно!), поэтому применение методов механики разрушения для построения теории железобетона просто необходимо. На основе этой теории должны быть созданы новые Строительные Нормы и Правила по расчёту железобетонных конструкций, где основной нормируемой характеристикой материалов будет энергия, затрачиваемая на разрушение их структуры, и её рабочий параметр – критический коэффициент интенсивности напряжений. Этот коэффициент подлежит нормированию, впрочем, как и модуль упругости. Эти две характеристики материала связаны между собой через энергию разрушения; их использование в расчётах позволит избавиться от массы эмпирических коэффициентов, использование которых зачастую лишает многие расчётные формулы всякого физического смысла! Выбор силовой или энергетической концепций для расчёта – чисто технический вопрос. Я считаю, что за основную характеристику качества бетона и арматуры лучше принять критический коэффициент интенсивности напряжений (K_{IC} и K_{IIc}) ввиду простоты его экспериментального определения – например, методика на плите с отверстием позволяет определять сразу несколько значений K_{IC} для бетона с высокой степенью надёжности ввиду устойчивого роста трещин отрыва до своих максимальных размеров. На тех же образцах впоследствии возможно определение модуля упругости бетона. Создание СНиП, базирующихся на законах и принципах механики разрушения и позволяющих на основе единообразной методики, имеющей ясный физический смысл, определить несущую способность, деформации и срок службы конструкции, которые будут указываться в её паспорте, – основная, на мой взгляд, цель учёных, занимающихся механикой разрушения железобетона!