

НАЗНАЧЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВКЛЕЕННОЙ ШАЙБЫ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ УСИЛИЙ ПОД УГЛОМ К ВОЛОКНАМ ДРЕВЕСИНЫ

¹Арискин М.В., ¹Дмитриева Н.Е., ¹Гарькин И.Н.

¹ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, Пенза, ул. Германа Титова, 28), e-mail: igor_garkin@mail.ru

В статье рассматриваются актуальные вопросы изучения деревянных соединений для нужд строительной отрасли. Настоящая работа отражает результаты нескольких лет упорной работы. Исходя из оценки экспериментальных результатов, получена формула эмпирической зависимости для подсчета расчетной несущей способности соединений на клеенных стальных шайбах, которая достаточно полно отражает расчетную несущую способность соединений на клеенных шайбах при передаче усилий вдоль волокон древесины с учетом сорта древесины и влажностных условий эксплуатации, а также угла передачи усилий относительно волокон древесины. Анализ данных, полученный в результате научной работы, может найти применение при изготовлении различных соединений для деревянных конструкций. Работа над данной тематикой будет продолжена и получит своё дальнейшее освещение в следующих статьях.

Ключевые слова: стальная шайба, толщина шайбы, диаметр шайбы, статистическая обработка, линия регрессии, деревянные конструкции

PURPOSE ULTIMATE BEARING CAPACITY OF GLUED WASHERS AT TRANSFER EFFORTS ANGLE TO THE WOOD FIBERS

¹Ariskin M.V., ¹Dmitriva N.E., ¹Garkin I.N.

¹Penza State University of Architecture and Construction", Penza, Russia (440028, Penza, Germana Titova st., 28), e-mail: igor_garkin@mail.ru

The article discusses the current problems in the study of wooden compounds for the construction industry. The present work shows the results of several years of hard work . Based on the evaluation of experimental results, a formula to calculate the empirical relationship estimated carrying capacity compounds bonded steel washers , which adequately reflects estimated carrying capacity of the compounds to the bonded washers when transferring forces along the grain of the wood , taking into account the variety of wood and humid conditions , as well as the angle transmission of forces relative to the fibers of the wood. Analysis of the data resulting from research can be used in the manufacture of various compounds for wooden structures. Work on this subject will continue , and will be further illuminated in the following articles .

Keywords: steel washer, thickness of a washer, diameter of a washer, statistical processing, a line of regress

В настоящее время приоритетным направлением отечественного домостроения является малоэтажное строительство, особенно актуальным становится быстро сборные деревянные дома. В связи с этим исследование деревянных строительных конструкций становятся востребованным направлением научных исследований.

Разработка экономичных и долговечных соединений в деревянных конструкциях может существенно снизить материальные издержки при строительстве (жилом или промышленном). Одним из перспективных соединений авторы считают, соединения на клеенных стальных шайбах обладающие достоинствами других видов соединений, но в тоже время, исключаящие многие их недостатки [5, 8]. Данный вид соединений активно используется при строительстве большепролетных зданий и сооружений.

Суть соединений: гнездо под шайбу выбирается слегка увеличенных размеров, что позволяет осуществлять свободную укладку в него металлической шайбы, а образовавшееся «лишнее» пространство в гнезде заполняется полимерной композицией, которую вводят в гнездо перед укладкой шайбы. После отверждения клеевой композиции шайба надежно клеивается в древесину, что позволяет ей сразу включиться в работу, минуя стадию первоначального обмятия и обжатия [1]. При этом отпадает необходимость в специальных технологических линиях по изготовлению клеевых соединений, кол-во же клеевых полимеров (в расчёте) на одно изделие минимальное, что способствует уменьшению экономических издержек. Более подробно об исследованиях характеристик данного вида соединений представлено в работах [2...6].

В работе [7] была предпринята попытка назначения несущей способности вклеенной шайбы при передаче усилий под углом к волокнам древесины.

Целью данной работы является определение несущей способности вклеенной шайбы при передаче усилий под углом к волокнам древесины, для выработки оптимальных сечений для соединений на вклеенных шайбах.

Для назначения несущей способности ВШ при передаче усилий под углом α° к волокнам древесины соединяемых элементов целесообразно учесть введением понижающего коэффициента k_{α} , как это сделано в СНиП-II-25-80, для подсчета несущей способности ВШ при передаче ей усилия под углом α° к волокнам древесины можно воспользоваться формулой

$$N_{\alpha} = k_{\alpha}[N] \quad (1)$$

Где $[N]$ – несущая способность ВШ подсчитанная по формуле (9) работы [7], когда усилие действует вдоль волокон древесины;

k_{α} – понижающий коэффициент, учитывающий угол передачи усилия по отношению к волокнам древесины.

Путем различных преобразований $[N]$ включила в себя формулу (9) работы [7], в которую входят коэффициенты длительной прочности, коэффициенты вероятностной части надежности, т.е. разброс значений несущей способности и коэффициент изменения работы при пластическом и хрупком разрушении. В итоге задача свелась к нахождению коэффициента k_{α} . Данный коэффициент можно найти, воспользовавшись уравнением эмпирической линии регрессии представленной в виде формул:

$$y = a + b(x - \bar{x}), \quad (2)$$

где $x = \alpha^{\circ}$,

$$y = k_{\alpha} = N_{\text{разр}}^{\alpha} / N_{\text{разр}} \quad (3)$$

где $N_{\text{разр}}^{\alpha}$ – разрушающая нагрузка под углом α° к волокнам;

$N_{\text{разр}}$ - разрушающая нагрузка вдоль волокон.

Необходимо отметить, что в формуле (3) $N_{\text{разр}}^{\alpha}$ и $N_{\text{разр}}$, берутся для одних и тех же типоразмеров таких, как $D_{\text{ш}}$, t , толщина, ширина и высота образца которые остаются постоянными, а изменяемым параметром здесь является α° . Величины разрушающих нагрузок под углом α° к волокнам для постоянных параметров ($D_{\text{ш}}$, t , толщина, ширина и высота) приведены в работе [5] и сведены в табл. 1

Таблица 1

Величины разрушающих нагрузок под углом α° к волокнам

№	Серия	α°	N_i^{α} (кН)					N_{cp}^{α} (кН)
1	C'-1	0	97,9	99,3	100,3	100,8	101,2	99,9
2	C'-3	45	96,3	96,7	97,5	97,9	98,2	97,32
3	C'-4	60	92,3	93,4	94,7	95,3	95,4	94,22
4	C'-5	90	88,8	89,6	91,5	92,4	93,3	91,12

Согласно формулам (2) и (3) таблицу 1 представим в виде таблицы 2.

Таблица 2

Величины разрушающих нагрузок под углом α° к волокнам согласно формулам (2) и (3)

i	α°	y_{ij}					n_i	\bar{y}_i
1	0	0,979	0,993	1,004	1,009	1,013	5	1
2	45	0,963	0,967	0,975	0,979	0,982	5	0,974
3	60	0,923	0,934	0,947	0,953	0,954	5	0,943
4	90	0,888	0,896	0,915	0,924	0,933	5	0,912

Вначале проверяется гипотеза об однородности условных дисперсий, все необходимые вычисления сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Условные дисперсии

i	n_i	\bar{y}_i	$(y_{ij}-\bar{y}_i)^2$					S^2	$S^2 I_i$
1	5	1	0,0004008	3,607E-05	1,6E-05	8,12E-05	0,000169	0,0007034	0,0001758
2	5	0,9741	0,0001042	3,851E-05	3,25E-06	3,37E-05	7,76E-05	0,0002573	6,4328E-05
3	5	0,9431	0,0003693	6,737E-05	2,31E-05	0,000117	0,00014	0,0007162	0,00017905
4	5	0,9121	0,0005393	0,0002315	1,45E-05	0,000164	0,000476	0,0014256	0,00035641

Проверка гипотезы о равенстве (однородности) эмпирических дисперсий при одинаковых объемах выборок $n=5$ выполняется с помощью критерия Кочрена по формуле (4) (т.к. одна из дисперсий значительно больше остальных), основанной на выполнении неравенства:

$$\frac{S_{max}^2}{\sum_{i=1}^m S_i^2} \leq G_\alpha \quad (4)$$

где $G_\alpha=0,288$ критическое значение критерия Кочрена для уровня статистической значимости $\alpha=0,05$ и числа серий $m=9$ и числа степеней свободы $K=45-1=44$ [8].

Поскольку выполняется неравенство (3)

$$\frac{0,00257}{0,00028} = 0,125 < 0,288 \quad (5)$$

то нулевая гипотеза о равенстве генеральных дисперсий не отвергается. В этом случае значения параметров регрессии определяются по формулам [9,10] а вычисления представим в виде таблицы 4. Уравнение эмпирической линии регрессии (при параметрах $x=48,75$, $a=\bar{y}_i=0,957$, $b=0,00099$) согласно уравнениям (4) и (5) имеет вид:

$$y=1,0055-0,0099x \quad (6)$$

или

$$k_\alpha = 1-0,001 \cdot \alpha^0 \quad (7)$$

Таблица 4

Параметры регрессии

i	n_i	\bar{y}_i	$\Sigma (y_{ij}-\bar{y}_i)^2$	y_i	$n_i*(y_{ij}-\bar{y}_i)^2$	$(y_{ij}-\bar{y}_i)$
1	5	1	0,000703406	1,005522856	3,05019E-05	-0,00552
2	5	0,974174174	0,000257314	0,961062396	0,000171919	0,013112
3	5	0,943143143	0,000716232	0,946242242	9,60442E-06	-0,0031
4	5	0,912112112	0,00142565	0,916601935	2,01585E-05	-0,00449
Σ			0,003102602	3,829429429	0,000232184	≈ 0

Для проверки линейности полученного уравнения определяется осредненная выборочная условная дисперсия по формуле:

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n - m} = 0,0001939, \quad (8)$$

дисперсия вокруг эмпирической линии дисперсии по формуле:

$$S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (\bar{y}_i - y_i)^2}{m - 2} = 0,000116; \quad (9)$$

дисперсионное отношение $F = \frac{S_2^2}{S_1^2} = 0,59$. По табл [7,8] для уровня значимости $\alpha=0,05$ и чисел степеней свободы $k_2=n-m=20-4=16$ и $k_1=m-2=4-2=2$ определяется критическое значение $F_{\alpha}=2,28$. Поскольку $F < F_{\alpha}$, то наличие линейной зависимости подтверждается. В этом случае дисперсия объединяется в общую оценку по формуле:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n - 2} = 0,00017. \quad (10)$$

выполняется проверка нулевой гипотезы о наличии зависимости разрушающей нагрузки от параметров шайбы диаметра ($D_{ш}$) и толщины (t) по [9] определяем $t=-10,29$.

Согласно t и табличным значениям [9,10] для вероятности 0,95 и числа степеней свободы $k=n-2=20-2=18$ значение $t_{p,k}=2,02$. Сопоставив вычисленное значение статистики с табличным, можно сделать вывод угол наклона волокон древесины влияет на разрушающую нагрузку (см. рис. 1).

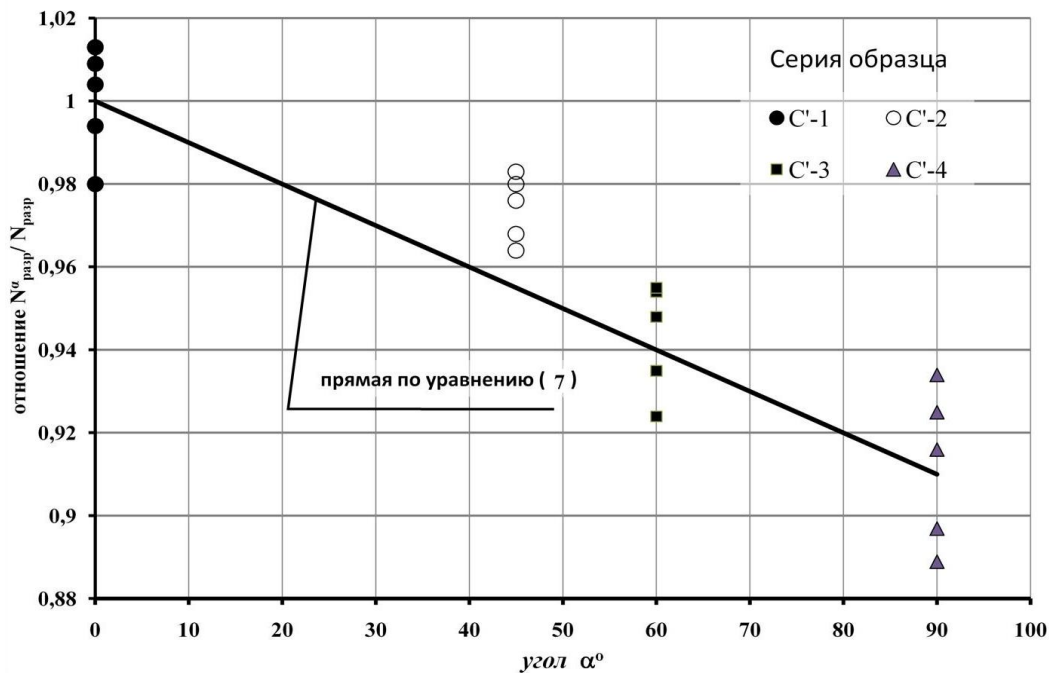


Рис. 1. Зависимости расчетной несущей способности соединений на ВШ от параметров шайб

Если в уравнение (9) работы [1]:

$$N_{ш} = (1,65 + 0,21 \cdot D_{ш} \cdot t) \cdot R_{см} R (1 + \alpha(\omega - 12)). \quad [1]$$

подставить уравнение (1) и (7) то получится уравнение:

$$N_{\alpha} = (1 - 10^{-3} \cdot \alpha^0) \cdot (6,08 + 0,784 \cdot D_{ш} \cdot t) \cdot R_{см} (1 + \alpha(\omega - 12)) \quad (11)$$

где α^0 – угол передачи усилий относительно волокон древесины;

$D_{ш}$ – диаметр шайбы;

T – толщина шайбы;

R – нормативное сопротивление сортной древесины (МПа);

α – нормативный коэффициент на изменение влажности;

ω – влажность древесины в (в пределах 8-23%).

Данное уравнение, достаточно хорошо отражающие результаты в зависимости от диаметра ($D_{ш}$) и толщины (t), а также учитывающие температурно-влажностные параметры, сорт древесины и передачу усилий под углом α° к волокнам.

Список литературы

1. Арискин М.В Совершенствование клеиметаллических соединений деревянных конструкций с применением стальных шайб// диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук/Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. – Пенза, 2011.
2. Арискин М.В., Гуляев Д.В., Родина Е.В. К расчету несущей способности соединений на клеенных шайбах // Молодой ученый. – 2013. - № 10. – С. 86-89.
3. Арискин М.В., Гуляев Д.В., Агеева И.Ю., Гарькин И.Н Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на клеенных шайбах [Текст] // Молодой ученый. — 2013. — №2. — С. 27-31.
4. Арискин М.В., Гуляев Д.В., Агеева И.Ю. Изготовление соединений на клеенных стальных шайбах // Альманах современной науки и образования. – 2013. - № 6 (73). – С. 13-15.
5. Арискин М.В., Никишина О.В. Анализ недостатков и предложения по совершенствованию соединений на шайбах и шпонках // Новый университет. Серия: Технические науки. – 2013. - № 8-9 (18-19). – С. 50-52.
6. Арискин М.В., Пыж Е.В Экспериментальные исследования соединений деревянных конструкций на клеенных стальных шайбах // Молодой ученый. – 2013. - № 11. – С. 61-65.
7. Арискин М.В , Вдовин В.М. Несущая способность соединений на клеенных шайбах при передаче усилий вдоль волокон древесины // Приволжский научный журнал. – 2009. - № 4. – С. 21-27.
8. Арискин М. В., Д. В. Гуляев, И. Ю. Агеева, Гарькин И.Н Применение многорядных соединений в деревянных конструкциях в практике строительства [Текст] // Молодой ученый. — 2013. - №5. — С. 35-38.
9. Степанов, М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник / М.Н. Степанов. – М.: Машиностроение, 1985.
10. ЦНИИСК имени Кучеренко Госстроя СССР. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций. – М., Стройиздат, 1981.

Рецензенты:

Ласьков Н.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза;

Логанина В.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Управление качеством и технологии строительного производства», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза.