

**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СОЕДИНЕНИЯ
ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ВИТЫХ
КРЕСТООБРАЗНЫХ СВЯЗЯХ ПРИ ДЕЙСТВИИ
ДЛИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК**

**FEATURES OF CALCULATION OF CONNECTION
OF WOODEN DESIGNS ON TWISTED CROSSWISE
COMMUNICATIONS AT ACTION OF LONG LOADINGS**

*к.т.н., преподаватель **Столповский Г.А.**, аспирант **Аркаев М.А.**,
(Оренбургский государственный университет, Россия)*

*Candidate of Technical Sciences, teacher **Stolpovskiy G.A.**,
post-graduate **Arkaev M.A.** (Orenburg State University, Russia)*

Аннотация

Приведены методика и результаты экспериментальных длительных испытаний деревянных образцов со стержнями, работающими на выдергивание. Выполнен сравнительный анализ характера разрушения образцов при действии длительной нагрузки с кратковременными испытаниями. Выявлено, что длительная прочность соединений на витых стальных стержнях крестообразного поперечного сечения определяется длительной прочностью древесины на смятие.

Узловые сопряжения, в которых передача нагрузки с одного элемента на другой осуществляется посредством внедренных в древесину поперек волокон стальных стержней витой формы крестообразного поперечного сечения, работающих на выдергивание, являются новым видом соединений. Работа таких соединений при длительном действии нагрузки практически не изучена.

Для исследования длительной прочности и деформативности соединений витых стержней с древесиной проведено длительное нагружение образцов – деревянных призм размерами $b \times h \times l = 150 \times 100 \times 1000$ мм с внедренными поперек волокон стержнями диаметром 16 мм и глубиной заделки 83 мм (без учета острия стержня). Размеры образцов приняты близкими к натурным. При выдергивании стержней, внедренных в крупноразмерные образцы, деформации поверхности древесины на расстоянии $5d$ поперек волокон и $15d$ вдоль

волокон составляют менее 4% от величины вертикальных перемещений стержней. Напряженно-деформированное состояние объема древесины вокруг стержня в образцах с размерами, близкими к вышеуказанным, хорошо соответствует, таким образом, напряженно-деформированному состоянию соединений на витых стержнях в составе реальных конструкций.

Испытания возможно было проводить на образцах малых размеров и вводить полученные значения коэффициента длительного сопротивления к нормативному сопротивлению чистой древесины, однако в таком случае может оказаться неучтенным влияние масштабного фактора на процессы, связанные с длительным действием нагрузки. Поэтому размеры образцов приняты близкими к натурным, а коэффициент длительного сопротивления вводится к значению нормативного сопротивления сортной древесины.

Стальные витые стержни внедрялись в массив древесины огнестрельным способом при помощи монтажного пистолета ПЩ 84 / 1 /. Влажность сосновой древесины на протяжении испытаний составляла 8 %.

Длительные испытания проводили на рычажных установках (рисунок 1). Заданное соотношение плеч рычагов 1:11 выдерживалось посредством использования центрирующих призм. Плавное постепенное нагружение образцов обеспечивалось использованием мелких грузов весом не более 10 % от прикладываемой нагрузки.

Испытательные нагрузки были приняты равными 0,8; 0,7; 0,6 и 0,5 от кратковременной разрушающей N_p , определенной машинными испытаниями. Величину испытательной нагрузки при нагружении платформ рычажных установок контролировали динамометром сжатия, который устанавливали на временные стойки по линии расположения выдерживаемого стержня. В ходе всего эксперимента в лаборатории, где проводились длительные испытания, автоматическим устройствами (регулятор влажности НС01-1, терморегулятор TR 125) поддерживались влажность и температура воздуха. Для дублирующего контроля постоянно (не реже 1 раза в неделю) проводили запись температуры и влажности воздуха по термометру и психрометру.

В целях выравнивания влажности древесины образцы, предназначенные для длительных испытаний, в течение полугода выдерживались перед испытанием в помещении лаборатории при указанном выше температурно-влажностном режиме.

В ходе испытаний вели замер вертикальных перемещений стержней относительно нижней грани деревянного образца с помощью прогибомеров БПАО-ЛИСИ. Для каждого уровня нагрузок было

испытано по три образца. Общее количество образцов при длительных испытаниях – 12 штук. Продолжительность длительных испытаний – 450 суток.



Рисунок 1. Общий вид стенда для проведения длительных испытаний деревянных образцов со стержнями, работающими на выдергивание

Испытание образцов на длительное действие нагрузки показали, что характер разрушения в этих условиях не изменяется по сравнению с кратковременными испытаниями / 2 /. Разрушение образцов происходило по зоне контакта древесины с ребрами от смятия древесины поперек волокон. Разрушений от разрыва металла не было. Таким образом, длительная прочность соединений на витых стальных стержнях крестообразного поперечного сечения определяется длительной прочностью древесины на смятие.

Отметим, что время до разрушения образцов при испытании кратковременной нагрузкой определяли по известной методике / 3 /, как время, приведенное к неизменному действию этой нагрузки. В соответствии с приведенными результатами построена кривая длительной прочности соединений на витых стержнях (рисунок 2). Обращает на себя тот факт, что общий вид и характер этой зависимости аналогичен кривой длительного сопротивления древесины. Согласно

/ 4 / длительная прочность древесины может быть выражена зависимо-
стью:

$$\ell gt = \ell gA - \alpha \sigma, \quad (1)$$

где t – время до разрушения под постоянной нагрузкой;
 σ – уровень напряжений в % к кратковременной прочности;
 A, α – постоянные.

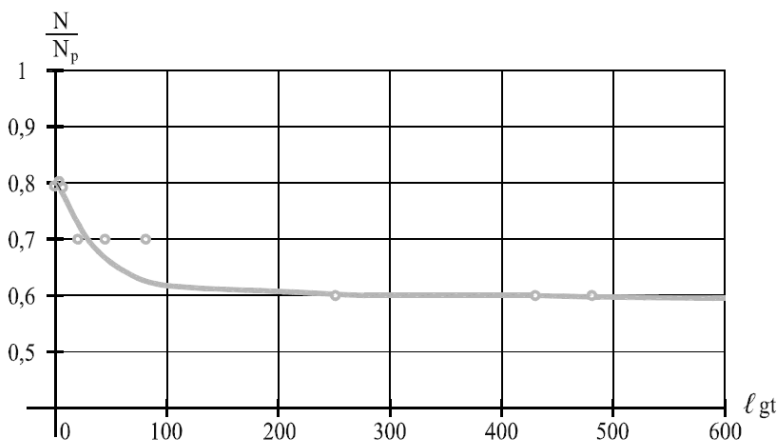


Рисунок 2. Кривая длительной прочности соединений на витых стержнях

Уравнение (1) при условии экспериментального определения постоянных A и α , позволяет достаточно точно прогнозировать прочность соединения на проектные сроки его эксплуатации. Обработка данных, полученных при проведении длительных испытаний, методом наименьших квадратов позволила нам получить зависимость:

$$\frac{\sigma}{\sigma_{кр}} = 1,114 - 0,064 \lg t \quad (2)$$

Для проверки правильности построения зависимости $\sigma - \lg t$, согласно / 3 / выполняли сравнение величины σ по уравнению (2) с учетом приведенного времени машинных испытаний с напряжениями,

установленными при кратковременных испытаниях. Расчеты показали, что расхождение величин упомянутых напряжений не превышает 5 %.

Путем экстраполяции экспериментальных данных на длительный срок получаем k_{dl} на базе 25 и 50 лет – 0,55 и 0,53, соответственно

Полученные величины коэффициентов длительного сопротивления соответствует постоянному действию нагрузки. На реальные узлы несущих конструкций на самом деле действуют постоянные и временные нагрузки, что в соответствии с рекомендациями / 3 / позволяет полученные коэффициенты длительности рассматривать с поправкой, равной величине 1/0,8. Тогда экстраполированные значения k_{dl} будут практически равны коэффициенту длительности для расчетных сопротивлений древесины, равному, согласно / 3 / , 0,66.

Обобщающими показателями процессов деформирования соединений во времени являются, в нашем случае, вертикальные перемещения стержней. На рисунках 3 и 4 приведены зависимости вертикальных перемещений по результатам их замеров в процессе нахождения образцов под нагрузкой. Как следует из графиков, наибольшие скорости деформирования соединений наблюдались сразу же после загрузки образцов, что является характерным для всех упруговязких материалов. Затем, скорость нарастания вертикальных перемещений уменьшалась и стабилизировалась. Разрушению соединения вновь предшествовало резкое повышение его деформативности. Проанализируем процессы деформирования соединений во времени.

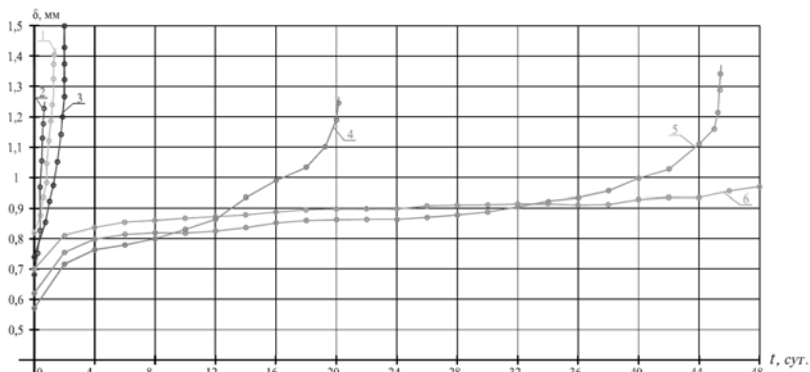


Рисунок 3. Деформации соединений при длительном действии нагрузки: 1-3 – 0,8Р_р; 4-6 – 0,7Р_р.

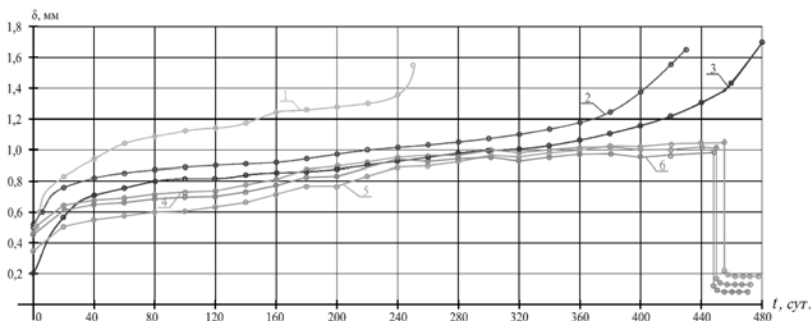


Рисунок 4. Деформации соединений при длительном действии нагрузки: 1-3 – $0,6P_p$; 4-6 – $0,5P_p$.

У образцов серии $0,8P_p$ начальные перемещения стержней при загрузке составили в среднем $0,75$ мм, перед разрушением величина перемещений оказалась равной $1,21$ мм, что превышает первоначальные в $1,84$ раза. Процесс деформирования стержней этой серии полностью соответствовал поведению под нагрузкой вязко-упругих материалов. Скорость нарастания деформаций стержней серии $0,8 P_p$ не определялась ввиду ее большого значения и относительно малого времени выдержки образцов под нагрузкой (1-2 сут.).

В образцах серии $0,7P_p$ начальные перемещения составили $0,63$ мм, а перед разрушением $1,21$ мм. Деформации увеличились, таким образом, в $1,92$ раза. Скорость нарастания вертикальных перемещений на участке установившейся ползучести кривой деформирования равнялась, в среднем по серии, $0,1 \cdot 10^{-3}$ мм/час.

Начальные перемещения стержней под нагрузкой $0,6P_p$ оказались равными $0,51$ мм. Период интенсивного деформирования соединений в этом случае был более растянут во времени и достигал 15-20 суток. Скорость установившейся ползучести соединения не превышала $0,2 \cdot 10^{-4}$ мм/час. К моменту разрушения, вертикальные перемещения стержней составили $1,54 - 1,67$ мм, в среднем $1,61$ мм. Это превышает первоначальное среднее значение в $3,17$ раза.

В образцах под нагрузкой $0,5P_p$ начальные перемещения стержней составили в среднем $0,47$ мм. Скорость деформирования соединений после нагружения образцов постоянно уменьшалась и полная ее стабилизация произошла на 200-240 сутки, достигнув величины $0,5 \cdot 10^{-5}$ мм/час. По истечении 400 суток скорость деформирования стала практически равна нулю. Средние вертикальные перемещения стержней

после 450 суток их выдержки под нагрузкой, оказались равны 1,07 мм, что превышает начальное значение в среднем в 2,41 раза.

После разгрузки остаточные деформации у образцов оказались равными 0,15...0,22 мм. В результате 30 суточного отдыха деформации снизились до 0,11...0,19 мм или в среднем в 1,23 раза.

Анализ начальных перемещений стержней показывает, что они не пропорциональны величине испытательной нагрузки. При увеличении нагрузки $0,6R_p$ в 1,17 раза ($0,7R_p$) начальные перемещения увеличиваются в 1,24 раза, для нагрузок $0,6R_p$ и $0,8R_p$ перемещения увеличиваются в 1,47 раза при увеличении нагрузки в 1,33 раза. Эти данные соответствуют результатам, полученным при кратковременных испытаниях: при увеличении нагрузки с $0,6R_p$ до $0,7R_p$ перемещения стержней увеличились в 1,18 раза, при увеличении нагрузки с $0,6R_p$ до $0,8R_p$ – в 1,40 раза. С учетом вышеизложенного, можно сделать вывод, что напряжения, возникающие в соединениях от нагрузок больших $0,6R_p$, превышают пределы пропорциональности и в образцах в начальный момент нагружения возникают упругопластические деформации.

Таким образом, произведенные опыты и исследования работы стальных винтовых стержней крестообразного поперечного сечения на выдергивание позволяют сделать выводы о том, что длительная прочность соединений на витых стальных стержнях крестообразного поперечного сечения определяется длительной прочностью древесины на смятие. Предел длительного сопротивления соединений на стержнях, внедренных в массив древесины в направлении поперек волокон, находится в пределах от 0,5 до 0,6 N_p . При этом вертикальные перемещения стержней при длительном нагружении расчетной нагрузкой не превышают величины 1,12 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Пистолет монтажный поршневой. ПЦ 84. г. Тула, 2007. 33 с
2. Дмитриев П.А., Жаданов В.И., Столповский Г.А. Соединения элементов деревянных конструкций на стальных винтовых крестообразных стержнях, работающих на выдергивание // Известия ВУЗов. Строительство. 2010. № 4. С. 133-137.
3. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1981. – 40 с.
4. Иванов Ю.М. Длительная несущая способность деревянных конструкций // Изв. вузов. Строительство и архитектура, 1972. № 11. С. 6-12.