

## Цели и задачи экспериментальных исследований работы на сдвиг нагельного соединения

*А.С. Кавелин*

*Ростовский государственный строительный университет*

**Аннотация:** В данной статье говорится об экспериментальных исследованиях, проводимых для изучения нагельного сцепления и выяснения взаимосвязи несущей способности соединения от материала и вида гвоздя, соединяемых элементы.

**Ключевые слова:** деформативность, прочность, гвозди, нагель, несущая способность, деревянные конструкции.

До нашего времени экспериментально не изучены положения о деформативности и прочности креплений с помощью гвоздей древесных изделий [1, 2, 3, 4] с такими материалами, как волокнистые и цементно-стружечные плиты, а также с гипсокартоном. Исходя из этого, весьма проблематично давать прогнозы о несущих свойствах конструкции, которая в основном заложена в деформативности и прочностных качествах соединений [5].

В США есть нормы, в соответствии с которыми оценивается несущая способность гвоздевых соединений, заключённых в стене. Эти нормы – ASTM D 1037 и ASTM D 1761 (рис.1). Для всех рассматриваемых ситуаций о выявлении несущей способности гвоздевых соединений рекомендуется стандарт ASTM D 1761, в котором регламентированы испытательные работы по сдвигу сцепления сегмента ребра панели из дерева с сегментом обшивки.

Главным итогом эксперимента является изучение работы на сдвиг нагельного сцепления ребра стеновой панели из дерева с обшивками из разнообразных материалов, а также применение различных видов нагелей. В результате необходимо выяснить взаимосвязь несущей способности соединения от вида гвоздя и от материала соединяемых элементов.

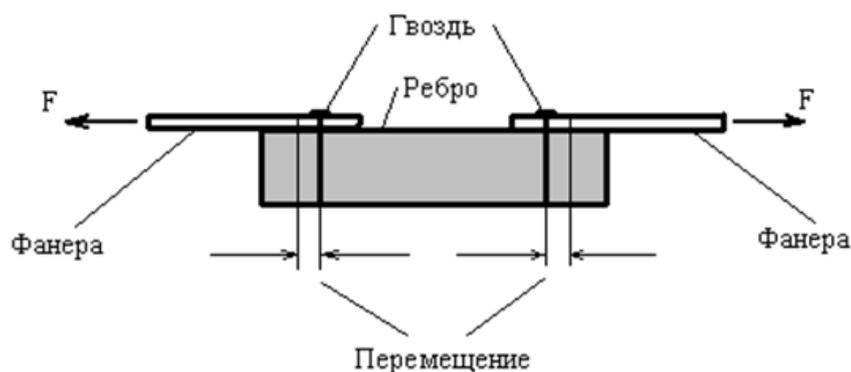


Рис.1. - Стенд для испытания работы на сдвиг гвоздевого соединения по ASTM D 1761

### **Разработка приспособлений и выбор оборудования для проведения испытаний.**

При проведении испытаний сцеплений деревянного ребра и обшивки использовался заранее подготовленный стенд (рис.2), который состоит из жёстко заделанного в основание швеллера №18 (находится в вертикальном положении). В свою очередь, к вертикальному швеллеру прочно присоединено ребро, также вертикально расположенное, которое представляет собой деревянный брусок с размерами 50х200х1500 мм (4). К ребру, гвоздём (3), прибивается сегмент обшивки размерами 150х150 мм (2). К верхней - присоединяется уголок на болтах, на который крепится индикатор часового типа (цена деления 0,01мм) (1), а к обшивке в нижней части крепится подвесная люлька для грузов (5). Индикатор неподвижно присоединён к швеллеру.

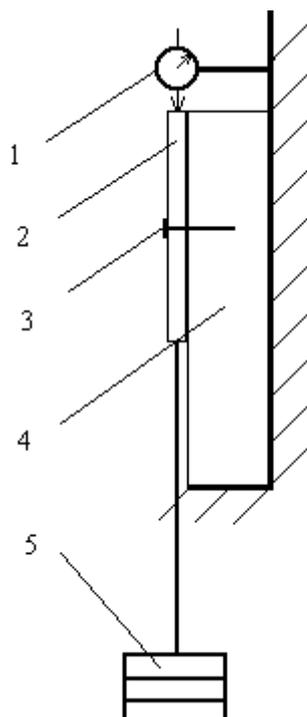


Рис.2. - Схема испытательного стенда

### **Выполнение испытаний с различными типами обшивок и гвоздей**

В испытании были применены обшивки, состоящие из фанеры, толщина которой 8мм, м волокнистой плиты (ВП) толщиной 7мм и цементно-стружечной плиты (ЦСП) толщиной 16мм, а также гипсокартона (ГК) с толщиной 12мм и ориентированно-стружечной плиты (ОСП) с толщиной 10мм. Для крепления обшивки с ребром были использованы такие гвозди, как:

- гладкий гвоздь  $L = 70\text{мм}, d = 3\text{мм}$
- крученный гвоздь  $L = 70\text{мм}, d = 3\text{мм}$
- квадратный гвоздь  $L = 70.7\text{мм}, d = 3\text{мм}$
- ершенный гвоздь  $L = 70\text{мм}, d = 4\text{мм}$

Было осуществлено по 5 экспериментов для каждого вида гвоздя поочередно с каждой из выше указанных видов обшивок. В итоге всё количество проведенных испытаний составило 100 раз.

Загружение составило от 0 до 80кг - максимум, это зависело как от типа гвоздя, так и от вида обшивки. Выбранный шаг - 5кг бал использован вплоть до того момента, пока деформативность данного сцепления не становилась строго линейной функцией.

В процессе испытаний, благодаря индикатору часового типа, было произведено измерение деформаций сдвига. Показания с прибора записывались с интервалом 10сек после каждого шага загрузки.

Во время первого этапа были сделаны испытания о соединении фанеры и древесины благодаря гвоздю гладкого типа. Эти испытания проводились с той целью, чтобы сравнить результаты, полученные во время эксперимента с данными других экспериментаторов. Данный сравнительный анализ показал положительные результаты. Затем, сделав выводы о правильности исследований [6, 7], были продолжены испытания с иными материалами для обшивки и различными типами гвоздей. Такие испытания были проведены впервые.

### **Обработка результатов эксперимента и построение графиков**

По данным эксперимента [8, 9] для деформации сдвига, была проведена статистическая обработка, которая дала средние арифметические значения  $\bar{X}$ , исправленную статистическую дисперсию  $S_x$  и стандарт  $S_{\bar{x}}$  для каждого измерения.

По средним значениям  $\bar{X}$  построены графики, которые показывают зависимости деформаций сцеплений относительно величины прикладываемой нагрузки.

### **Нахождение коэффициентов, определяющих несущую способность соединения**

Графики с зависимостью деформаций сцепления и величины прикладываемой нагрузки выражены в виде функции (1) :

$$u = a\sqrt[3]{P} + bP + c \quad (1)$$

С помощью метода наименьших квадратов для каждого из случаев подбирались коэффициенты  $a$ ,  $b$  и  $c$ , значения которых, для всевозможных видов обшивок и гвоздей, указаны в таблице №1.

Для того чтобы сравнить результаты были построены графики, полученные по результатам экспериментов определенного гвоздя с различными материалами обшивок (рис.3), и по результатам испытаний определенной обшивки с гвоздями различного типа (рис.4).

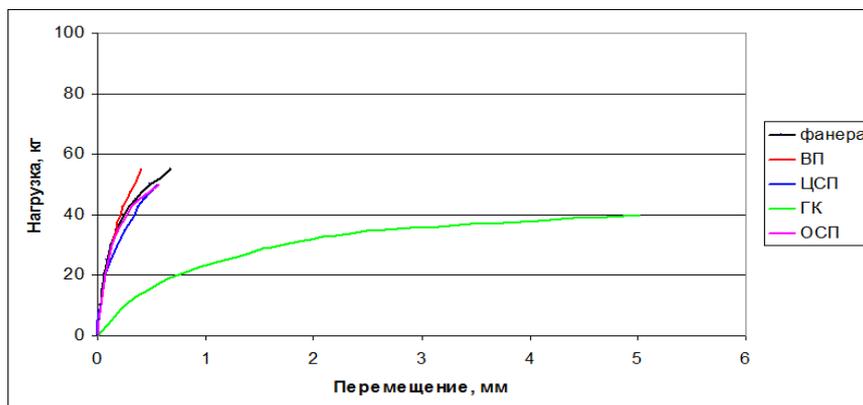


Рис.3. - Результаты испытаний гладкого гвоздя с различными материалами обшивок

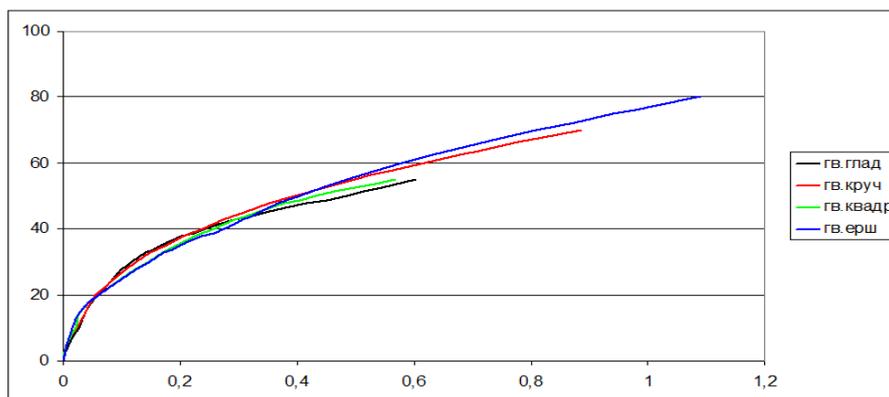


Рис.4. - Результаты испытаний фанеры с различными гвоздями

Таблица № 1

Коэффициенты  $a$ ,  $b$  и  $c$  для обшивок и гвоздей

	Коэф-т	Квадратный	Крученный	Ершенный	Гладкий
Цементно-стружечная плита	a	76,21	42,97	29,33	60,45
	b	4,58	25,98	27,25	13,02
	c	-10,27	-4,19	0,60	-6,49
Фанера	a	77,31	80,05	68,27	105,57
	b	3,56	7,15	16,81	-28,17
	c	-10,44	-11,57	-7,65	-19,16
Гипсокартон	a	50,69	41,26	29,81	42,89
	b	-5,27	4,50	9,34	-3,33
	c	-9,87	-3,66	-6,47	-16,62
Волокнистая плита	a	138,59	97,66	91,49	76,42
	b	-11,51	14,72	21,13	30,24
	c	-31,53	-17,64	-19,70	-12,94
Ориентированно-стружечная плита	a	115,55	134,60	77,96	114,07
	b	-20,71	-36,34	10,77	-35,69
	c	-20,71	-28,05	-12,05	-24,12

Существует специальная программа для ПК, которая позволяет отыскать значение смещений для дискретных связей и величины усилий сдвига. Это позволяет находить различные варианты сочетания числа гвоздей и их расстановки.

Если подставлять в программу функции, которые получены в ходе испытаний, для всевозможных сочетаний материала обшивки и вида

гвоздей, можно найти деформативность соединения и значения усилий в гвоздях.

### **Выводы**

1. Качественная схожесть показаний испытаний на сдвиг сцеплений деревянного ребра панели и фанерной обшивки, которые скреплены гладким и круглым гвоздем, с аналогичными показателями заграничных экспериментаторов [9]. Это схожесть позволила принять методику проведения испытания корректной и далее распространить ее на случаи с использованием уже абсолютно иных материалов, ну и, следовательно, гвоздей.

2. В случае использования разных типов гвоздей и различных материалов обшивок были получены результаты несущей способности нагельных соединений. Сравнив результаты, можно сделать вывод о том, что материал обшивки и тип гвоздя влияют на несущую способность соединений, который нужно учитывать при проектировании деревянных конструкций.

3. По результатам проведенного исследования были получены зависимости от эксперимента «нагрузка – перемещение». С помощью простых полиномов, форма которых зависит от материалов обшивок и типов гвоздей удалось аппроксимировать зависимости.

### **Литература**

1. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. М: Лесная промышленность, 1978. -224с.

2. В.М. Лукашевич, К.А. Корнилов. О взаимосвязи подготовительных и основных работ на лесозаготовках // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1416.

3. Cockrell, R.A. A Study of the Screw-holding Properties of Wood. Technical Bulletin 44, New York State College of Forestry 1933. P. 45

4. Вержбовский Г.Б., Еременко Н.Н. Стыковое соединение панелей. - А.С. 95108367/03 от 22.05.95. - Бюл. №16. - 1998.

5. Щуцкий С. В., Кавелин А. С. К расчету гвоздевых соединений в элементах деревянных конструкций URL: [elibrary.ru/item.asp?id=21219123](http://elibrary.ru/item.asp?id=21219123).

6. Коченов В. М. Экспериментально-теоретические исследования деревянных конструкций. - М.: ГОНТИ, 1938. 239 с.

7. Щуцкий С.В. Экспериментально-теоретические исследования составных пространственных покрытий из повторяющихся блоков. РГСУ. Дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. - 147с.

8. Кавелин А.С. Несущая способность гвоздевых соединений элементов деревянных стеновых панелей: Автореферат канд. тех. наук. – Ростов-на-Дону., 2004. - 13с.

9. Д.А. Баранова. Математическая модель деформирования подкрепленных оболочек вращения при учете различных свойств материала // Инженерный вестник Дона, 2012, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/745](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/745).

10. Tuomi R.L. and Gromala D.S. Racking Strength of Light-Framr Nailed Walls. Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 104, No. ST7, July, 1978, pp. 1131-1140.

### References

1. Ashkenazi E.K. Anizotropija drevesiny i drevesnyh materialov [Anisotropy of wood and arboreal materials]. М.: Lesnaja promyshlennost', 1978. 224p.

2. V.M. Lukashevich, K.A. Kornilov. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1416](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1416).

3. Cockrell, R.A. A Study of the Screw-holding Properties of Wood. Technical Bulletin 44, New York State College of Forestry 1933. P. 45

4. Verzhbovskij G.B., Eremenko N.N. Stykovoje soedinenie panelej [Butt connection of panels]. A.S. 95108367/03 ot 22.05.95. Vjul. №16, 1998.

---

5. Shhuckij S. V., Kavelin A. S. K raschetu gvozdevykh soedinenij v jelementah derevjannykh konstrukcij [To the calculation of nail connections in the elements of timber-works]. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=21219123](http://elibrary.ru/item.asp?id=21219123)

6. Kochenov V. M. Jeksperimental'no-teoreticheskie issledovanija derevjannykh konstrukcij. [Experimental and theoretical researches of wooden designs]. M.: GONTI, 1938. 239 p.

7. Shhuckij S.V. Jeksperimental'no-teoreticheskie issledovanija sostavnykh prostranstvennykh pokrytij iz povtorjajushhihsja blokov [Experimental-theoretical researches of component spatial coverages from repetitive blocks]. RGSU. Diss. na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskikh nauk. 147p.

8. Kavelin A.S. Nesushhaja sposobnost' gvozdevykh soedinenij jelementov derevjannykh stenovykh panelej [The bearing ability of nail joints of elements of wooden wall panels]: Avtoreferat kand. teh. nauk. Rostov-na-Donu, 2004. 13p.

9. D.A. Baranova. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/745](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/745).

10. Tuomi R.L. and Gromala D.S. Racking Strenght of Light-Framr Nailed Walls. Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 104, No. ST7, July, 1978, pp. 1131-1140.