

Повышение несущей способности соединений на наклонных ввинченных стержнях

В.И. Линьков

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Аннотация: Наклонные винченные стержни в соединениях деревянных элементов устанавливаются в заранее просверленные отверстия. При отсутствии клея прочностные характеристики соединения зависят от сопротивления выдергиванию стержня, работающего на растяжение. Цель работы – оценка влияния применения клея ЭПЦ-1 на прочностные показатели и деформации соединений деревянных элементов на наклонных стержнях с резьбой, винченных в древесину. В статье представлены результаты сравнительных испытаний образцов соединений на наклонных стержнях с резьбой, винченных в древесину с клеем и без клея, на каждый тип соединения по три образца. Установлено, что применение клея ЭПЦ-1 повышает прочностные характеристики указанных соединений по критерию разрушающей нагрузки в 1,33 раза, по критерию упругой работы соединения в 1,5 раза, на уровне достижения предельной деформации $D_{ult} = 2$ мм – в 1,8 раза. Деформации полные D_p при одинаковой нагрузке в пределах упругой работы соединений уменьшаются более чем в 3 раза. Расход клея в соединении уменьшается в 6,8 раза по сравнению с традиционными соединениями системы ЦНИИСК на клеенных стержнях из арматуры класса А400.

Ключевые слова: Соединения на наклонных винченных стержнях, клеенные стержни, деревянные элементы составного сечения, максимальная несущая способность, верхняя граница области упругой работы соединений (ВГОУР), деформации соединений.

Применение составных деревянных конструкций на основе податливых (механических) связей вызвано нарастающим истощением лесных ресурсов и ограничением доступных сечений пиломатериалов для разработки несущих деревянных конструкций [1]. Механические связи [2, 3], в том числе, в виде наклонных винченных стержней [4, 5], позволяют создавать податливые соединения для составных деревянных элементов, на основе которых разрабатывают эффективные несущие и ограждающие конструкции [6, 7]. Податливость связей вызывает уменьшение несущей способности составных деревянных конструкций по первой и второй группам предельных состояний. Применение клея при установке наклонных винченных стержней должно обеспечить снижение деформативности и увеличение несущей способности указанных соединений и составных конструкций на их основе [8]. При этом

расход клея для соединений с применением клееввинченных стержней, диаметр отверстий для установки которых составляет не более полусуммы наружного и внутреннего диаметров резьбы, должен быть значительно ниже по сравнению с традиционными соединениями на вклеенных стержнях из арматуры класса А400 [9, 10].

Цель работы – оценка влияния применения клея ЭПЦ-1 на прочностные показатели и деформации соединений деревянных элементов на наклонных ввинченных стержнях.

Сравнительную оценку несущей способности соединений деревянных элементов на наклонных ввинченных стержнях без применения клея (тип 1) и на наклонных клееввинченных стержнях (тип 2) проводили по результатам испытаний образцов соединений на винтах диаметром 10 мм, по 2 стержня на каждый шов сплачивания. В соединениях типа 1 ввинченные стержни установлены без добавления клея, в соединениях типа 2 клееввинченные стержни установлены на клею ЭПЦ-1. В состав клея ЭПЦ-1 входит эпоксидная смола ЭД-20 – 100 весовых частей, отвердитель ПЭПА – 10 весовых частей, цемент М500 – 50 весовых частей. Положение стержней – под углом 45 градусов к шву сплачивания. Было испытано по три образца на каждый тип соединения. Образец выполняли в виде односрезного соединения из досок древесины хвойных пород (сосна) сечением 35х70 мм после строжки длиной 290 мм. Два односрезных образца жестко объединяли в один блок с помощью соединительных планок и прокладок, закрепленных шурупами. Для обеспечения сравнимости результатов испытаний образцы были приняты с одинаковым составом деревянных элементов. Образцы испытывали по сжатой схеме, нагружением с периодической разгрузкой.

При нагружении образцов тип 1 (рис. 1.а) происходило равномерное смещение соединяемых деревянных элементов друг относительно друга вплоть до разрушения. Образцы разрушились при нагрузке, которая

составила в среднем для трех образцов $N_t = 31,66$ кН, что соответствует осевому усилию выдергивания в каждом стержне $N_{tст} = 11,2$ кН и разрушающим напряжениям в древесине по контактной поверхности с резьбой ввинченного стержня $\tau_{ск} = 7,2$ МПа. Характер разрушения определялся выдергиванием наклонно ввинченного стержня и соответствовал работе соединений второй группы. Вскрытие образцов показало, что установленный под углом 45 градусов к шву сплачивания стержень испытывает кроме растяжения и выдергивания за пределами упругой работы соединения изгиб, что сопровождается смятием древесины под углом к волокнам в гнезде нагеля. Средние по трем образцам деформации, полные соединений на стадии, предшествующей разрушению, составили $D_p = 5,73$ мм или $0,796$ мм на 1 МПа скальвающих напряжений по длине наклонно ввинченного стержня. ВГОУР соединения на ввинченных стержнях соответствовала нагрузке на образец $N_{I-II} = 24,0$ кН, что соответствует осевому усилию выдергивания в каждом стержне $N_{I-II ст} = 8,49$ кН и напряжениям скальвания $\tau_{ск} = 5,46$ МПа. В пределах упругой работы соединения деформации полные составили $D_p = 2,85$ мм или $0,522$ мм на 1 МПа скальвающих напряжений. При этом упругие деформации составили $D_y = 0,96$ мм или 34% от полной деформации, остаточные деформации $D_o = 1,89$ мм или 66% от полной деформации соединения. Нормированная в СП 64.13330 «Деревянные конструкции» деформация для соединений на нагелях всех видов $D_{ult} = 2$ мм достигнута при нагрузке $N_2 = 18,1$ кН или $0,486$ мм на 1 МПа скальвающих напряжений. При этом упругие деформации составили $D_y = 0,78$ мм или 39% от полной деформации, остаточные деформации $D_o = 1,22$ мм или 61% от полной деформации соединения.

При нагружении образцов типа 2 (рис. 1.б) на наклонных клееввинченных стержнях смещение соединяемых деревянных элементов друг относительно друга проходило менее интенсивно, чем в соединении

типа 1. Образцы соединений на наклонных клееввинченных стержнях разрушились при нагрузке, которая составила в среднем для трех образцов $N_t = 42,2$ кН. Характер разрушения носил промежуточный характер между соединениями первой и второй группы, и определялся не только скалыванием древесины по клеевой прослойке между древесиной и наклонно винченным стержнем, но изгибом винта и деформациями смятия древесины нагельного гнезда от действия нормальной составляющей сдвигающего усилия. Средние по трем образцам деформации, полные соединения, на стадии, предшествующей разрушению, составили $D_p = 2,97$ мм или $0,31$ мм/кН. Нагрузка, соответствующая ВГОУР, составила $N_{I-II} = 36,0$ кН, что составляет 85% от разрушающей нагрузки на образец. В пределах упругой работы соединения деформации полные составили $D_p = 2,6$ мм или $0,073$ мм на 1 кН сдвигающего усилия. При этом упругие деформации составили $D_u = 1,27$ мм или 49% от полной деформации, остаточные деформации $D_o = 1,33$ мм или 51% от полной деформации соединения. Нормированная в СП 64.13330 деформация $D_{ult} = 2$ мм достигнута соединением на наклонных клееввинченных стержнях при нагрузке $N_2 = 32$ кН или $0,063$ мм/кН.

Несущая способность соединений на клееввинченных стержнях по сравнению с соединениями без клея больше в 1,33-1,8 раза. Соединение на клееввинченных стержнях работает более упруго: по сравнению с соединениями без клея доля упругих деформаций в составе полных деформаций соединения на клееввинченных стержнях больше в 1,26-1,43 раза при том, что абсолютная величина деформаций D_p в пределах упругой работы соединений отличаются не более чем на 9%.

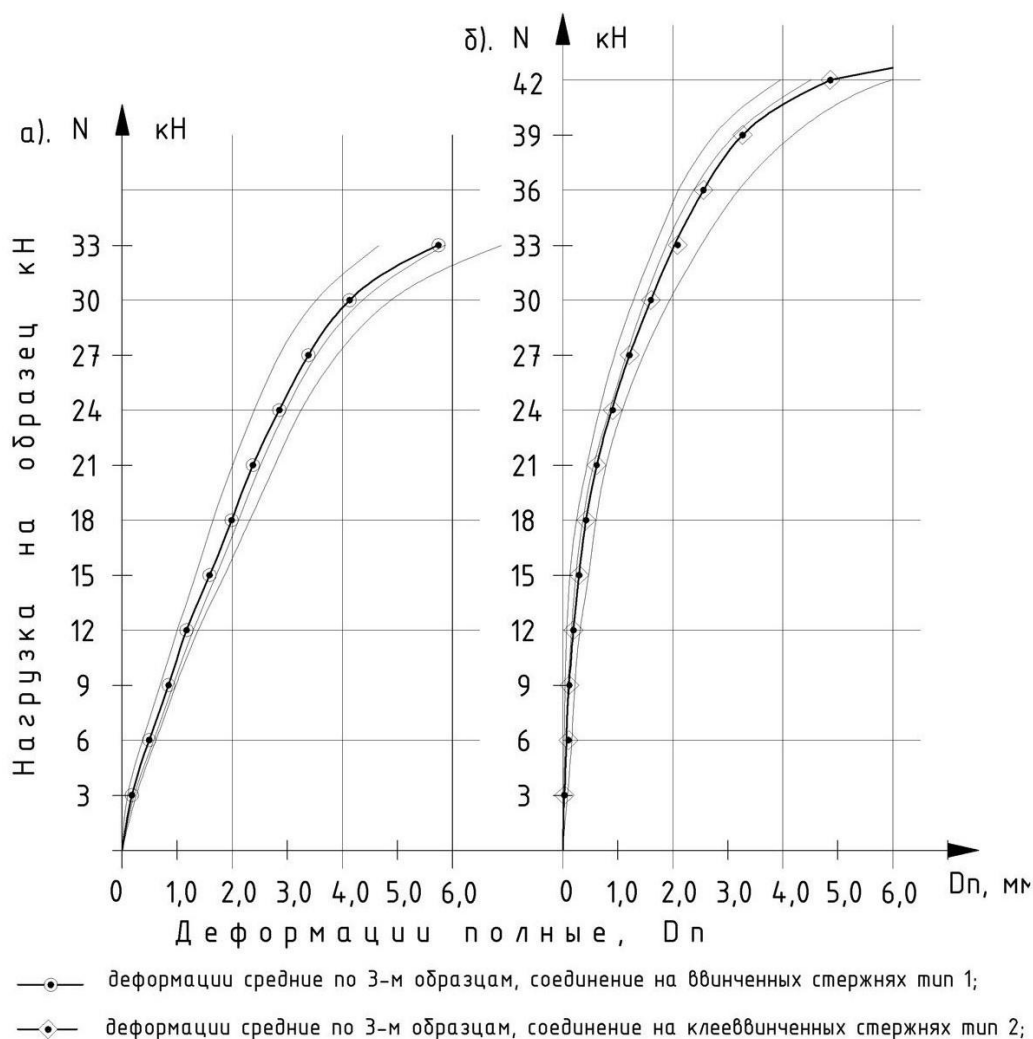


Рис. 1. Деформации соединений: а) тип 1 - на наклонных ввинченных стержнях, б) тип 2 - на наклонных клееввинченных стержнях.

Табл. 1. Сравнительные результаты испытаний образцов соединений на ввинченных и на клееввинченных стержнях

Уровень нагружения	Тип 1			Тип 2			Эффект Клей/Ввинч	
	N ввинч., кН	Dп	Доля упругих деф-й. Ду/Dп	N вклеен.	Dп, мм	Доля упругих деф-й Ду/Dп	K по N	K по доле Ду от Dп
Nt	31,66	5,73	0,202	42,2	4,86	0,290	1,333	1,433
N _{I-II}	24	2,85	0,337	36	2,56	0,426	1,500	1,264
N ₂	18,1	2	0,390	32,6	2	0,490	1,801	1,256
Среднее			0,310			0,402	1,545	1,318

Выводы.

1. Установка ввинченных стержней с применением клея увеличивает несущую способность соединения. Несущая способность соединений на клееввинченных стержнях в 1,545 раза больше, чем соединений без применения клея. Максимальная несущая способность соединений N_t составила 42,2 кН и 31,66 кН, нагрузка N_{I-II} составила 36 кН и 24 кН для клееввинченных и бесклеевых соединений соответственно.

2. Применение клея ЭПЦ-1 изменяет характер деформирования соединения на ввинченных стержнях. При наличии клея соединение работает более упруго, доля упругих деформаций в полных деформациях соединений на клееввинченных стержнях больше в 1,32 раза, чем в соединениях без применения клея.

3. Расход клея в соединениях на клееввинченных стержнях меньше в 6,8 раза по сравнению с традиционными соединениями на вклеенных стержнях из арматуры класса А400.

Литература

1. Пятикрестовский К.П., Травуш В.И., Погорельцев А.А., Клюкин А.А. Разработка конструкций из цельной древесины для объектов инфраструктуры. // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. т. 14. № 1. С 145-154.

2. Столповский Г.А., Жаданов В.И., Руднев И.В. Соединения элементов деревянных конструкций быстровозводимых зданий и сооружений винтовыми крестообразными нагелями. - Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 5 (111). С. 150-154.

3. Walford G. Bryan. Tests on nailed and glued layered timber cylindrical shells. ASCE J Struct Div. Vol. 106. 1980. pp. 247-263.

4. Линьков В.И. К оценке деформативности соединений деревянных элементов на наклонных металлических стержнях без применения клея. // Строительная механика и расчет сооружений, № 3. – М.: -2017, С. 11-14.

5. Линьков В.И. Соединения на наклонных ввинченных стержнях в деревянных балках для реконструкции зданий текстильной промышленности. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017, № 3 (369). С. 212-217.

6. Жаданов В.И., Аркаев М.А., Котлов В.Г. Экспериментальные исследования деревянных балок, усиленных витыми крестообразными стержнями. // Промышленное и гражданское строительство. М.: 2017. № 11. С. 5-11.

7. Линьков В.И. Напряженное состояние наклонных металлических стержней в деревянных элементах составного сечения // Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5592.

8. E. George Stern. Nailed Fitch beams and griders providing opportunities in wood construction. // Virginia Polytechnic Institute & State University Department. VA, USA. 1982. pp. 55-64

9. Козлова И.В., Сапачева Л.В. Соединения деревянных конструкций системы ЦНИИСК // Жилищное строительство. 2008. № 2. С. 42-43.

10. Кавелин А.С., Тютина А.Д., Нуриев В.Э., Колтакова В.А. Армирование деревянных конструкций // Инженерный вестник Дона, 2019, №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2019/6156

References

1. Pyatikrestovskij K.P., Travush V.I., Pogorel'cev A.A., Klyukin A.A. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2018. t. 14. № 1. pp. 145-154.



2. Stolpovskij G.A., ZHadanov V.I., Rudnev I.V. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2010. № 5 (111). pp.150-154.
3. Walford G. Bryan. Tests on nailed and glued layered timber cylindrical shells. ASCE J Struct Div. Vol. 106. 1980. pp. 247-263.
4. Lin'kov V.I. Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij, № 3. M.: 2017, pp. 11-14.
5. Lin'kov V.I. Izv.vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2017, № 3 (369). pp. 212-217.
6. ZHadanov V.I., Arkaev M.A., Kotlov V.G. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. M.: 2017. № 11. pp. 5-11.
7. Lin'kov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5592.
8. E. George Stern. Virginia Polytechnic Institute & State University Department. VA, USA. 1982. pp. 55-64
9. Kozlova I.V., Sapacheva L.V. ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2008. № 2. pp. 42-43.
10. Kavelin A.S., Tyutina A.D., Nuriev V.E., Koltakova V.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2019/6156