

УДК 624.011.1:539.32(083.75)

Об актуализации норм проектирования деревянных конструкций (в порядке обсуждения)

Дмитрий Константинович АРЛЕНИНОВ, доктор технических наук, профессор, e-mail: dkarleninov@mail.ru
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
129337 Москва, Ярославское ш., 26

Аннотация. Выход СП 64.13330.2011 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» вызвал неоднозначную реакцию у специалистов, в том числе преподавателей вузов, ведущих курсовое и дипломное проектирование. Невысокое качество свода правил привело к попытке его корректировки в виде выпуска СП 64.13330.2017, в результате чего было внесено большое количество поправок, в основном редакционного характера. К сожалению, некоторые вопросы по расчету, изложенные в СНиП II-25-80, были неудачно заменены при актуализации свода правил в 2011 г., а в процессе корректировки в 2017 г. остались без изменений. По мнению автора статьи, основной ошибкой в СП 64.13330.2017 было то, что оставили различные значения модулей упругости древесины вдоль волокон для расчета по деформированной схеме и для расчета на устойчивость. Это внесло дисгармонию при расчете на прочность сжато-изгибаемых стержней. Кроме того, в данном случае необходимо было изменить формулы для определения коэффициентов, используемых для расчета на устойчивость плоской формы деформирования сжато-изгибаемых элементов. Факт корректировки формулы для расчета растянуто-изгибаемых элементов, внесенный в СП 64.13330.2017, привел к снижению надежности деревянных конструкций в результате ликвидации запаса прочности, связанного с пороками древесины в растянутой зоне. В то же время предлагаются излишние запасы прочности путем введения коэффициентов надежности по сроку службы, которые в свое время по ряду причин не вошли в СНиП II-25-80.

Ключевые слова: длительный модуль упругости древесины, деревянные конструкции, деформированная схема, устойчивость, запас прочности.

ON UPDATING DESIGN STANDARDS OF WOODEN STRUCTURES (IN ORDER OF DISCUSSION)

Dmitriy K. ARLENINOV, e-mail: dkarleninov@mail.ru

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Yaroslavl'skoe shosse, 26,
Moscow 129337, Russian Federation

Abstract. The release of SP 64.13330.2011 "SNIIP II-25080. Wooden Structures" has caused ambiguous reaction of specialists including teachers of higher educational institutions supervising the course and graduate design. The low quality of the Code of rules has led to the attempt of its adjustment in the form of release of SP 64.13330.2017, therefore a large number of amendments, generally editorial character, has been made. Unfortunately, some issues concerning calculation stated in Construction Norms and Regulations (SNIIP) II-25-80 have been unsuccessfully replaced when updating the Code of rules in 2011 and in the course of adjustment in 2017 were left without changes. The authors of the article consider that the main mistake in SP 64.13330.2017 was the fact that various values of modules of wood elasticity along fibers for calculation according to the deformed scheme and for calculation on stability left differing among themselves almost twice. This has created disharmony when calculating the strength of bent and compressed bars. Besides, in this case it was necessary to change formulas for determination of the coefficients used for stability calculation of a flat form of deformation of compressed-bent elements. The fact of correction of a formula for calculation of tensile-bent elements, brought in SP 64.13330.2017, has led to decrease in reliability of wooden designs by elimination of the margin of safety connected with defects of wood in the stretched zone. At the same time, excessive reserves of strength, by introduction of coefficients of reliability of service life which for a number of reasons were not included in due time into SNIIP II-25-80, are offered.

Key words: long module of elasticity of wood, wooden structures, deformed scheme, stability, reserve of strength.

В процессе ознакомления с СП 64.13330.2011 «СНиП II-25-80 Деревянные конструкции» было обнаружено, что актуализация не вполне отвечает своему смыслу в части отдельных расчетных положений, а также некачественно отредактирована. По истечении некоторого времени стало

понятно, что по работе имеются серьезные замечания и в соответствии с федеральным законом «О техническом регулировании» через пять лет была сделана попытка исправить положение. Итогом явилась редакция СП 64.13330.2017, в которую внесено значительное количество

во изменений. Но в большей мере это была редакционная правка, а не изменения по критическим замечаниям, высказанным после публикации свода правил в 2011 г.

Одно из основных замечаний, с которых и началась критика СП 64.13330.2011, — неожиданное

увеличение, почти в 2 раза (до 7500 МПа), значения модуля упругости древесины вдоль волокон для расчета на прочность деревянных конструкций по деформированной схеме, притом что для расчета деревянных элементов на устойчивость авторы оставили прежнюю величину модуля упругости, равную 4000 МПа, хотя обе эти величины должны быть равны [1]. В редакции норм 2017 г. предлагаются новые величины модулей упругости, вычисляемые по формулам, но при этом подтверждается ошибочный посыл, что в обоих случаях модули упругости различны. Напомню, что с целью учета ползучести деревянного стержня под нагрузкой во времени, впервые в истории отечественных норм проектирования, в СНиП II-25-80 было введено одинаковое значение модуля упругости древесины вдоль волокон, равное 4000 МПа, для расчета деревянных элементов на устойчивость, а также на прочность по деформированной схеме.

Чтобы объяснить ошибку в значении двух различных величин модуля упругости древесины вдоль волокон, достаточно рассмотреть формулу (36) СП 64.13330.2017 для расчета на прочность внецентренно-сжатых и сжато-изгибаемых элементов, которая представляет собой линейную версию расчета по деформируемой схеме, и, следовательно, модуль упругости для этих элементов определяется по формуле п. 6.11. Однако вычисляя для формулы (36) величину деформационного момента

$$M_d = M / [1 - (N / \varphi R_c F_{бр})]$$

(где φ — коэффициент продольного изгиба, на величину которого влияет ряд параметров, в том числе и модуль упругости), мы вынуждены при определении φ принимать модуль упругости равным другой величине, вычисляемой по формуле п. 6.12, по-

скольку это расчет на устойчивость. Очевидно, что у рассчитываемого элемента не может быть двух значений модуля упругости. Это противоречие еще в большей мере проявляется в формуле расчета на устойчивость плоской формы деформирования сжато-изгибаемых деревянных элементов:

$$N / \varphi R_c F_{бр} + (M_d / \varphi_m R_{и} W_{бр})^2 \leq 1,$$

где φ_m — коэффициент для изгибаемых элементов, определяемый по формуле (31) новой редакции норм, на величину которого влияет ряд параметров, в том числе и изгибная жесткость элементов.

В этом случае для определения φ в первом слагаемом необходим модуль упругости, вычисляемый по формуле п. 6.12, а для расчета φ_m , во втором слагаемом, требуется величина модуля упругости, рассчитанная по формуле п. 6.11, поскольку числитель M_d вычисляется по деформированной схеме. Думаю, этих двух примеров достаточно, чтобы не подвергать сомнению тот факт, что величина модуля упругости для расчета на устойчивость и по деформированной схеме должна быть одинаковой.

Первой ошибкой авторов данной поправки, на мой взгляд, является то, что по результатам кратковременных испытаний деревянных образцов, в том числе прочностных, а также с учетом достаточно условных коэффициентов условий работы вносятся нормативы, которые должны отражать ползучесть древесины при расчете элементов на физически идентичные виды напряженного состояния. Такой подход слишком прост и некорректен, иначе авторы СНиП II-25-80 могли бы его реализовать. Поэтому предлагаю свою версию истоков назначения модуля упругости для расчетов на устойчивость и по деформированной схеме.

Как мне представляется, один из основоположников расчетов

деревянных конструкций Е. М. Знаменский, как основной автор этих норм, реализовав оценку несущей способности деревянных элементов при длительных нагрузках, понимал, что с целью обеспечения надежности от потери устойчивости элементов с большой гибкостью необходимо простым линейным образом учитывать ползучесть древесины. А это возможно только путем уменьшения величины модуля упругости относительно нормативных значений, полученных при кратковременных испытаниях образцов. С этой целью он использовал широко известное в то время отношение [2, с. 93; 3, с. 31]:

$$E_{кр} / \sigma_{вр} = E_{дл} / R_{сж} = 300,$$

которое базировалось на опытных данных наших предшественников. Это отношение довольно постоянно, как при кратковременных нагрузках, так и при длительном нагружении [2, 3]. Отсюда $E_{дл} = 13 \times 300 = 4000$ МПа. Почему авторы прежней редакции СНиП не назвали величину $E = 300R$ длительным модулем упругости — для меня непонятно, но можно предположить, что из-за терминологической некорректности (длительность и упругость не сочетаются в одном показателе) и, возможно, недостаточной точности этой величины. Хотя в то время в строительной механике этот термин присутствовал для оценки линейной ползучести [4, с. 251].

Вторая ошибка авторов заключалась в том, что они не учли влияние величины модуля упругости на алгоритм расчетов на устойчивость. Параметр $E/R = 300$, который с некоторой долей натяжки, учитывая изменчивость свойств древесины, можно назвать постулатом, поскольку он лег в основу теории линейного расчета на устойчивость центрально-сжатых стержней задол-

го до появления строительных норм и правил. Эта методика никогда не вызывала сомнений и осталась в последней редакции норм. Затем этот постулат использовался для методики расчета на устойчивость плоской формы деформирования изгибаемых и сжато-изгибаемых элементов при разработке СНиП II-25-80, которая также осталась без изменений в последней редакции свода правил. Реализация этого постулата позволила приближенно, с запасом прочности, учесть процесс деформирования деревянного элемента под нагрузкой во времени, а отсутствие аварий по причине устойчивости тысяч конструкций, в том числе в неотапливаемых зданиях, где влажность существенно влияет на величину модуля упругости, подтвердило на практике обоснованность данного постулата.

Чтобы не быть голословным, защищая позицию наших учителей, мне пришлось в рамках обучения магистрантов провести длительные испытания в режиме «изгиб» десятка образцов. У всех образцов длительный модуль упругости был меньше 7500 МПа в диапазоне от 5000 до 7000 МПа.

В любом случае, правильная моя версия о длительном модуле или нет, прежде чем вносить в нормы новые предложения по величинам модуля упругости необходимо было провести серьезные экспериментальные исследования деформативности древесины под длительной нагрузкой. Затем по результатам исследований определить единую величину длительного модуля упругости для расчетов на устойчивость и по деформированной схеме, опровергнув величину числового значения постулата. После чего изменить формулу для определения φ_m и других дополнительных коэффициентов, кор-

ректирующих φ_m , используемых для расчетов на устойчивость плоской формы изгиба, изгибаемых и сжато-изгибаемых элементов. Возможно, потребуется изменить коэффициент φ для центрально-сжатых деревянных стержней, если отношение E/R при кратковременных и длительных испытаниях будет значительно отличаться. Таким образом, необходимо полностью пересмотреть все пункты, связанные с расчетами на устойчивость центрально-сжатых, изгибаемых и сжато-изгибаемых деревянных элементов. Вот в этом бы и заключалась актуализация норм. А пока этот вопрос не изучен, следовало бы вернуться к редакции СНиП II-25-80.

Тот же необоснованный подход автоматически применен при нормировании модуля упругости вдоль волокон элементов LVL для расчетов на устойчивость. Материал LVL создан с целью снижения влияния пороков древесины, например сучков, на прочностные характеристики материала вдоль волокон. Но сырье остается прежним, поэтому и его деформационные характеристики должны остаться прежними. Видимо, что логично, авторы и приравнивали модули упругости LVL к исходной породе древесины, перенеся свою ошибку на новый материал.

Еще одно замечание, на котором нельзя не остановиться. В формулу (35) СП 64.13330.2017 расчета на прочность растянуто-изгибаемого элемента внесена замена изгибающего момента от поперечной нагрузки на деформационный момент. Казалось бы, с точки зрения теории продольно-поперечного изгиба, справедливая поправка. Но, во-первых, необходимо было дать формулу, как определяется этот момент, а во-вторых, абсолютно во всех нормативных документах и учебниках, выпущенных с середины

прошлого века и до нынешнего дня, при расчете деревянных элементов в случае данного вида напряженного состояния деформационным изгибающим моментом пренебрегали.

Такое допущение объясняется тем, что по сравнению с расчетом строго по расчетной схеме повышаются расчетные растягивающие напряжения от изгиба, наиболее опасные для древесины с ее пороками. Таким образом, ранее для проектировщиков создавался запас прочности, учитывающий специфику природного материала, который в нынешних нормах попытались аннулировать. Но, видимо, в последний момент в текст данного пункта внесли непонятную фразу, что деформационный момент можно заменить моментом от поперечной нагрузки. Получается, что вернулись к исходной формуле, поскольку любой проектировщик всегда подставит в числитель большее значение момента, каким является момент от поперечной нагрузки. Какой смысл от этой поправки?

В контексте этого замечания, где вопрос ставился об экономии древесины, можно привести противоположный пример, когда предлагаются значительные запасы прочности путем введения понижающих коэффициентов к расчетным сопротивлениям. Речь идет о табл. 13 СП 64.13330.2017, т. е. о значении коэффициентов надежности по сроку службы. Но эти коэффициенты — результат экспериментально-теоретических исследований Ю. М. Иванова [5], в основу которых положены длительные пятилетние испытания малых образцов из цельной древесины, выполненные в конце 1960-х гг. и не получившие дальнейшего развития. Видимо, поэтому авторами норм эти материалы не были включены в СНиП 11-25-80 [6].

Причина этого факта, на мой

взгляд, то, что срок службы сооружения составляет 75–100 лет и более, однако он зависит не только от прочности цельной древесины, но и от клея, соединений, условий эксплуатации, капитального ремонта и т. д. Кроме того, в отличие от образцов расчетные нагрузки не приложены к конструкциям в течение всего времени, а основная нагрузка (снег) лежит максимум 1–1,5 месяца и не в полном расчетном объеме, так как нередко оттепели. А сейчас, надо полагать, пренебрегая мнением основоположников расчета деревянных конструкций, эти коэффициенты вносятся в новую редакцию свода правил, значительно удорожая стоимость деревянных конструкций.

Серьезные претензии можно предъявить по внесению в свод правил 2017 г. пунктов приложений «Л» и «М», а также рис. 24, в которых даны весьма лаконичные рекомендации и предложения по расчету и проектированию деревобетонной балки и линзообразной большепролетной клееной деревянной фермы. Непонятна цель включения этих материалов, которые не вписываются в концепцию свода правил. Представленные здесь рекомендации по проектированию этих конструкций не найдут применения на практике в силу терминологических, технических и редакционных ошибок, недоработок. Чтобы не быть голословным, приведу несколько замечаний.

По деревобетонной балке:

- отсутствует текст по области применения балок, а также рекомендации по гидроизоляции древесины от бетона, если эти балки будут применяться на открытом воздухе (в мостах), либо в неотопляемых помещениях;
- в части расчетных предпосылок возникают вопросы: во многих пунктах речь ведется об упру-

гом расчете и, в то же время, об учете ползучести бетона; почему необходимо учитывать ползучесть бетона и не учитывать ползучесть древесины, которая проявляется на порядок выше, а также зачем при определении коэффициента приведения модуль деформации бетона (а не начальный модуль упругости) приводится к модулю упругости древесины; в нормах отсутствует величина модуля упругости, которую необходимо применять при расчете на прочность изгибаемой конструкции;

- представляется искусственно надуманным двухстадийный расчет. Известно, что при бетонировании монолитных железобетонных горизонтальных конструкций, по ряду технологических причин, ребра опалубки и стойки устанавливаются с большим запасом прочности и деформативности, чтобы не было прогибов и проскальзывания арматуры в начальном процессе твердения бетона. Иной раз предусматривается и строительный подъем. Зачем в этом случае 1-я стадия расчета?

По линзообразной ферме:

- предполагалось, что в новой редакции будет изъят рис. 24 или, как минимум, одна из схем, которая противоречит канонам строительной механики, что недопустимо для свода правил. На приопорных участках фермы, по этой схеме, оси верхнего и нижнего поясов параллельны, т. е. плечо между ними, от точки опорной реакции в сторону пролета, не увеличивается, в отличие от момента внешних сил в соответствии с балочной эпюрой моментов. В такой конструкции приопорная часть — составная балка, и место перехода нижнего элемента балки в нижний пояс фермы крайне опасно, поскольку оно будет растянуто-изгибаемым;
- в этих схемах ферм наиболее напряженным является жесткий

опорный узел. Но ничего не говорится, как конструируется этот узел и определяется момент внутренних сил для восприятия изгибающего момента;

- в пояснении к формуле (88) ничего не сказано о расчетной длине площадки смятия между поясами, хотя там явно прослеживается неравномерность передачи давления по длине достаточно протяженного узла.

При отсутствии ответов на эти и другие замечания ни один проектировщик не возьмется проектировать ни балку, ни ферму, имея для работы лишь данные рекомендации.

Вывод

Если посмотреть динамику развития расчетных положений в нормах проектирования деревянных конструкций от первой редакции СНиП II-V.4-62 до третьей редакции СНиП II-25-80, — это достаточно консервативные положения, в которых дозированно и обоснованно вводились новые положения, основанные на серьезных исследованиях. Возможно, с точки зрения сегодняшнего дня, отдельные положения и спорные, но это понимали и наши предшественники. Поэтому вопросы решались таким образом, чтобы обеспечить надежность конструкций. Одновременно второстепенные вопросы не вносились в нормы, чтобы не размывался основной смысл. Попытка актуализации СНиП II-25-80 в 2011 г. в части корректировки расчетных положений, о которых говорится в статье, была обречена на неудачу, что неудивительно. За последние 20 лет научно-исследовательские работы, связанные с расчетами деревянных конструкций, имеющие практическую направленность и достойные включения в нормы, не велись. Не было и изучения наследия основоположников деревянных конструкций, которые всегда сопровождают на-

учно-исследовательские работы. Из-за этого и ошибки в новой редакции норм, не все из которых нашли отражение в этой статье. То же можно сказать и о периоде с 2011 по 2017 гг. Новая редакция СП 64.13330.2017 этих же авторов, естественно, не исправила положения и свелась к редактированию (к сожалению, не очень качественному) отдельных пунктов СП.64.13330.2011.

Более того, попытку «осовременить» формулу (35) в последней редакции следует признать совершенно неудачной. Представляется, что после еще одной та-

кой «актуализации» наследие наших учителей в части расчетных положений может быть окончательно утеряно, а будущее поколение не сможет определить, откуда появилась та или иная норма. Видимо, необходимо, в части расчетных положений, вернуться к редакции СНиП II-25-80, в которую из последней редакции следует включить материалы по вклеенным стержням, практически единственный раздел, достойный включения в современную редакцию норм.

Что касается «новаций» в виде внесения в свод правил кратких

рекомендаций по проектированию и расчету перспективных конструкций, следует считать этот опыт неудачным, поскольку имеются серьезные ошибки и недоработки, которые необходимо исправлять.

Форма подачи такого материала, естественно в доработанном виде, должна быть иной. Можно подобные рекомендации реализовывать в рамках специальных технических условий для конкретных объектов в виде пособий к нормам или в виде отдельных рекомендаций, но только не в своде правил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арленинов Д. К. О расчете деревянных конструкций по деформируемой схеме // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 1. С. 43–46.
2. Конструкции из дерева и пластмасс. Изд. 4-е / под ред. Г. Г. Карлсена. М. : Стройиздат, 1975. 680 с.
3. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80). М. : Стройиздат, 1985. 214 с.
4. Ржаницын А. Р. Строительная механика. М. : Высшая школа, 1982. 398 с.
5. Иванов Ю. М. К методике определения деформаций деревянных конструкций в покрытиях зданий // Известия вузов. Строительство. 1990. № 6. С. 107–109.
6. Конструкции из дерева и пластмасс. Изд. 5-е / под ред. Г. Г. Карлсена, Ю. В. Слишкоухова. М. : Стройиздат, 1986. 542 с.

REFERENCES

1. Arleninov D. About calculation of wooden structures according to deformed scheme. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2016, no. 1, pp. 43–46. (In Russian).
2. *Konstruktsii iz dereva i plastmass* [Construction of wood and plastics]. Izd. 4-e. The edition by G. G. Carl-sen. Moscow, Stroyizdat Publ., 1975. 680 p. (In Russian).
3. *Posobie po proektirovaniyu derevyannykh konstruktsiy (k SNiP II-25-80)* [A manual for design of wood structures (SNiP 11-25-80)]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1985. 214 p. (In Russian).
4. Rzhanitsyn A. R. *Stroitel'naya mekhanika* [Structural mechanics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1982. 398 p. (In Russian).
5. Ivanov Y. M. The method of determining the deformation of wooden structures in coatings of buildings. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*, 1990, no. 6, pp. 107–109. (In Russian).
6. *Konstruktsii iz dereva i plastmass* [Construction of wood and plastics]. Izd. 5-e. The edition by G. G. Karl-sena, Yu. V. Slitskoukhova. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986. 542 p. (In Russian).

Для цитирования: Арленинов Д. К. Об актуализации норм проектирования деревянных конструкций (в порядке обсуждения) // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 1. С. 32–37.

For citation: Arleninov D. K. On Updating Design Standards of Wooden Structures (in order of discussion). *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2018, no. 1, pp. 32–37. ■

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

С ПОЛНЫМИ ТЕКСТАМИ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ

«ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО» в 2005–2016 гг.,

МОЖНО ОЗНАКОМИТЬСЯ НА САЙТЕ ЖУРНАЛА: **PGS1923.RU** В РАЗДЕЛЕ «АРХИВ».