

ОЧЕРК ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ Часть 2

THE HISTORY OF THE ESTABLISHMENT OF STRUCTURAL DESIGN STANDARDS Part 2

И. И. ВЕДЯКОВ, д-р техн. наук

К. П. ПЯТИКРЕСТОВСКИЙ, д-р техн. наук

Приводятся по возможности систематизированные данные о разработке системы норм проектирования основных несущих конструкциях из металла, дерева, камня и железобетона. Рассматриваются в основном работы, выполненные в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, которые «выросли» в начале прошлого века из «ГИС», «ВИС» и ЦНИПС.

В части 1 этой статьи (см. журнал «Вестник НИЦ «Строительство» №3 (14), 2017 г.) кратко рассмотрены история разработки строительных конструкций с древности до XX века и создание первых норм в период бурного развития строительства в начале XX века. Часть 2 посвящена нелегкому пути развития и создания норм в XX и XXI веках. Для составления очерка приняты различные научно-популярные и научные издания, список которых приводится в конце.

Современные публикации авторов норм подробно не рассматриваются, а ссылки на оригинальные работы приводятся в тексте.

Очерк предназначен для сохранения в памяти строителей самоотверженной работы ученых и инженеров XX века.

The systematic data on the system development of design standards for main load-bearing structures made of metal, wood, stone and reinforced concrete is given.

The paper mostly covers the works carried out in TSNIISK named after V. A. Koucherenko and NIIZHB named after A. A. Gvozdev.

The part 1 of this article (see the journal 'Vestnik NITS Construction' №3 (14), 2017) considers the history of the development of building structures from ancient times to the XX century. The creation of the first standards in the period of rapid development of construction in the early of XX century is also presented. The part 2 is dedicated to the difficult way of development and creation of standards in the XX and XXI centuries. For the compilation of the essay the authors considered various scientific and popular&scientific publications listed below.

Modern publications of the authors of the standards are not described in detail and the references to original works are given in the text.

The paper is dedicated to the sacrificial work of scientists and engineers of the twentieth century.

Ключевые слова:*История, нормы проектирования, перспективы развития***Key words:***Design standards, history, prospects*

В части 1 статьи были изложены предпосылки создания норм проектирования в связи с широкомасштабным строительством производственных и гражданских зданий для индустриализации России. Здесь рассматриваются принципы разработки расчетов по предельным состояниям.

Каменные конструкции

В СССР систематическое экспериментальное изучение каменных конструкций было начато в 1932 г. в ЦНИПС. На основе этих работ (1932-1939 гг.), изданы нормы проектирования каменных конструкций.

В 1939 г. проф. Л.И. Онищиком издан первый учебник на основании отечественных экспериментальных материалов, в основном полученных сотрудниками ЦНИПС:

1. Ст. научный сотрудник, канд. техн. наук Семенцов С.А.

- Работы по составлению и обоснованию проекта норм проектирования каменных конструкций. Исследования прочности кладки из крупных блоков, исследование балок-стенок и др.

2. Ст. научный сотрудник, канд. техн. наук Шишкин А.А.

- Исследование прочности кладки из естественных камней и бутобетона.

3. Ст. научный сотрудник, инж. Котов И.Т.

- Исследования прочности и упругих свойств кладки из кирпича и мелких блоков.

4. Ст. научный сотрудник, инж. Камейко В.А.

- Исследования прочности армированной кладки с сетчатым и продольным армированием и железобетонных балок.

5. Ст. научный сотрудник, доц. Кравченя Н.И.

- Исследования прочности кладки при внецентренном сжатии и прочности многослойных кладок.

Первые (Единые) нормы были разработаны Л.И. Онищиком уже в 1930 г. Эти нормы (ОСТ 900-38-39) были уточнены в 1939 г.

До 1939 г. для расчета каменных конструкций использовался метод расчета по допускаемым напряжениям. Разработанный под руководством Л. И. Онищика в 1939 г. отраслевой стандарт по форме сохранил метод расчета каменных конструкций по допускаемым напряжениям. Однако по существу уже в этом документе был установлен метод расчета по разрушающим нагрузкам. В 1943 г. в нормах проектирования каменных конструкций был окончательно как по форме, так и по существу принят этот метод расчета.

Формула Л. И. Онищика прочности кладок при сжатии имеет вид

$$R_u = AR_1 \left(1 - \frac{a}{B + \frac{R_2}{R_1}} \right),$$

где R_u, R_1, R_2 – пределы прочности при сжатии соответственно кладки, камня и раствора; $A = (100 + R_1)/(100m + nR_1)$ – конструктивный коэффициент, характеризующий максимальную, теоретически возможную (конструктивную) прочность кладки, которая соответствует бесконечно большой прочности раствора ($R_2 \rightarrow \infty$); здесь R_1 имеет размерность кгс/см², при размерности в МПа коэффициенты 100 в формуле заменяют на 10; a, v, m, n – коэффициенты, зависящие от вида камня (табличные значения).

В этой формуле эмпирические коэффициенты A, a и B имеют определенные значения для каждого вида кладки. Здесь уже допускаются пластические деформации каменной кладки, выражающиеся в повышении расчетных сопротивлений по сравнению с упругим расчетом.

Деревянные конструкции

Параллельно с разработкой норм проектирования металлических, железобетонных и каменных конструкций велась большая работа по нормам для проектирования широко распространенных тогда деревянных конструкций. Была создана лаборатория деревянных конструкций с небольшим штатом сотрудников, экспериментальные исследования были продолжены и уже в 1929 г. разработаны первые «Технические условия и нормы деревянного строительства». Они сразу же были переизданы в США как первые и единственные нормативные материалы *по деревянным конструкциям*. Сначала применялись непродуманные, устаревшие решения соединений, что приводило к хрупкому разрушению. Г.Г. Карлсен разрешил эту задачу, предложив и всесторонне обосновав «принцип дробности».

Эффективность этого принципа обеспечивалась посредством создания вязкой работы соединения за счет равномерного распределения усилий между многими параллельно работающими связями.

Конкретными видами приложения «принципа дробности» стали предложенный секцией деревянных конструкций (ДК) переход от цельных деревянных ДК к дощатым и даже к фанерным, переход от болтовых и деревянных шпоночных соединений к гвоздевым и клеевым, переход от гладкой кольцевой шпонки к зубчато-кольцевой, а впоследствии – к штампованной кольцевой шайбе, разработанные в лаборатории ДК.

Этот принцип не только обеспечил расширение области применения ДК при существенном снижении расхода металла, но и позволил значительно увеличить надежность ДК в эксплуатации даже при низкой квалификации исполнителей.

Были выполнены обобщения разработки деревянных конструкций, собраны и классифицированы все новейшие достижения в области ДК, формы конструктивных решений.

Разработаны и исследованы принципиально новые конструктивные решения сопряжений (гвозди крестового сечения, зубчато-кольцевые шпонки, новые виды врубок и др.), принципиально новые формы покрытий больших пролетов; проведены экспериментальные и теоретические исследования. Все это дало возможность выпустить новые «Технические условия и нормы проектирования и возведения деревянных конструкций (1931 г.), ставшие развитием первых норм (1929 г.). Своеобраз-

ным отчетом об этой большой работе был выпуск Строительного бюллетеня (№50 от 20.05.1932 г.).

Венцом работы сектора ДК была разработка и практическое осуществление впервые в истории строительства разнообразных форм пространственных дощато-гвоздевых конструкций типа оболочек. Осуществлены впервые в 1930-1931 гг. в виде тонкостенных сводов-оболочек, башен-оболочек высотой до 20-30 м, тонкостенных для градирен и ребристых для водонапорных башен, а также куполов-оболочек. В основу всех этих форм положены принципы многорешетчатых систем И.П. Кулибина (опубликованные им в 1799 г.).

Обычно идея новой конструкции выносилась на обсуждение научных работников сектора ДК, обсуждались все положительные и отрицательные стороны. Затем по принятому варианту конструкции изготовлялась модель и производилась экспериментальная проверка.

Примером такой работы может служить разработка большепролетного свода-оболочки.

Решение в дереве тонкостенного свода-оболочки было предложено и запатентовано Генрихом Георгиевичем Карлсенем и его учениками инженерами М.Е. Каганом, и П.Н. Ершовым.

В итоге после больших изменений в конструкции М.Е. Каганом и его коллегами инженерами П.Н. Ершовым, В. М. Коченовым, А.В. Леняшиным и И.Л. Цыпленковым разработана принципиально новая ребристая форма деревянного свода-оболочки пролетом 100 м.

Немецкие специалисты категорически заявили, что эта конструкция в дереве практически неосуществима. Тем не менее, благодаря усилиям всего коллектива секции ДК под непосредственным руководством М.Е. Кагана в конце 1935 г. ребристый свод-оболочка пролетом 100 м был построен на авиазаводе №84 и принят в эксплуатацию.

Это был триумф не только секции ДК, но и отечественной инженерной мысли. Директор ЦНИПС посчитал необходимым доложить наркому тяжелой промышленности С. Орджоникидзе как об «одном из лучших достижений комплексного ЦНИИ промышленных сооружений...».

Уточненный статический расчет свода был выполнен В.З. Власовым – автором впервые разработанной моментной теории оболочек.

После этой внушительной победы руководимого Г.Г. Карлсенем коллектива началось широкое внедрение в практику сводов-оболочек подобного типа по всей стране: ангары, цеха, вокзалы, спортзалы, выставочные павильоны и др.

При этом Г.Г. Карлсен часто выезжает на стройки, консультирует и решает многие вопросы как конструктивного, так и производственного характера.

С. Орджоникидзе, высоко оценивший деревянные конструкции сказал: «Ведь под легкими деревянными крышами мы построим нашу тяжелую индустрию». После этого коллектив разработал свод-оболочку длиной 202 м. шириной 80 м, высотой 24 м и построил её модель 1:10, которая была испытана и представлена на выстав-

ке. Эта конструкция получила самые восторженные отклики специалистов не только в нашей стране. Тогда же А. Ф. Лолейт (создатель теории расчета железобетонных конструкций), выступая перед учеными и специалистами в области строительных конструкций, отметил: «То, что сделано в дереве, превышает своей смелостью все то, о чем мы имели до сих пор представление».

С 1943 года Г.Г. Карлсеном были построены многие сооружения для фронта: фортификационные сооружения, мосты, понтонные переправы, новые типы наплавных и подводных мостов, новые конструкции ледорезов и др.

Накопленный опыт потребовал его обобщения и публикации для работы инженеров-строителей и проектировщиков, а также для студентов.

В 1937 г. коллективом авторов под руководством Г.Г. Карлсена подготовлен и издан большой раздел «Деревянные конструкции» объемом 180 листов в 6-томном справочнике проектировщика промышленных сооружений «Промстройпроекта», а затем – еще ряд объемистых учебников курса «Деревянные конструкции» авторским коллективом: проф. Г.Г. Карлсен, доценты к. т. н. В.В. Большаков, М.Е. Каган и Г.В. Свенцицкий.

Начало систематического нормирования в строительстве

В 27 лет А.Ф. Лолейт, уже имевший квалификацию математика-теоретика, был полностью поглощен идеей «правильного обоснования размеров конструкций в коих столь разнородные по своим природным свойствам материалы, как бетон и железо, сочетаются в один монолит». В первые годы своей деятельности, с 1892 по 1895 гг. он построил изящные по своей конструкции трубы под насыпью железной дороги, переходные мостики и зонтообразный свод в здании Верхних торговых рядов в Москве.

В 1895 г. он сформулировал программу деятельности всей своей жизни «посвятивши себя специально изучению этого предмета – борьба с мертвыми массами в сооружении есть нравственный долг зодчества: ведь его задача строить не только прочно, но и дешево».

Так как конкурентоспособность на строительном рынке определялась стоимостью и прочностью предлагаемых конструкций, приходилось в каждом отдельном случае искать для них наиболее экономное, оптимальное по стоимости и несущей способности решение, что в высшей степени содействовало как изысканию наиболее рациональных конструкций, так и усовершенствованию приемов производства работ.

В 1904 г. А.Ф. Лолейт доложил Московскому архитектурному обществу свою работу «О коэффициенте прочности железобетонных сооружений».

В 1908-1909 гг. А.Ф. Лолейт разработал безбалочные перекрытия с утолщениями над колоннами и волнообразным расположением арматуры. В качестве обоснования своего решения он предложил приближенный метод расчета плиты как скрещающихся надколонных и пролетных полос. В двадцатых годах немецкие специалисты дали расчет этих перекрытий, основанный на теории упругости. Этот расчет привел к почти полуторному утяжелению перекрытий. В результате этих работ А. Ф. Лолейта безбалочные перекрытия стали проектировать по нашим советским нормам.

Было показано, что напряжения в растянутом бетоне при изгибе в упругой стадии получаются малыми только потому, что отношение $n = E_a/E_o$ было принято равным 25, а значит, модуль упругости бетона был принят очень низким. Правда, говорил Лолейт далее, есть конструкторы, которые считают возможным принимать n равным даже 40, но столь низкие величины модуля упругости бетона (при $n = 40$ и $E_a \approx 200000$ кгс/см²) были «открыты» лишь после изобретения железобетонных конструкций, когда понадобилось найти способ для объяснения противоречий между теорией и данными опытов. Лолейт выполнил сравнительные расчеты балки по упругой стадии работы, принимая $n = 25$ и $n = 8$ (по его данным) и, воспользовавшись полюбившейся ему гипотезой Консидера, построил соответствующие эпюры напряжений в расчетном сечении, нашел для каждой положение нейтрального слоя.

Затем он заявлял: «из сопоставления эпюр ясно, какое разнообразие в распределении напряжений получается для одной и той же величины момента в зависимости от того, будет ли для расчета применена гипотеза Навье, полагая $n = 25$ и $n = 8$; или гипотеза Консидера» – и продолжил – «совершенно иное получается, если рассматривать мгновенное равновесие, предшествующее моменту разрушения: так как бетон при этом перестает принимать участие в сопротивлении растяжению, то тем самым устраняется из расчета фактор, приводивший к неопределенности разрешения задач, нейтральная ось занимает совершенно определенное положение, характеризующее 3-й период деформации. Если принять величины *временных* сопротивлений для железа – разрыву $\sigma_a = 3600$ кгс/см², для бетона – сжатию $\sigma_o = 200$ кгс/см², то нетрудно увидеть, что при имеющемся в рассматриваемом случае соотношении между размерами бетона и сечением арматуры, подверженной растяжению, разрушение произойдет вследствие достижения железом величины временного сопротивления σ_a при наибольшей, так сказать, критической величине изгибающего момента в опасном сечении».

Цитированное настолько опережало уровень науки о железобетоне в 1904 г., вносило такую поправку к известной дате начала работ по пересмотру теории железобетона, что может показаться неправдоподобным. Следует, однако, иметь в виду, что между этой работой и предложениями 1930-1932 гг. нельзя ставить знак равенства. Она была эскизом к тому произведению талантливого мастера, какое еще будет создано после новых опытов, теоретических разработок и вопреки ожесточенной критике, непонимания, ревнивого недоброжелательства и использования недостаточности экспериментальных обоснований, действительно имевших место [2].

Теоретические недостатки классической теории железобетона и неэкономичность получаемых с её помощью решений нуждались в их устранении или хотя бы в исправлении, особенно в части повышения экономичности железобетонных конструкций. При масштабах строительства в СССР это было жизненно необходимо.

В 1928 г. Комиссия по строительству при СТО (Совет труда и обороны) поручила А.Ф. Лолейту составить проект новых технических условий и норм на основе отзывов разных ведомств и учреждений, получаемых в разное время, на первоначальный проект, составленный Бюро нормирования Госплана СССР в 1926 г.

Однако эти отзывы и замечания были весьма разноречивыми, а в самих технических условиях и нормах «не было принципиальной установки ни в одних из существующих в настоящее время во всем мире норм».

Поэтому А.Ф. Лолейт составил проект технических условий и норм так, как он считал это нужным на основании своей 38-летней практики.

Этот проект был издан в 1929 г. под названием «Технические условия и нормы проектирования и возведения бетонных и железобетонных сооружений», а в апреле 1930 г. был вынесен на обсуждение Первой Всероссийской конференции по бетону и железобетону в Москве. С докладом «Новый проект норм» выступил А.Ф. Лолейт.

Центральным пунктом прений, развернувшихся на конференции вокруг проекта ТУ и Н, была гипотеза Консидера, на которую А.Ф. Лолейт опирался еще в ранних своих работах.

Стремление к повышению экономичности железобетона пришло с обогащением знаний о нем и проявилось прежде всего в снижении коэффициентов запаса. С 1908 по 1934 гг. допускаемые напряжения для арматуры повысили с 800 до 1250 кгс/см², величину отношения R/σ_6 постепенно уменьшили с 6 до 2,5. Но допустимо ли это, можно ли увеличивать допускаемые напряжения и дальше, и где граница их увеличению? На эти вопросы ответов не было, так как запасы (величины отношений σ_m/σ и R/σ_6 для стали и для бетона назначали отдельно, а величина запаса в цельном расчетном железобетонном сечении оставалась неизвестной.

Постепенно выяснилось, что многие благополучно существовавшие конструкции давно должны были разрушиться. Железобетон оказался вдруг в положении майского жука, который по теории летать не может, и виноват в этом, конечно, не жук, а теория.

Классическая теория была не в состоянии оценить изменение напряжений в арматуре и бетоне из-за пластических деформаций бетона. По мере расширения знаний об арматуре, бетоне и железобетоне выяснились дефекты научных основ классической теории: модуль упругости бетона – величина непостоянная, зависящая не только от величины, но и от знака напряжений. Поэтому $n = E_a/E_6$ – также величина переменная. К железобетону неприменимы ни закон Гука, ни гипотеза плоских сечений. Бетон растянутой зоны при расчетах по допускаемым напряжениям, т.е. на стадии эксплуатации конструкции, еще не полностью выключается из работы на растяжение, и это вносит новое несоответствие между расчетным и истинным поведением конструкции под нагрузкой, недостатки которой с научной точки зрения становились все очевиднее, а с практической – всё нетерпимее. Они были особенно нетерпимы в государстве, где строительство вели в невиданных до этого масштабах; где повышенные расходы материалов оборачивались многозначными числами тонн и кубических метров; где повышение спроса приносило не добавочные доходы частным фирмам, поставлявшим арматурную сталь или цемент, а оборачивались общегосударственными убытками, невозвратными потерями, сдерживавшими наращивание темпов и объемов строительства.

Причина недостатков классической теории железобетона, но не его самого, в том, что на новый комплексный материал, состоящий из столь разнородных порознь стали

и бетона, распространили классические законы, не полностью справедливые даже для однородных и упругих материалов, таких как сталь или, в еще меньшей степени, дерево. Распространили не по чьему-то недомыслию, а в силу объективных законов развития науки: от известного к неизвестному.

Классическая теория ни раньше, ни позднее не довела до конца решения важнейшей задачи каждого расчета о величине запаса прочности конструкции. Но пока материалы были достаточно однообразны, а знания о железобетоне скудны, вопросов е его экономичности ни у кого не возникало.

Активнейший общественник А.Ф. Лолейт – в числе нескольких инициаторов создания Института сооружений (позднее – ЦНИПС, ныне ЦНИИСК и НИИЖБ), где с мая 1927 г. он – заместитель директора по научной части, а позднее – председатель Технического совета института.

На самом деле А.Ф. Лолейт отстаивал не саму гипотезу Консидера, а необходимость учета распределения напряжений в сечении непропорционального деформациям, и очертания эпюры внутренних сил по некоторой ломаной, т.е. по стадии разрушения.

После долгих обсуждений было принято решение о пересмотре норм, где А.Ф. Лолейт, учтя не совсем четкие предложения Эмпергера и Остенфельда на II Всесоюзной конференции по бетону и железобетону в Ленинграде (февраль 1932 г.), заявил: «Не только для железобетона, но и для дерева, и для стали мы никогда не уясним правильного отношения к конструкции до тех пор, пока не будем рассматривать стадии разрушения».

Опытная проверка предложений А.Ф. Лолейта проводилась Институтом сооружений и ЦНИПС сначала под его руководством, а после его смерти (4 июля 1933 г.) – под руководством А. А. Гвоздева. Результаты опытных и теоретических исследований были опубликованы в апреле 1934 г. в работе «О пересмотре способов расчета железобетонных конструкций» и были доложены в 1934 г. на III Всероссийской конференции по бетону, железобетону и каменным конструкциям.

Два одновременных предложения А.Ф. Лолейта были отделены друг от друга и было четко показано, что расчет по стадии разрушения не связан со спорными предложениями о повышенной растяжимости армированного бетона.

В результате в период весьма активных нападок на А.Ф. Лолейта и возникновения новых теорий других авторов А.А. Гвоздев во всеоружии результатов экспериментов и собственных воззрений смело и настойчиво заявил: «Я считаю своевременным теперь же перейти для расчета на изгиб на метод проф. А.Ф. Лолейта».

Резолюция III Харьковской конференции в 1934 г. закрепила победу предложений А. Ф. Лолейта, утвердила первенство отечественной науки в развитии железобетона. Конференция постановила: «Вполне проработанным и достаточно зрелым для внесения в практику строительства следует считать вопрос о расчете изгибаемых элементов по стадии разрушения».

В конце концов уже после смерти А.Ф. Лолейта, в 1938 г. в лаборатории А.А. Гвоздева был разработан проект норм расчета железобетонных конструкций по стадии разрушения.

В 1943 г. в лаборатории образовалась группа специалистов, занимавшихся систематически всесторонним исследованием упругопластических деформаций и явлений ползучести бетона (М.С. Боришанский, С.В. Александровский, А.В. Яшин и др.), работы которой внесли большой вклад в разработку и практическое их использование.

В 1927 г. В.М. Келдыш считал правильными расчеты на основании математической теории упругости, в 1943 г. он уже писал в книге «Введение в теорию расчета конструкций по предельному состоянию»: «...Так произошло, например, с безбалочными железобетонными перекрытиями. Еще в начале века были установлены размеры этих перекрытий чисто экспериментальным образом. В двадцатых годах немецкие специалисты дали расчет этих перекрытий, основанный на теории упругости, этот расчет привел к почти полуторному утяжелению перекрытий».

Первые нормы проектирования бетонных и железобетонных конструкций мостов разработаны проф. Н.А. Белелюбским, однако размах строительства потребовал скорейшей разработки норм для многообразия различных сооружений, и в 1929 г. Строительный комитет ВДНХ организовал высшие курсы подготовки специалистов, где А.Ф. Лолейт выступил с докладами «Экономические предпосылки для применения железобетона» и «Современные воззрения на природу бетона и железобетона».

Технический уровень норм того времени все же во многом не удовлетворял возросшим масштабам и требованиям в области железобетона, жизнь настоятельно требовала научного и материально-технического обеспечения для его широкого применения.

А. А. Гвоздев в возрасте 30 лет был приглашен на работу в ГИС с первых дней его образования, заняв должность заведующего отделом расчетов и конструкций, но вскоре возглавил вновь созданную лабораторию железобетонных конструкций.

В 1931 г. ГИС было решено переименовать во Всесоюзный государственный научно-экспериментальный институт гражданских, промышленных и инженерных сооружений (ВИС), который вскоре постепенно разделился на три института, которые вошли в состав Центрального института промышленных сооружений (ЦИПС), образовавшегося в 1932 г. С этого времени лаборатория железобетонных конструкций начала работать под вывеской института до 1957 г. при бессменном руководстве А.А. Гвоздева.

Первым обязательным всесоюзным документом в области железобетона стали технические условия и нормы проектирования и возведения железобетонных и бетонных конструкций и сооружений, изданные в 1931 г. Этот документ был разработан комиссией под председательством С.З. Гинзбурга, в которую входили профессор Н.М. Беляев, Е.Н. Жемочкин, В. М. Келдыш, А.Ф. Лолейт, П.Л. Пастернак, инж. А.А. Гвоздев, инж. Б.Г. Скрамтаев и др.

А.А. Гвоздев отлично понимал, что разработка методов расчета железобетонных конструкций опиралась тогда на разносторонние эксперименты, которые проводились в ряде европейских стран и в Америке. Он уделял особое внимание созданию собственной экспериментальной базы, на которой можно было бы испытывать конструкции в натуральную величину. Такая база, хотя и скромная, была создана сначала в районе Марьиной Рощи, а после войны вошел в строй комплекс зданий в Вешняках.

Проведенная в марте 1933 г. дискуссия в форме «суда» в результате прений профессоров В.М. Келдыша, А.Ф. Лолейта, Б.Г. Скрамтаева приняла решение о необходимости и неизбежности создания промышленности сборного железобетона.

Работы А.А. Гвоздева дали неоценимо много для изучения напряженно-деформированного состояния бетона при плоском и сложном напряженном состоянии и были направлены на практическое использование явлений усадки, ползучести и пластических явлений в бетоне при расчете бетонных и железобетонных конструкций. Ползучесть и трещинообразование обеспечивают появление в конструкциях пластических шарниров и перераспределение внутренних усилий.

А.А. Гвоздев предложил записать основные уравнения линейной теории ползучести бетона как упруго-ползучего тела при одноосном напряжении для определения деформаций при действии длительного нагружения в форме двучлена:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E(t)} - \int_{\tau_1}^t \frac{\sigma(\tau)}{E(t)} L(t, \tau) d\tau,$$

$$\frac{\sigma(t)}{E(t)} = \varepsilon(t) + \int_{\tau_1}^t \varepsilon(\tau) R(t, \tau) d\tau,$$

учитывающего мгновенно возникающую деформацию, определяемую с учетом закона Гука, и деформацию ползучести, определяемую «историей» нагружения, и до верхнего предела времени t .

В одном из своих последних выступлений в 1980 г. на Научно-техническом совете НИИЖБ А. А. Гвоздев поделился своими далеко идущими соображениями о некоторых актуальных направлениях в теории деформирования и длительной прочности бетона с целью прогнозирования более точных значений ползучести и длительной прочности бетона при сложных нагружениях.

Эти направления возглавляет сейчас Н.И. Карпенко.

Заслуживает особого упоминания история создания предварительно напряженных железобетонных конструкций, автором которых в нашей стране является д-р техн. наук, проф., В.В. Михайлов. Известна его наиболее ранняя публикация «Напряженно армированный железобетон». Закгиз, Тбилиси 1933г. В дальнейшем разработки В.В. Михайлова развивали К.В. Сахновский, 1960г., Н.М. Ливанов, 1960г., Е.А. Троицкий и др. В ЦНИПС оригинальные конструкции предварительно напряженных круглых железобетонных резервуаров были предложены д-ром техн. наук, проф., К.В. Михайловым, 1949г. Затем уже в НИИЖБ были созданы технологические и конструкторские лаборатории, где работали признанные теперь специалисты Б.В. Гусев, А.И. Звездов, Г.М. Мартиросов и многие другие, создавшие фундамент нашей промышленности прогрессивных железобетонных конструкций. Результаты их исследований вошли отдельной главой в СНиП II-V.1-62 «Бетонные и железобетонные конструкции». Нормы проектирования, которые основаны на использовании метода предельных состояний при расчетах.

Металлические конструкции

Сначала ЦНИПС приходилось вести в основном *консультационную работу* из-за нехватки исполнителей, второй момент работы института – момент проектировочный, т.е. опытное или экспериментальное проектирование. В конце 1935 г. Н.С. Стрелецкий считал, что сейчас описанная эпоха принципиально считается уже изжитой. Лозунг «освоения» – один из основных лозунгов второй пятилетки – в первую очередь требует полноценного анализа работ первой пятилетки, поэтому развитие *аналитического метода* есть основная и принципиально самая важная задача научно-исследовательской работы в строительстве. Принципиальное различие современной эпохи от эпохи ближайшего прошлого первой пятилетки с рассматриваемой точки зрения состоит в том, что теперь им являются объекты анализа в виде готовых строительных решений, которые проверяются жизнью в процессе эксплуатации.

Принципиально важным в период директорствования Н.С. Стрелецкого является начало в ЦНИПС целенаправленных работ по созданию нового метода расчета строительных конструкций.

Стало очевидным несовершенство методов проектирования, хотя уже были осуществлены многочисленные выдающиеся на тот момент времени сооружения – мосты Н.А. Белелюбского, Ф.С. Ясинского. Были разработаны первые нормы бетонных и железобетонных конструкций (1911 г.).

Особого внимания заслуживает дальнейшая жизнь одного из главных детищ Н.С. Стрелецкого – методики расчета по предельным состояниям. Эта методика распространилась по всему миру (хотя формы её использования в нормах различных стран и объединений несколько различаются).

Методика поможет правильно понимать назначение различных расчетов и совершенствовать их. На рубеже 60-70-х годов НТО стройиндустрии организовало под руководством видного ученика Н.С. Стрелецкого – А.В. Геммерлинга – Комиссию по развитию методики предельных состояний. А.А. Гвоздев внес в методику важное уточнение – раскрыл понятие «несущая способность», и четко отделил ее от «эксплуатационной пригодности». Соответственно, и классификация предельных состояний стала четче по степени опасности. Большое развитие получили деформационные критерии различных предельных состояний, в том числе и прочностных.

В 1966 г. на Второй конференции по надежности в Вильнюсе сын Н.С. Стрелецкого – Н.Н. Стрелецкий – сформулировал критерий ограниченных предельных деформаций для расчетов стальных конструкций на прочность. Работы по реализации этого критерия были выполнены в ЦНИИ «Проектстальконструкция», Одесском инженерно-строительном институте (Н.Л. Чернов), ВНИИ транспортного строительства (А.А. Потапкин), ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (Г.Е. Бельский) и обеспечили значительную экономию стали.

Из электроники, машиностроения, самолетостроения пришла в строительство молодая теория надежности. Некоторые специалисты усмотрели в ней конкурентку методике предельных состояний, но очень скоро стало ясно, что они ошибались: теория надежно-

сти может дать методике предельных состояний вероятностные основы и значительно усовершенствовать нормы расчетов строительных конструкций по предельным состояниям. Этим и занимаются сейчас ученики и последователи Н.С. Стрелецкого.

В работах 1936 г. появились новая методика расчета конструкций, «Расчет конструкций в свете учета пластических деформаций», «Новые единые нормы по проектированию металлических конструкций». В них даны всесторонний анализ строительных металлических конструкций и прогноз конструктивной формы промышленных сооружений, который в значительной степени оправдался. По его инициативе появились новые конструкции прутковых и шпренгельных прогонов, подкрановых балок, ригелей рам. Оказались эффективными и конструкции из стали разных марок: в сквозных конструкциях пояса выполняли из стали повышенной или высокой прочности, а стенки – из малоуглеродистой стали.

В 1942–1944 гг. Н.С. Стрелецкий показал целесообразность и безопасность значительного повышения допускаемых напряжений стальных конструкций. Расчетный коэффициент запаса стальных конструкций, доведенный до рекордно малого значения 1,36, вошел в нормативные документы.

Большую разностороннюю работу по стальным конструкциям Н.С. Стрелецкий успешно реализовал путем создания «треугольника»: лаборатория металлических конструкций ЦНИПС, ведущая научные исследования металлических конструкций, – «Стальконструкция», осуществляющая разработку конструктивных форм, – кафедра металлических конструкций МИСИ, готовящая кадры металлостроителей и одновременно участвующая в научных и проектных работах.

«Треугольник» просуществовал до кончины ученого, в определенной мере сохранился и после этого, сыграв неоценимую роль в техническом прогрессе металлостроительства и в нашей стране, и за её пределами. В работах над нормами участвовали представители кафедр и предприятий всей страны.

Идея такого «треугольника» существует и в настоящее время с более широкой задачей сотрудничества по всем конструкциям:

МГСУ – «НИЦ «Строительство» – РААСН.

Правда, чтобы довести работу этого «треугольника» до совершенства, требуются еще значительные усилия.

В 1945 г. была создана авторитетная комиссия по унификации методов расчета строительных конструкций, вошедшая затем в комиссию по разработке «Урочного положения» (так именовали первоначально Строительные нормы и правила). Состав комиссии мы упоминали ранее.

Комиссия сумела сблизить экспериментальное и теоретико-экспериментальное направления разработки норм и выработать общие предложения, составившие «Расчет по предельным состояниям». Общий коэффициент запаса был расчленен на три коэффициента: однородности, перегрузки и условий работы, учитывающих соответственно возможные отклонения характеристик прочности материала, случайные превышения нагрузок и суммарно все другие, менее значимые факторы.

Исходя из этого, комиссия установила три предельных состояния, обязательных для проверки расчетом: по исчерпанию несущей способности, по предельной деформации и по образованию трещин.

Расчет по предельным состояниям отличается полнотой оценки несущей способности и надежности конструкций, ибо учитывает вероятностные свойства действующих на конструкции нагрузок и сопротивлений этим нагрузкам, особенности работы конструкций и пластические свойства материалов.

Методика расчета по предельным состояниям родилась в жаркой борьбе с её противниками, которых оказалось немало. Главная причина этого заключалась в сложности идей методики предельных состояний, требующих достаточно глубокого их понимания. Даже сегодня, когда работает поколение инженеров, которое училось по методике предельных состояний, часто приходится встречаться с непониманием ее принципиальных основ: предельное состояние продолжают смешивать с допускаемым состоянием или с состоянием разрушения.

В настоящее время снова наблюдается необычайный размах жилищного, спортивного, общественного и дорожного строительства. За прошедшие 60 лет прежние прогрессивные достижения наших норм в значительной мере исчерпали себя, в то время как европейские страны, ранее заимствовавшие у нас принципы и многие детали расчетов по предельным состояниям, добились обобщения практических результатов, провели целенаправленные исследования применительно к разработке нормативных документов. В результате создана система Еврокодов, которая в ряде случаев демонстрирует существенный прогресс в расчетах, проектирования и разработке соединений элементов. Наши расчеты базируются на использовании иностранных программ. Расчеты сосредоточены в ряде крупных организаций, выполняющих заказы проектировщиков, и хотя дублирование расчетов по разным программам для обеспечения их надежности, доступа широкой общественности конструкторов к использованию зарубежной техники в условиях отставания в получении экспериментальных данных в лабораторных условиях, становится тормозом в совершенствовании конструкций.

В частности, остаются неиспользованными современные теоретические разработки по изучению сложных напряженных состояний в пространственно работающих многочисленных большепролетных конструкциях и в высотном жилищном строительстве. Всё это приводит к неоправданному перерасходу материалов, и если в предвоенные годы прошлого века была организована обширная исследовательская работа по совершенствованию нормативных документов, именно с целью экономии материалов, то сейчас мы наблюдаем безразличное отношение к экономии материалов в силу специфики строительного бизнеса. Это в совокупности с низкой производительностью труда приведет к истощению ресурсов страны.

Ученые отмечают отставание наших норм от европейских. Наряду с этим идут сокращение научно-исследовательских институтов и утрата экспериментального оборудования. Переход разработки проектов и организации испытаний в университе-

ты не всегда оправдан. Это прежде всего сказывается на снижении качества подготовки специалистов в ВУЗах и ведет к дальнейшему отставанию строительной отрасли.

Требуется обратить внимание руководства страны на сохранение традиций научно-исследовательских институтов и кадров способных возродить научные школы.

Итак, к 1962 г. формирование норм проектирования на основе методики предельных состояний можно считать законченным. С 1 января 1962 г. нормы проектирования конструкций были объединены под общим названием СНиП II, а отдельные конструкции – под названием глав, например, Нормы проектирования бетонных и железобетонных конструкций – СНиП II-B-62.

Больше уже принципиальные изменения в нормы проектирования не вносились, хотя они совершенствовались в части конструирования или включения в нормы новых материалов и их модификаций.

Далее периодически производилось обновление норм в 1971, 1975, 1981, 1984 гг. Эти даты указаны применительно к нормам проектирования бетонных и железобетонных конструкций, которые разрабатывались под руководством А.А. Гвоздева.

Совершенствование расчета и конструирования отражалось в более подробных документах – Пособиях к отдельным главам СНиПа, с разъяснениями положений норм и примерами проектирования. Такие пособия выходили к СНиП II-25-30 по деревянным конструкциям в 1986 г., к СНиП II-22-81 по каменным и армокаменным конструкциям.

Затем, с 2008 г. в связи накопившимися новыми знаниями и наметившимся расхождением отечественных требований к проектированию с зарубежными, СНиПы стали называть сводами правил (СП) и их актуализированными редакциями.

К 2010-м годам в печати все чаще стали появляться статьи с предложениями перестройки отечественных норм.

С постепенным уходом после завершения разработки норм 1955-1962 гг., прошедшей мучительный путь становления строительной индустрии, вобравшей в себя труд гениальных ученых-основателей ЦНИПС А. Ф. Лолейта, А. А. Гвоздева, Н. С. Стрелецкого, В. З. Власова, Г. Г. Карлсена, В. М. Коченова, И. Л. Корчинского, Г. В. Свенцицкого и др., многочисленные последователи продолжали доблестные традиции теоретических и экспериментальных работ, обеспечивших ведущее место нашей строительной науки в мире. Постепенно весь мир перешел к разработке нормативных документов на основе метода расчетов по предельному состоянию.

Коллектив теоретиков под руководством А. Р. Ржаницына обеспечил научную базу дальнейших обобщений новых экспериментальных исследований, приведших к нелинейной постановке различных задач. Б. Г. Коренев, А. И. Цейтлин, И. И. Гольденблат, Н. Н. Николаенко, Я. М. Айзенберг, А. С. Дмитриев, А. Ф. Смирнов, С. М. Крылов, Б. А. Калатуров, С. В. Поляков, Г. А. Гениев, В. М. Бондаренко, Н. И. Карпенко, К. В. Михайлов, А. Б. Губенко, Р. Р. Матевосян, Я. Ф. Хлебной, Ю. М. Иванов, Е. М. Знаменский, П. Д. Одесский и др. обеспечили дальнейшее развитие нормативной базы при поддержке перечисленных теоретиков, многие из которых принимали непосредственное участие в составлении глав СНиП и Пособий, разъясняющих указания норм.

Нелегкий период перестройки в нашей стране серьёзно подорвал экспериментальные исследования. Перевод института на хозрасчет привел к дополнительным потерям для науки многих способных сотрудников.

Однако воссоздание Академии архитектуры и строительных наук позволило сохранить многих сотрудников, работающих теоретически.

Здесь большие усилия приложили А. В. Александров, В. М. Бондаренко, В. А. Ильичев, В. И. Травуш, Г. А. Гениев, Н. И. Карпенко.

Продолжалась традиция начала прошлого века, когда образовался творческий «треугольник» РААСН – «НИЦ «Строительство» – МГСУ. Этот «треугольник» еще продолжает свое формирование.

Во второй половине XX в. получили распространение расчеты на ползучесть и стали повседневностью нелинейные расчеты. Они постепенно вошли в последующие за нормами 1962 г. нормативные документы. Народное хозяйство получило огромную экономию.

Перераспределение усилий в статически неопределимых конструкциях способствовало разработке и внедрению в практику проектирования пространственных схем, и наши нормы занимали ведущее положение в мировой практике.

Годы перестройки привели к большому сокращению численности научных работников и экспериментальных исследований.

Однако и в этой обстановке продолжалась разработка новых технологий, прогрессивных конструкций и расчетов. Разработаны новые виды проката для строительства высотных зданий, высокопрочные канаты для мостов и большепролетных покрытий стадионов, конструкции структурного типа. Разработаны и широко применяются большепролетные деревянные конструкции, новые виды каменных кладок и навесных фасадов для старых зданий. Появление новых конструкций и технологий повлекло за собой создание специальных нормативных документов.

Расширились международные связи и появилась потребность в гармонизации зарубежных и отечественных норм.

Сконцентрированные ранее работы по созданию норм в центральных профильных институтах и, особенно, расчетов на ЭВМ оказались разбросанными по многим организациям, что иногда является помехой их качественному развитию.

Появились публикации, например, Р. С. Санжаровского и Т. Т. Мусабеева, которые проанализировали соответствие Еврокода и отечественных норм по проектированию бетонных и железобетонных конструкций (III Всесоюзная конференция по бетону и железобетону, т. №1. – С.448-457).

Работы Н.И. Карпенко и его коллектива, например, Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона и трещинами. – М.: Стройиздат, 208 с.; Карпенко Н.И. Механика железобетона и нормы проектирования (О разработке «Свода правил по расчету статически неопределимых железобетонных конструкций». – М.: 2004. – С.9-18); Карпенко Н. И. Общие модели механики железобетона. – М. Стройиздат, 413 с.; Карпенко Н. И. Карпенко С. Н., Кузнецов Е. Н. О современных проблемах расчета

высотных зданий из монолитного железобетона. III Всероссийская конференция по железобетону. Т. VI. С. 149-166) содержат много новых сведений по проектированию железобетонных конструкций на новой современной основе.

Большой вклад в построение общей теории железобетона («Бетон и железобетон», 1978, №9, С. 20-22) внес В. М. Бондаренко. Его метод интегрального модуля включен не только в нормы проектирования бетонных и железобетонных конструкций, но и использован для создания, например, теории длительной прочности деревянных конструкций (К. П. Пятикрестовский. Нелинейные методы механики в проектировании деревянных конструкций. – М.: 2014. 320 с.)

В связи с изменившимися условиями эксплуатации различных сложных конструкций появилась новая проблема обеспечения живучести и конструктивной безопасности железобетонных и деревянных конструкций. Этой проблеме одним из первых посвятил свои труды Г. А. Гениев (Вопросы конструктивной безопасности железобетонных конструкций при внезапных конструктивных воздействиях. Г. А. Гениев, В. И. Колчунов, Е. Д. Воробьев, Н. В. Ключева, К. П. Пятикрестовский. Труды II Всероссийской (международной) конференции по бетону и железобетону. – М., 2005. – С. 359-367 и др.).

Нелинейным расчетам железобетонных конструкций посвящает свои труды С.Б. Крылов (Учет перераспределения усилий с помощью диаграмм деформирования при расчете железобетонных конструкций. Тр. III Всероссийской конференции по бетону 2014 г. – т. 1. – С. 76-82).

Разработка теории железобетона продолжается в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева под руководством А.И. Звездова, А.С. Залесова, Т.М. Мухамедиева, С.А. Зенина (Настоящее и будущее расчета железобетона II Всероссийская конференция по бетону и железобетону. – 2005. – Т.1. – С. 98-105).

Новые нормы проектирования деревянных конструкций разрабатываются в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко под руководством А. А. Погорельцева. Используются его многочисленные предложения по проектированию большепролетных деревянных клееных конструкций, возведены многочисленные уникальные объекты. Совершенствуется теория расчета статически неопределимых деревянных конструкций (А. А. Погорельцев, К.П. Пятикрестовский. Вопросы дальнейшего развития конструкций из дерева и пластмасс и совершенствование норм проектирования. ПГС, 2015, №4 – С. 28-32).

Непрерывно совершенствуются каменные и армокаменные конструкции и создаются новые нормы под руководством О. И. Пономарева. Существенный вклад в разработку конструкций и совершенствование норм вносят М.К. Ищук, М. О. Павлова, А. В. Грановский. Решаются спорные вопросы по созданию норм (Грановский А. В. Почему нормы по каменным конструкциям не способствуют развитию отрасли // Промышленное и гражданское строительство, 2015. – №12. – С. 23-27).

Новые нормы на проектирование металлических конструкций разработаны в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко (И. И. Ведяков, М. И. Гукова, П. Д. Одесский). В нормах учтены новейшие разработки по созданию проката (листы, фасонные профили, трубы) высокого качества.

Здесь отмечены в основном работы по составлению норм проектирования конструкций, ведущиеся в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. В наше непростое время не все вопросы координации составления нормативных документов сосредоточены в одном центре. Организация составления строительных норм требует дальнейшего совершенствования.

Библиографический список

1. *Лопатто А. Э.* Пролеты, материалы, конструкции. М.: Стройиздат, 1982.
2. *Лопатто А. Э.* Артур Фердинандович Лолейт. К истории отечественного железобетона. М.: Стройиздат, 1969.
3. Коренев Борис Григорьевич. Из серии «Наши юбиляры». М.: МГСУ, 2010.
4. *Михайлов К. В., Хайдуков Г. К.* Алексей Алексеевич Гвоздев. М.: НИИЖБ, 1997.
5. *Стельмах С. Н., Власов В. В., Власов В.З.* и его вклад в создание современной строительной механики тонкостенных конструкций. М.: Стройиздат, 1963.
6. Генрих Георгиевич Карлсен. Ученый, инженер, педагог. М.: Издание ВИА, 1994.
7. Георгий Александрович Гениев. Жизнь и творчество во имя строительной науки (к 80-летию со дня рождения). М.: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2007.
8. *Смирнов А. Ф.* К 100-летию со дня рождения. М.: МИИТ, 2009.
9. *Кондрахов Е. И.* Вспоминая ЦНИПС. Научно-исторический очерк. М.: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2007.
10. *Одесский П. Д., Ведяков И. И.* Малоуглеродистые стали для металлических конструкций. М.: «Интермет инжиниринг», 1999.
11. *Зензинов Н. А.* Стрелецкий Н. С. – основоположник советской школы металлостроительства. // Строительство и архитектура. 1984. №10.

Авторы:

Иван Иванович ВЕДЯКОВ, д-р техн. наук, проф., директор ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Ivan VEDYAKOV, Doctor of Engineering, Full Professor, the Director of TSNIISK named after V. A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: vedykov@gmail.com
тел.: +7 (499) 171-26-50

Константин Пантелеевич ПЯТИКРЕСТОВСКИЙ, д-р техн. наук, главный научный сотрудник ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Konstantin PYATIKRESTOVSKY, Doctor of Engineering, the Senior scientist researcher of TSNIISK named after V. A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: sk@tsniisk.ru
тел.: +7 (910) 449-29-37; +7 (499) 174-10-81