

**ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ
НА ВЫДЕРГИВАНИЕ СТАЛЬНЫХ ПЛАСТИН,
ВКЛЕЕННЫХ В ДРЕВЕСИНУ**

**NUMERICAL ANALYSIS OF WORKING ON PULLING
GLUED STEEL PLATES IN WOOD**

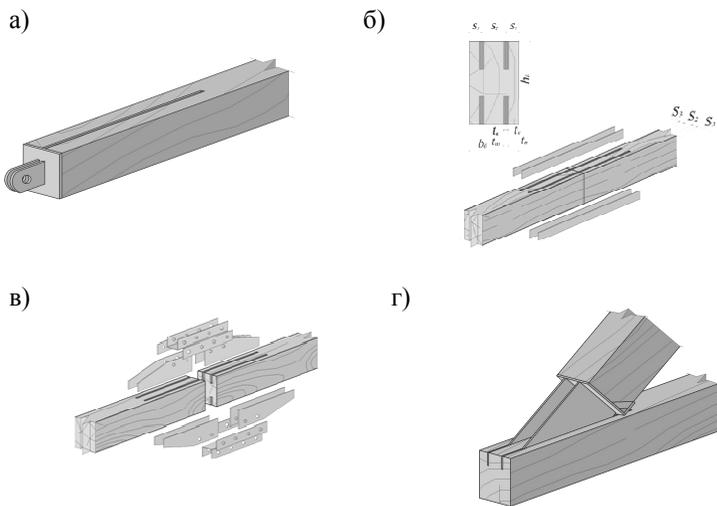
д.т.н., профессор Жаданов В.И., к.т.н. Руднев И.В., к.т.н. Рожков А.В., бакалавр Соболев М.М. (Оренбургский государственный университет, Россия - Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия)

doctor of technical sciences, professor Zhadanov V.I., candidate of technical sciences Rudnev I.V., , candidate of technical sciences Rozhkov A.V., bachelor Sobolev M.M. (Orenburg State University, Russia - Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia)

Аннотация

В статье освещаются вопросы определения НДС соединения стальных пластин при их выдергивании из древесины численными методами. Определена область применения узлов на стальных клеенных пластинах и представлены их конструктивные решения. Приведены численные модели соединений, созданные в современных программных комплексах Проанализированы результаты вычислений и дано их сравнение с результатами экспериментальных данных.

На кафедре строительных конструкций Оренбургского государственного университета ведутся работы конструированию, усовершенствованию и внедрению в строительную практику узлов деревянных конструкций на стальных, клеенных в древесину пластинах [1, 2]. Соединение образуется путем клеивания в предварительно выбранные в древесине пазы стальных пластин с предварительно подготовленной поверхностью. В качестве клеевой композиции используются клеи на основе эпоксидной смолы ЭД-20. Несущая способность некоторых вариантов соединений такого типа, в частности, растянутых стыков и опорного узла ферм, затяжки арок, узлов структурных покрытий, обеспечивается работой на выдергивание пластин из массива древесины (см. рисунок 1).



а - односторонний растянутый стык; б – неразъемный растянутый стык;
в – разъемный растянутый стык; г – опорный узел фермы

Рисунок 5.2 – Варианты конструктивного решения узлов с применением стальных клеенных пластин

Для определения напряженно-деформированного состояния, возникающего в соединении при выдергивании пластин, в программных комплексах APM WinMachine (Россия) и ANSYS (США) были созданы конечно-элементные модели экспериментальных образцов с геометрическими размерами, приведенными на рисунке 2.

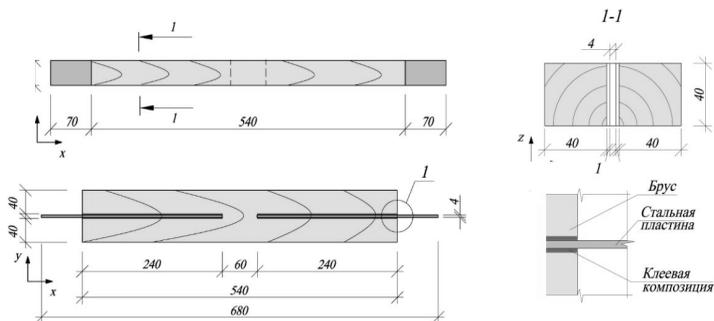


Рисунок 2. Геометрические размеры моделируемого образца

В ПК ANSYS модель создана с использованием конечного элемента типа SOLID-185, который ориентирован на трехмерное твердотельное моделирование конструкций, образован восемью узлами с тремя степенями свободы каждый. SOLID-185 обладает 3 типами геометрии: гексаэдр, призма и тетраэдр. В данной модели использовались тетраэдры, что видно из конечно-элементной модели, представленной на рисунке №3а.

В APM WinMachine для создания модели использовался модуль APM Structure3D, предназначенный для анализа и расчета напряженно-деформированного состояния трехмерных конструкций. В модели применялись восьмиузловые объемные элементы [4]. Генерация модели осуществлялась через создание сечения соединения, а затем выталкивания в длину и применения симметрии к модели. Конечно-элементная модель показана на рисунке 3б.

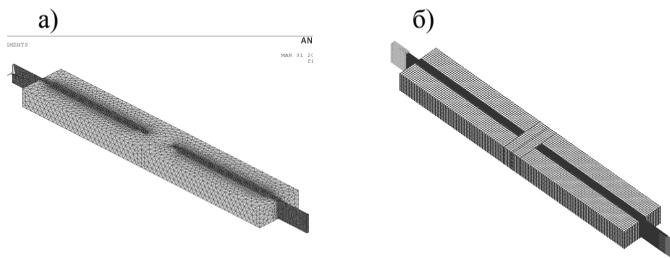


Рисунок 3. Конечно-элементные модели, созданные в ПК ANSYS (а) и APM WinMachine (б)

В программные комплексы вводились следующие значения физико-механических характеристик: для полосы - стали Ст3пс; для древесины – сосны 2-го сорта; для клея - клеевой композиции на основе эпоксидной смолы ЭД-20. В качестве нагрузки принята среднестатистическая разрушающая нагрузка в 20 кН, полученная при испытании серии натуральных образцов на испытательной машине ИР-5047. Следует отметить, что большая часть образцов разрушилась от скалывания древесины вдоль волокна у контактной поверхности клея с древесиной. Другая часть образцов разрушилась отрывом по контакту клея с металлом.

В качестве основных результатов расчета на рисунках 4, 5 приведены сравнительные карты разрушающих напряжений – касательных в древесине, вызывающих ее скалывание вдоль волокна, и напряжений, отрывающих клеевую композицию от металла, - полу-

ченные в двух программных комплексах. Расхождение максимальных напряжений, подсчитанных в различных программных комплексах составило не более 1,5% при одинаковом характере их распределения по длине и сечению.

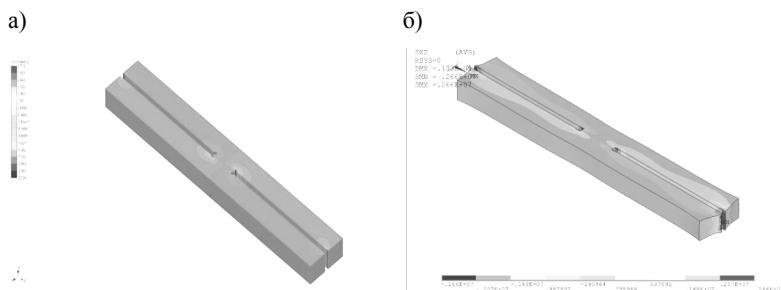


Рисунок 4. Карта касательных напряжений в бруске, полученная в ПК APMCivilEngineering (а) и ANSYS (б)

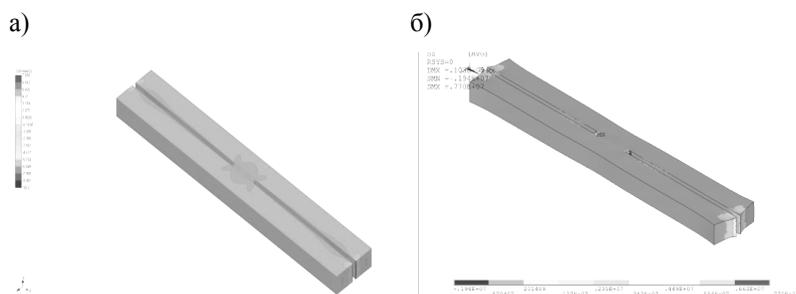


Рисунок 5. Карта нормальных отрывающих напряжений, полученная в ПК APMCivilEngineering (а) и ANSYS (б)

Этот факт свидетельствует об адекватности численных моделей и проведенных расчетов. Кроме этого, уровень разрушающих напряжений, полученный при конечно-элементном моделировании момента разрушения натуральных образцов коррелируются с результатами натуральных экспериментов. Ниже, в таблице 1 приведено сравнение параметров НДС для натурального и модельного экспериментов.

Расхождение параметров обусловлено, в том числе, особенностями компьютерных моделей, узловые соединения конечных элементов которого приняты жесткими, что, с одной стороны, не совсем соответствует действительности в силу имеющейся адгезионной деформативности в зоне контакта клея с металлом и древесиной. С

другой стороны, уровень разрушающих напряжений в пределах погрешности вычислений соизмерим с имеющимися теоретическими и экспериментальными данными [4, 5].

Таблица 2.3 – Сравнительная таблица параметров НДС

Параметры в момент разрушения соединения	Расчетное сопротивление /Эксперимент	APM Structure 3D	ANSYS
Разрушающая нагрузка	20 кН	20 кН	20 кН
Уровень отрывающих напряжений	6 МПа / разрушение отрывом по контакту клей-металл у 1-го образцов из 7)	6,2 МПа	6,3 МПа
Уровень касательных напряжений в древесине	2,1 МПа /разрушение скальванием древесины у 6-ти образцов из 7)	2,2 МПа	2,3 МПа

Список литературы:

1. Руднев И.В., Жаданов В.И., Дмитриев П.А. К вопросу применения клеенных металлических пластин в соединениях деревянных конструкций // 22-23 мая 2014г. - Архангельск: Изд-во ООО "Типография "ТОЧКА", 2014. С 378-383.
2. Руднев, И.В., Жаданов В.И., Лисов С.В. Соединения элементов деревянных конструкций с применением клеенных стальных пластин // Известия высших учебных заведений. Строительство. Новосибирск: 2014. №4. С. 5 – 8.
3. Руднев, И.В., Столповский Г.А. Применение САД/САЕ систем в расчетах на прочность соединений элементов строительных конструкций // 3-8 февраля 2014 г. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. – С. 441-446 - ISBN 978-5-4417-0309-3.
4. Турковский С.Б. Клееные деревянные конструкции с узлами на клеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК) – Турковский С.Б, Погорельцев А.А., Преображенская И.П. / Под общей редакцией С.Б. Турковского и И.П. Преображенской. - М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ». 2013. - 308 с.
5. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная версия СНиП II-25-80. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – институт ОАО «НИЦ «Строительство». М.: 2011. – 87 с.