

УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ НАХОЖДЕНИЯ УСЛОВНОГО ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ CLT ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО ПЛОСКОСТИ ПЛИТЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ СКОРОСТЯМИ НАГРУЖЕНИЯ

Г.Г. Розе, студент

А.А. Храцева, студент

Научный руководитель: А.Г. Черных, д-р техн. наук, профессор

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия, г. Санкт-Петербург)

DOI:10.24412/2500-1000-2024-11-3-208-214

Работа выполнена в рамках темы НИР №52С24 при финансовой поддержке гранта СПбГАСУ

Аннотация. В текущих нормах единственная методика, которая позволяет определить условный предел прочности при сжатии перекрестноклееной древесины описана в ГОСТ Р 59784-2022, однако она не применима для испытаний с различными скоростями нагружения образцов. Было предложено изменить алгоритм нахождения напряжения, относительно которой строится линия, проходящая через область линейных деформаций. Также предоставлена критика применения данного метода при построении диаграммы «нагрузка – деформация» относительно деформаций, определенных путем считывания положения траверсы прессы. Было предложено решение данной проблемы.

Ключевые слова: перекрестноклееная древесина, предел прочности, CLT-плита, нагружение, метод, уточнение методики, сжатие CLT перпендикулярно плоскости плиты.

На сегодняшний день перекрестноклееная древесина (ДПК/CLT) как строительный материал набирает популярность во всем мире. Этот материал легок относительно классического бетона или кирпича. Конструкции, выполненные из него, обладают высокими теплозвукоизоляционными свойствами. Здания, выполненные с использованием ДПК сейсмостойчивы, а также отличаются простотой монтажа сборных конструкций. Однако сейчас в России недостаточно нормативных данных, для его использования в

В работах [1-5], выполненных российскими учеными рассматриваются в основном методики определения расчетных характеристик сечений несущей способности строительных конструкций при статических и динамических воздействиях. Актуальным вопросом в повышении эксплуатационной надежности является определение длительной прочности в ме-

стах опирания при соединении перекрытий и несущих конструкций при действии нагрузки поперек волокон перпендикулярно ДПК.

В отечественных нормативных документах представлена методика определения условного предела прочности при сжатии образцов ДПК поперек волокон [6]. Цель данной работы – уточнить эту методику для последующего использования ее для нахождения условного предела прочности при сжатии CLT перпендикулярно плоскости плиты при различных скоростях нагружения.

Условный предел прочности для перекрестноклееной древесины при сжатии перпендикулярно плоскости плиты по [6] предлагается определять графическим способом. На рисунке 1 представлена диаграмма деформирования образца «нагрузка – деформация» при его сжатии, приведённый в [6] для данного вида нагружения.

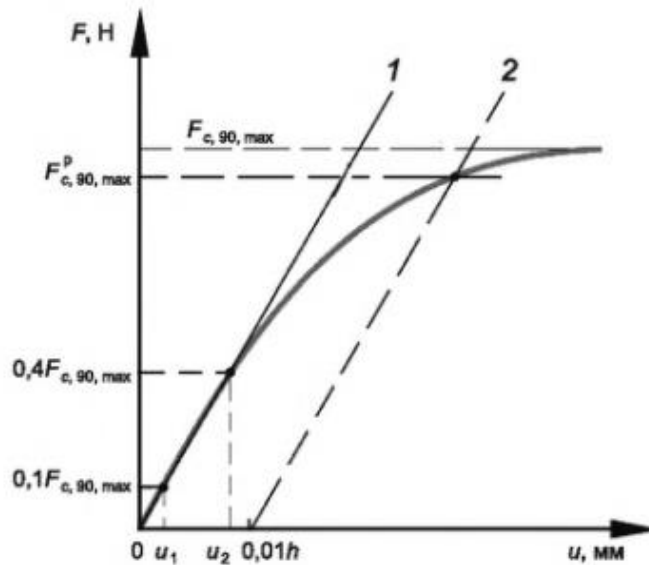


Рис. 1. Диаграмма деформирования образца «нагрузка – деформация» при сжатии

Для нахождения разрушающей нагрузки сперва находится точка F_{max} . Эта точка соответствует напряжению, которое было достигнуто в ходе испытания через (300 ± 120) с. При этом скорость движения траверсы пресса определяется по предварительным испытаниям.

В последствие определяются доли $0,4F_{max}$ и $0,1F_{max}$, значения которых откладываются на графике деформирования образца. Через полученные две точки проводится прямая 1 (см. рисунок 1), которая теоретически совпа-

дает с зоной упругих деформаций сжимаемого образца.

Параллельно прямой 1, откладывается прямая 2 (см. рисунок 1), через точку, которая совпадает с местом, где относительная деформация образца достигает 1%. Ордината точки пересечения диаграммы деформирования образца с прямой 2 является искомым значением разрушающей нагрузки F_{max}^p .

Для найденного значения F_{max}^p должно выполняться условие:

$$\frac{F_{max} - F_{max}^p}{F_{max}} \cdot 100\% \leq 5\%, \quad (1)$$

в ином случае расчет повторяется.

Условный предел прочности при сжатии перпендикулярно плоскости плиты определяется по формуле:

$$R_{сж} = \frac{F_{max}^p}{b \cdot l}, \quad (2)$$

где b и l – ширина и длина поперечного сечения испытанного образца соответственно.

Метод

Экспериментальное исследование для определения прочностных характеристик при сжатии перпендикулярно плоскости плиты CLT для различных скоростей перемещения траверсы пресса, было подготовлено основываясь на методике, представленной в [6]. Однако, если в источнике оно представлено в

виде односерийного испытания с одной постоянной скоростью нагружения, в нашем случае было необходимо разработать подобную методику, но уже с применением различных скоростей нагружения образцов

Испытания предложено проводить в 4 серии, каждая из которой отличается скоростью нагружения образцов. Скорость w для i -ой серий испытаний определялись из условия [7]:

$$\left. \begin{array}{l} w_1 \gg w_0 \\ w_2 \ll w_0 \\ w_3 \ll w_0 \\ w_2 > w_3 \end{array} \right\} \quad (3)$$

где w_0 – скорость, соответствующая стандартным машинным испытаниям, принятая равной 10 мм/мин, w_1 , w_2 , w_3 – скорости нагружения, отличающиеся от стандартной, равные 100 мм/мин, 1 мм/мин, 0,1 мм/мин соответственно.

Образцы были изготовлены согласно размерной схеме, представленной на рисунке 2. Всего было изготовлено 40 образцов, по 10 штук на одну серию испытаний. Размеры были определены исходя из размеров ламелей плиты, из которой эти образцы были вырезаны.

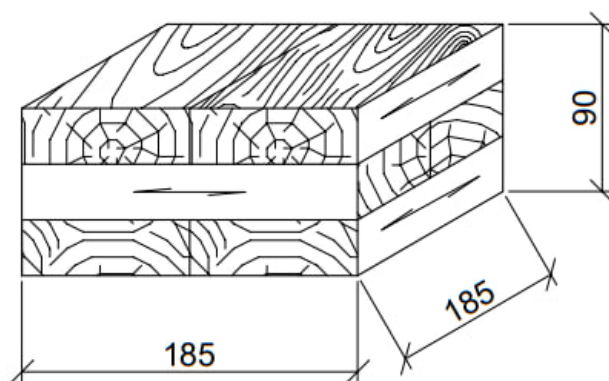


Рис. 2. Размерная схема испытываемых образцов

Экспериментальные исследования механических свойств проводились в механической лаборатории СПбГАСУ в испытательной машине с серво-гидравлической системой Magnit UT-04-01. За деформации принимается перемещение траверсы пресса, которое фиксируется автоматически испытательной машиной в ходе проведения работы. На компьютере во время испытания строится график зависимости деформации образца от достигнутого напряжения. Типичная зависимость при

проведении опыта показана на рисунке 3. Опыт проходит до момента разрушения образца, однако, так как образцы испытываются на сжатие перпендикулярно плоскости плиты, момент разрушения наступает значительно раньше, чем происходят сильные визуальные деформации, они уплотняются. За разрушение принимался момент, когда деформации на графике деформирования продолжают расти без значительного приложения к образцу большей по величине нагрузки.

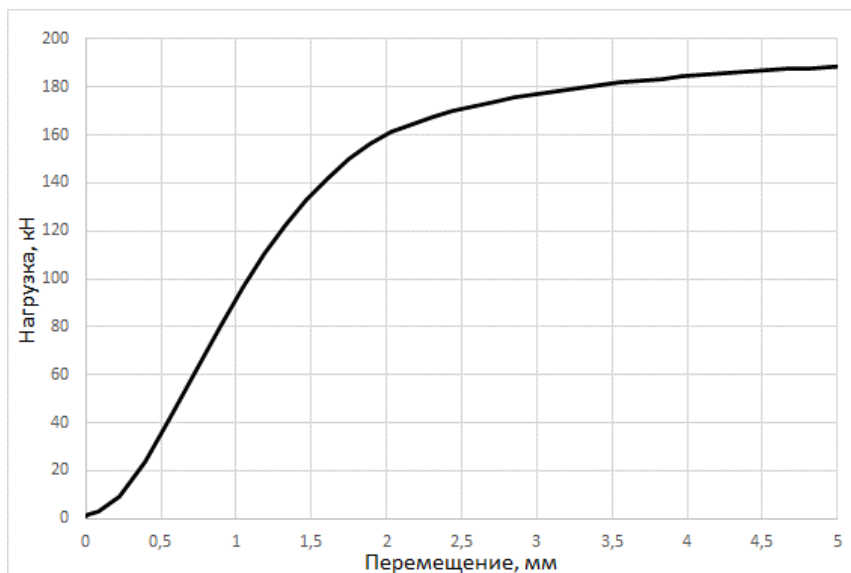


Рис. 3. Диаграмма «нагрузка-деформация сжатия» образца, полученная во время проведения испытания на сжатие CLT при скорости нагружения 100 мм/мин

При обработке данных, полученных в ходе опытов, значения условного предела прочности было предложено определялась графоаналитическим методом.

Отличие от метода, представленного в [6] и описанного выше, заключается в способе нахождения точки F_{max} . Если в нормативных документах предлагается брать за это значение, значение усилия, достигнутого через

определенный промежуток времени испытания, а именно (300 ± 120) с. В данном случае такой метод не применим. Испытания происходили с различными скоростями нагружения образцов. Соответственно время проводимых испытаний сильно разнилось от скорости этого нагружения. В таблице 1 приведены среднее время проводимых испытаний от скорости этих испытаний.

Таблица 1. Среднее время разрушения образца в зависимости от скорости его нагружения

	Скорость нагружения мм/мин			
	100	10	1	0,1
t, c	1,62	16,133	159	1496

Было предложено использовать иной подход к определению этого значения. Предлагается за F_{max} принять усилие, которое было достигнуто в ходе испытания образца при $\varepsilon = 3\% \pm 0,5\%$. Такой метод позволяет унифицировать нахождение данной точки для всех испытаний, проводимых с различными скоростями нагружения.

В дальнейшем разрушающая нагрузка образца находится без изменений. При этом, для полученного значения разрушающей нагрузке должно выполняться условие (1). В ином слу-

чае принимается другое значение F_{max} , которое должно принадлежать промежутку выше.

Учитывая предварительно измеренные габаритные размеры образцов b и l , определяется условный предел прочности по формуле (2).

Результаты и обсуждение

Для демонстрации применения графоаналитического подхода проведена аппроксимация результатов для одного испытания CLT при скорости 100 мм/мин при сжатии перпендикулярно плоскости плиты (рис. 4).

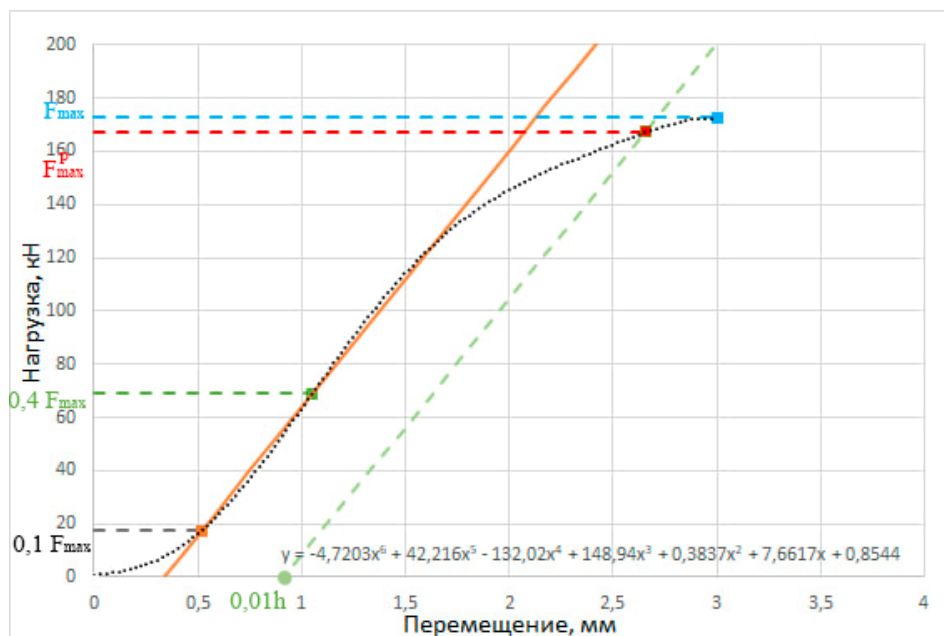


Рис. 4. Диаграмма для определения условного предела прочности при сжатии CLT перпендикулярно плоскости плиты при скорости 100 мм/мин

При испытании 40 образцов при четырех различных скоростях приложения нагрузки, и после обработки данных по представленной

выше методике, были получены средние значения, представленные в таблице 2.

Таблица 2. Средние значения условного предела прочности CLT при сжатии перпендикулярно плоскости плиты

	Скорость нагружения w_i мм/мин			
	100	10	1	0,1
$R_{Сж}$	4,866	4,327	4,168	3,834

Данные значения условного предела прочности для различных скоростей нагружения можно использовать в дальнейших расчетах, включая определение временной зависимости длительной прочности

В ходе анализа экспериментальных данных, была выявлена проблема с использованием значений деформаций, полученных по перемещению траверсы пресса. Возникла ситуация, когда, во время начала эксперимента, при малом приложении нагрузки сильно возрастали деформации образца (рис. 4). Геометрически на этом участке диаграмма должна быть линейной (рис. 1).

При проведении линии через две точки $0,1F_{max}$ и $0,4F_{max}$, она имела отклонение от теоретической линейной зависимости на графике, что, вероятно, может создавать погрешность в определении условного предела прочности при сжатии.

На рисунке 5 приведен пример такой ситуации. Линия 2 проведена графически к участку, где диаграмма деформирования образца имеет линейный характер. Линия 1 построена по методике, представленной выше. Отклонение этих линий наглядно показано на рисунке 5.

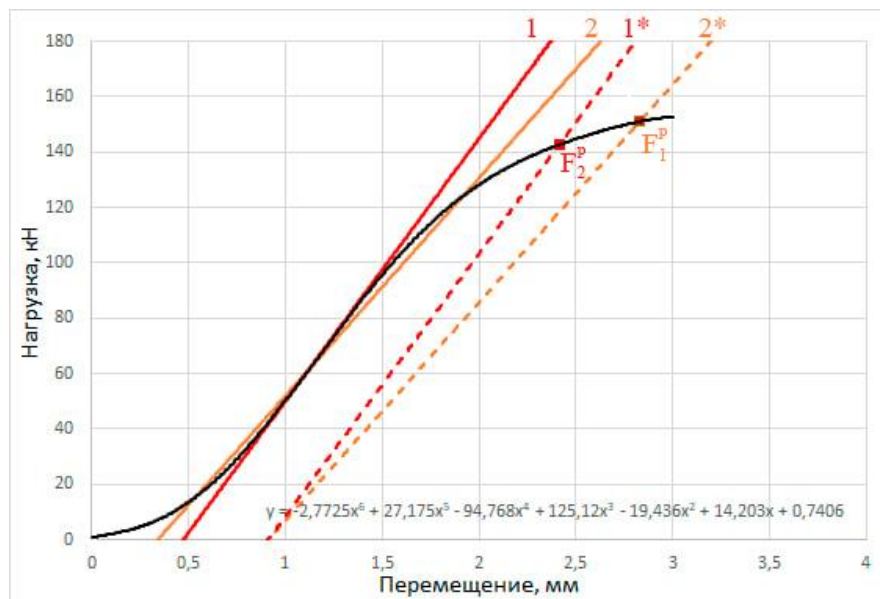


Рис. 5. Сравнение результатов, полученных через разные методики

Пунктиром отмечены линии, построенные согласно методике через точку с $\varepsilon = 1\%$ для последующего определения разрушающей нагрузки. Значение разрушающей нагрузки, полученное по представленной методике $F_1^p = 151,1$ кН. Значение, полученное пересечением красной прямой с графиком $F_2^p = 142,8$ кН. Разность между полученными значениями разрушающей нагрузки, составляет 5,81%, что может вносить большую погрешность, в полученные результаты.

Чтобы избежать подобной ситуации, следует изменить подход к определению линии, совпадающей с линейной зависимостью на графике, например проводить касательную графически или изменить коэффициент 0,1 на

большее значение, например, изменить его на 0,3, и, или, определять деформации в ходе эксперимента с помощью иных инструментов.

Вывод

Уточненная методика по определению условного предела прочности при сжатии CLT перпендикулярно плоскости плиты может использоваться для определения значений, полученных при испытаниях с различными скоростями нагружения образцов. При этом, необходимо изменить подход к определению линии, которая должна совпадать с теоретической линейной зависимостью на диаграмме «нагрузка – деформация», это позволит существенно уменьшить погрешность определяемой величины.

Библиографический список

1. Рогожина А.В. Расчет деформативности CLT-панели перекрытия // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 6.
2. Мамедов Ш.М., Шабикова Е.Г., Нижегородцев Д.В., Казакевич Т.Н. Методика расчета панелей из перекрестно-клееной древесины // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 5(82). – С. 66-71.
3. Чебыкин А.А., Фрицлер Ю.А., Кудрявцев С.В. Определение расчетных характеристик сечений древесных клееных плит из перекрестных досок // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2017. – № 2. – С. 83-85.
4. Gotsadze A.G., Vasin E.E., Shabikova E.G. Calculation algorithm of the building of CLT for the Russian Federation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 775.
5. Змеев М.В. Определение толщины перекрытия из перекрестно-клееных досок на примере CLT-плит Binderholz (Austria) из условия жесткости // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 11.

6. ГОСТ Р 59784-2022 «Плиты из перекрестноклееной древесины. Методы определения прочностных и упругих характеристик».

7. Отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе «Исследование долговечности бруса клееного многослойного из шпона (далее – LVL – laminated veneer lumber) и обоснование сроков службы для строительных LVL-конструкций» // Рег. № НИОКТР: 123051700023-2. СПбГАСУ, 2023. – 329 с.

REFINEMENT OF THE METHODOLOGY FOR FINDING THE CONDITIONAL COMPRESSIVE STRENGTH CLT PERPENDICULAR TO THE SLAB PLANE FOR TESTS WITH DIFFERENT LOADING RATES

G.G. Roze, *Student*

A.A. Khraceva, *Student*

Supervisor: *A.G. Chernykh, Doctor of Technical Sciences, Professor*

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

(Russia, St. Petersburg)

Abstract. *In the current standards, the only methodology that allows to determine the conditional compressive strength of cross laminated timber is described in GOST R 59784-2022, but it is not applicable to tests with different loading rates of specimens. It was proposed to change the algorithm for finding the stress, relative to which the line passing through the region of linear deformations is drawn. The application of this method in plotting the load-strain diagram relative to the strains determined by reading the position of the press beam was also criticized. A solution to this problem has been proposed.*

Keywords: *Cross-laminated wood, ultimate strength, CLT board, loading, method refinement, CLT compression perpendicular to the board plane.*