

ULASEVICH V.P., ZHDANOV D.A. A Deformation-Based Analysis of of Self-Supported Arch-Shaped Roof Structures Made from Thin-Walled Cold-Formed Steel Sections

The feasibility of a deformation-based analysis method for the design of shallow arch-shaped self-supporting roof structures made from thin-walled cold-formed steel sections has been shown, with a deformation model of shallow flexible arches being at the heart of the method.

Procedures for creating both a deformation-based static analysis- and resistance analysis model, as the two major constituents of the deformation-based analysis models, for the design of shallow arch-shaped roof structures made from cold-formed steel sections with the required level of reliability have been described.

УДК 624.046.5

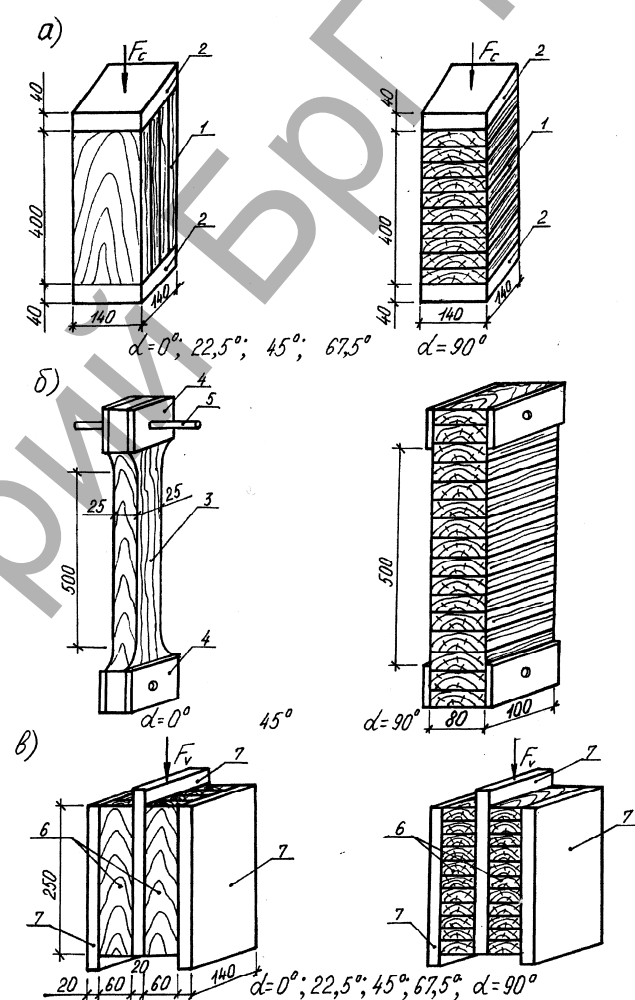
Шевчук В.Л., Захаркевич И.Ф.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЛЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Деревянные ребра каркаса в составе конструкции, в зависимости от ее назначения, работают на продольное сжатие либо поперечный изгиб. Упругие и реологические характеристики при таких видах напряженного состояния детально изучены в работах ряда авторов [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Ими, однако, исследования реологических свойств древесины осуществлялись, как правило, на малых стандартных образцах. В то же время известно, что на указанные свойства существенное влияние могут оказывать естественные пороки древесины (сучки, косослой и др.). В связи с этим более достоверные данные о деформационных свойствах древесины при длительных воздействиях могут быть получены при испытаниях образцов, размеры которых сопоставимы с размерами строительных элементов. Это обстоятельство побудило выполнить экспериментальные исследования крупномасштабных образцов древесины, в том числе и клееной, которая может быть использована в качестве ребер панелей и плит [7]. В последнем случае ребра, кроме поперечного изгиба и сжатия, могут воспринимать значительные касательные напряжения, что предопределяет их работу в условиях плоского напряженного состояния. В связи с этим необходимо знать деформационные характеристики не только вдоль волокон, а и под другим направлением относительно главных осей анизотропии.

В лаборатории БрГТУ были испытаны крупномасштабные образцы, вырезанные из пакетов сосновых досок толщиной 45 мм и влажностью $10 \pm 1\%$, которые запрессовывались на клею ФР-12. В зависимости от вида напряженного состояния и способа нагружения образцы подразделялись на три серии. Серия I (рис. 1) включала призмы 1 высотой 400 мм, сечением 140x140 мм и состояла из пяти групп (по 3 шт. в каждой), отличавшихся величиной угла наклона волокон древесины относительно линии действия сжимающего усилия F_c ($\alpha = 0^\circ; 22,5^\circ; 45^\circ; 67,5^\circ; 90^\circ$). Центрирование последнего осуществлялось с помощью приторцованных распределительных стальных пластин 2 толщиной 40 мм. Образцы серии II лопаточного типа 3 испытывались на центральное растяжение при углах наклона волокон к силовой оси $\alpha = 0^\circ; 45^\circ; 90^\circ$. При этом размеры сечений в пределах рабочей длины $l_p = 500$ мм принимались в зависимости от величины угла α и изменялись от 25x25 мм при $\alpha = 0^\circ$ до 100x80 мм при $\alpha = 90^\circ$. Хвостовые участки образцов усиливались приклеенными на эпоксидно-цементном компаунде стальными пластинами 4, в отверстиях которых размещались центрирующие штифты 5 для крепления образцов в загрузочном устройстве.

Образцы серии III испытывались на скалывание и представляли собой деревянные пластины 6 длиной $l_p = 250$ мм и сечением 60x140 мм, приклеенные на эпоксидно-цементном компаунде к стальным плитам 7 толщиной 20 мм (рис. 1). Образцы состояли из пяти групп (по 3 шт. в каждой) с такими же, как и для серии I, углами наклона волокон древесины в плоскости скалывания $l_p - h$ по отношению к линии действия сдвигающего усилия F_v .



а) серия I – сжатие; б) серия II – растяжение; в) серия III – скалывание: 1 – образец, работающий на сжатие; 2 – стальная пластина; 3 – образец, работающий на растяжение; 4 – стальная пластина; 5 – центрирующий штифт; 6 – образец, работающий на скалывание; 7 – стальная пластина.

Рис. 1. Испытания крупномасштабных образцов из клееной древесины

Каждая серия и группа содержали по одному незагруженному контрольному образцу, с помощью которого регистрировались деформации, вызванные температурно-влажностными перепадами в лаборатории, где влажность воздуха колебалась в пределах $63 \pm 8\%$,

Захаркевич Иван Филиппович, к.т.н., доцент кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Шевчук Валерий Леонидович, к.т.н., доцент кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

а температура $18 \pm 4^\circ\text{C}$. Хотя массивность сечений образцов и предопределяла их пониженную чувствительность к колебаниям режима, существенно влияющего лишь на термовлажностное состояние поверхностных слоев, все открытые поверхности древесины рабочих и контрольных образцов были влагоизолированы слоем эпоксидной мастики толщиной 0,5 мм.

Загружение образцов серии I и III осуществлялось в пружинных установках, а серии II – балластом. Величина постоянной во времени испытательной нагрузки F принималась такой, чтобы нормальные напряжения $\sigma_d = F/b \cdot h$ для образцов I и II серий и скалывающие $\tau_d = F_v/2l_p \cdot h$ для серий III не превышали соответствующих значений расчетных сопротивлений древесины первого сорта по ТКП 45-5.05-146-2009. В процессе испытаний, продолжительность которых ограничивалась временем затухания деформаций ползучести, полные деформации измерялись стационарно установленными на образцах с базой l_p индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 мм. В образцах серий I и II регистрировались продольные и поперечные деформации, а в образцах III серии – вертикальные перемещения u средних стальных плит относительно крайних, по которым определялись сдвиговые деформации $\gamma = u/b$.

На основании упруго-мгновенных деформаций в начальный момент загрузки определялись упругие характеристики, которые для главных осей анизотропии древесины в среднем оказались равными: $E_0^+ = 12200$ МПа; $E_0^- = 11860$ МПа; $E_{90}^+ = 506$ МПа; $E_{90}^- = 523$ МПа; $\mu_{90,0} = 0,55$; $\mu_{0,90} = 0,03$; $E_{0,v} = 681$ МПа; $E_{90,v} = 280$ МПа. Следует отметить, что независимо от величины угла α и вида напряженного состояния все полученные экспериментальные зависимости $\varphi(t)$ хорошо аппроксимируются единым выражением $\varphi(t) = \varphi_0 [1 - \exp(-\gamma t)]$, где γ – коэффициент формы кривой ползучести, изменяющийся в пределах $0,045 \div 0,055$; φ_0 – предельная характеристика ползучести.

Полученные данные показали, что максимальная скорость деформаций ползучести клееной древесины наблюдается в первый месяц и стремится к нулю к концу третьего месяца испытаний. Установлено также, что значения $\varphi(t)$, равно как и упругих постоянных, мало зависят от знака напряжений. Как известно, степень анизотропии упругости древесины характеризуются величиной отношений E_0/E_{90} , $E_{0,v}/E_{90,v}$ и $E_0/E_{0,v}$ [8]. Если для упругих характеристик эти отношения оказались соответственно равными 24; 2,5 и 17, то для длительных модулей, вычисленных на основании известного выражения $E_{ан.} = E/(1 + \varphi_0)$, они составили 38; 3,1 и 19. Это свидетельствует о том, что анизотропия ползучести древесины выражена более ярко, чем анизотропия упругих свойств. Существенно, что в обоих случаях

зависимость модулей от величины угла α аппроксимируется одинаковыми тензорными соотношениями, приведенными в работе [8]. Что же касается коэффициента Пуассона, то согласно экспериментальным данным величина $\mu_{90,0}(t)$ с течением времени остается практически неизменной, а $\mu_{0,90}(t)$ снижается примерно в 1,5÷2 раза. При этом реологические деформационные характеристики подчиняются для углов α , отличных от 0° и 90° , известным соотношением податливости линейно вязкоупругих ортотропных тел [9].

Полученные данные отражают деформационные свойства клееной древесины, влажность которой согласно ТКП 45-5.05-146-2009 соответствует стандартной (12 %). При определении характеристик ползучести для других значений равновесной влажности, которая в процессе эксплуатации может изменяться по произвольным законам, рекомендуется пользоваться данными работы [10].

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов, А.М. Ползучесть древесины: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1960. – 38 с.
2. Иванов, Ю.М. Снижение прочности древесины при циклическом изменении стесненных влажностных деформаций / Ю.М. Иванов, Ю.Ю. Славик, А.К. Цветков – Изв. вузов // Лесной журнал. – 1989. – № 5. – С. 85–89.
3. Иванов, Ю.М. Длительная прочность древесины при растяжении поперек волокон / Ю.М. Иванов, Ю.Ю. Славик – Изв. вузов // Строительство и архитектура. – 1986. – № 10. – С. 22–25.
4. Ржаницын, А.Р. Теоретические предпосылки к построению методов расчета деревянных конструкций во времени. // Исследования прочности и деформативности древесины. – М.: Госстройиздат, 1965. – С. 21–31.
5. Ржаницын, А.Р. Теория ползучести. – М.: Стройиздат, 1968. – 418 с.
6. Ржаницын, А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. – М.: Стройиздат, 1978. – 240 с.
7. Линьков, И.М. Исследование прочности и деформативности плит покрытий с деревянным каркасом // Экспресс-информация. Серия II. Строительные конструкции. – Вып. 9. – М., 1983. – С. 17–21.
8. Ашкенази, Е.К. Анизотропия конструкционных материалов: справочник / Е.К. Ашкенази, Э.В. Ганов – Л.: Машиностроение, 1980. – 190 с.
9. Фудзин, Т. Механика разрушения композиционных материалов / Т. Фудзин, М. Дзако – М.: Мир, 1982. – 271 с.
10. Орлович, Р.Б. О сопротивлении осевому сжатию деревянных стержней, эксплуатируемых в условиях изменчивого температурно-влажностного режима / Р.Б. Орлович, А.С. Левчук – Изв. вузов // Строительство и архитектура. – 1985. – № 9. – С. 17–22

Материал поступил в редакцию 13.01.14

SHEVCHUK V.L., ZHARKEVICH I.F. Pilot studies of rheological properties of glued wood

The technique of tests of glued wooden samples on long compression, stretching and a skalyvaniye is stated at various orientation of fibers. The analysis of experimental data and the main regularities of deformation of wood taking into account anisotropy of elastic and rheological properties is made. Results are recommended for use in calculations of a difficult tension of wooden designs at an assessment of their long durability.

УДК 624.012

Желткович А.Е., Давыдюк А.И.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ В БЕТОНЕ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ НА ОСНОВАНИИ В УСЛОВИЯХ ВЫНУЖДЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ УСАДКИ ПОЛУЧЕННЫХ ПО РАЗЛИЧНЫМ РАСЧЕТНЫМ МОДЕЛЯМ

Введение. Известно, что бетон является упругопластическим материалом, в особенности это свойство проявляется, когда бетон находится на начальной стадии формирования структуры, а огра-

ничивающая связь, сдерживающая перемещения, достаточно большая. Если деформации бетона развиваются быстро, при достаточно большой жесткости связи, упругий расчёт напряжений будет давать

Желткович Андрей Евгеньевич, к.т.н., доцент кафедры сопротивления материалов и теоретической механики Брестского государственного технического университета.

Давыдюк А.И., магистрант технических наук Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.