

Исследование прочности древесины и керамзитобетона при местном смятии штампом на кратковременное действие нагрузки

А.С. Торопов¹, С.В. Клюев²,

¹ Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород

² Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород

Аннотация: В статье приведены результаты экспериментального исследования прочности образцов древесины и бетона при местном смятии плоским штампом на кратковременное действие нагрузки. При совместной работе железобетонной плиты и деревянной балки в соединении происходит смятие деревянного и бетонного элементов, поэтому необходимо знать значения прочности при данных видах загрузок древесины и бетона. Определены величины прочности древесины, бетона на керамзитом заполнителе, соотношения прочности на сжатие и смятие материалов, а также физические свойства материалов согласно требованиям нормативных документов. Получены значения деформации древесины и построены график зависимости деформаций от напряжений, графики прироста деформаций, для определения прочности на местное смятие материалов получен коэффициент постели.

Ключевые слова: кратковременная нагрузка, прочность, плоский штамп, сжатие, смятие, коэффициент, древесина, бетон.

Настоящее экспериментальное исследование посвящено способу усиления балочных конструкций путем совместной работы деревянной балки и железобетонной плиты перекрытия. Модернизация перекрытий существующих исторических зданий позволяет при минимальных затратах получить ощутимый экономический и социальный результат. В связи с увеличением эксплуатационных нагрузок возникает необходимость усиления деревянных балок, вполне пригодных для дальнейшей эксплуатации и ещё не требующих ремонта. Первые работы по изучению совместной работы деревянных и бетонных элементов представлены в работах [1,2]. Обзор применяемых решений для обеспечения совместной работы бетонной плиты и деревянной балки приведен в работах [3-5]. Повышение достоверности результатов испытаний соединений деревянных балок []. Восстановление и замена старых перекрытий возможна с применением бетона с различными

заполнителями, и несомненно, со стальной фиброй [6-8]. Метод расчёта соединений на пластинчатых нагелях базируется на предположении об упруго-пластической работе материала моноконструктивов на смятие в нагельных гнёздах и полного использования несущей способности стального нагеля изгибу [9-10]. Для подтверждения правильности расчетной модели необходимо получить механические характеристики используемых материалов. О повышении достоверности результатов испытаний соединений описывается в статье [11].

Испытания образцов проводились на испытательной машине П-125. Шкала 62 кН с ценой деления 1,25 кН. Было испытано 25 образца. Испытания проводились статической ступенчато-возрастающей нагрузкой со средней скоростью 7,5 кН/мин. Образцы имели размеры $a \times b \times h = 100 \times 100 \times 300$ мм, представлены на рис.1. Порода дерева – сосна, второго сорта.

Местное смятие древесины осуществлялось с помощью плоского штампа, площадью $a \times b_0 = 100 \times 30$ мм (1/3 образца). Деформации замерялись с помощью двух индикаторов часового типа точностью до 0,01 мм. Затем находилось среднее значение показаний.

Был определен предел прочности древесины образцов на сжатие вдоль волокон. Для этого из образцов вырезались призмы размером $2 \times 2 \times 3$ см и испытывали по методике, установленной ГОСТ 16486.10-73. Влажность испытанных образцов определялась с помощью влагомера с точностью до 0,1% вблизи участка смятия, сразу после испытаний. Влажность древесины составила 10-11%, далее проводилась статистическая обработка данных испытаний.

Вторым этапом были проведены испытание на местное смятие бетонных образцов призм $100 \times 100 \times 300$. Схема испытаний показана на рис.1. Количество образцов 10 шт. Прочность образцов определялась на стандартных кубиках $a \times b \times h = 100 \times 100 \times 100$ ГОСТ 10180-2012. После

испытаний происходила статистическая обработка данных. По полученным данным строились зависимости: деформаций от напряжения, напряжений – прирост деформаций. По графикам определялась прочность бетона на смятие.

Бетон с заполнителем - керамзит, плотность ~ 1600 кг/куб. м., прочность на сжатие В10. Плотность бетона определялась на кубиках до их разрушения по ГОСТ 27005-2014. При измерении влажности использовали элетровлагомер.

По полученным данным строились графики: рис. 2 (а) зависимости деформации от напряжения, рис.2 (б) напряжения – прирост деформаций. По графикам определялась прочность древесины на смятие.

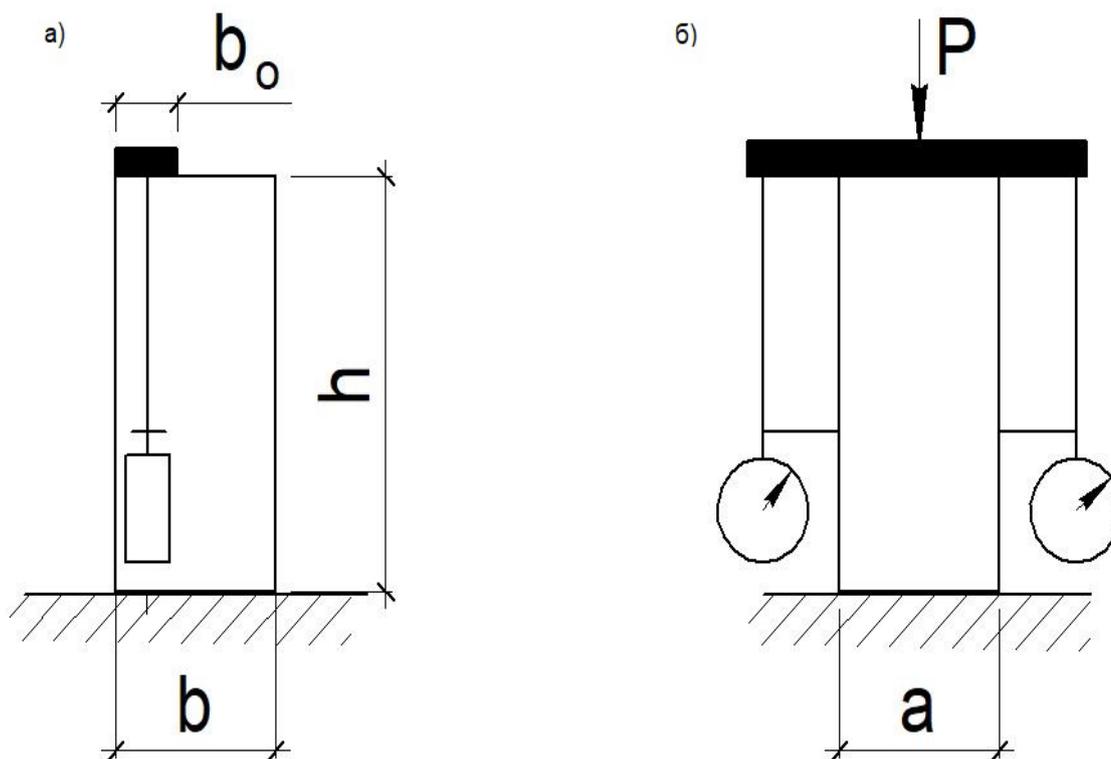


Рис. 1. – Схема испытаний:
а – вид сбоку, б – главный вид .

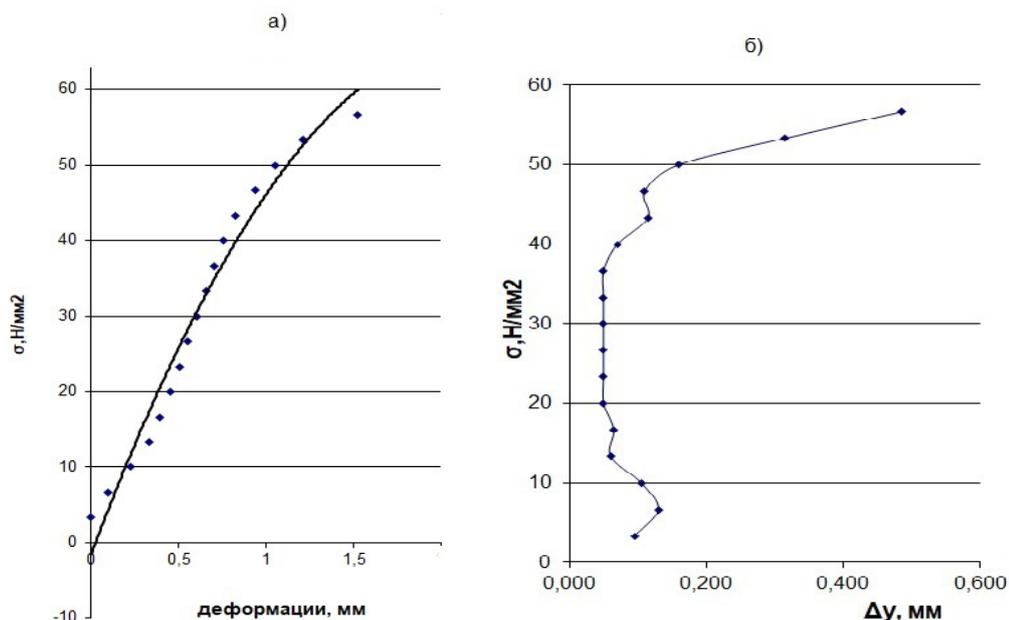


Рис. 2. – Графики для древесины:

а – напряжения – деформации; б – напряжения – прирост деформаций.

В результаты проведенных авторами испытаний на смятие вдоль волокон представлены механические характеристики образцов древесины в таблице 1. Работа древесины на смятие плоским штампом характеризуется неравномерным распределением напряжением по границе штампа. Это приводит к скалыванию древесины по этой границе.

Таблица № 1

Механические характеристики образцов древесины

№ п/п	Наименование характеристик	Кол-во образцов, n, шт.	Напряжение, σ МПа	Коэффициент вариации, V, %	Показатель точности, Δ , %
1	Смятие вдоль волокон	25	32,4	8,9	2,9
2	Сжатие вдоль волокон	50	39.1	2,7	2,0
3	Соотношение $\sigma_{см}/\sigma_c$	25	0,83	6	2,6

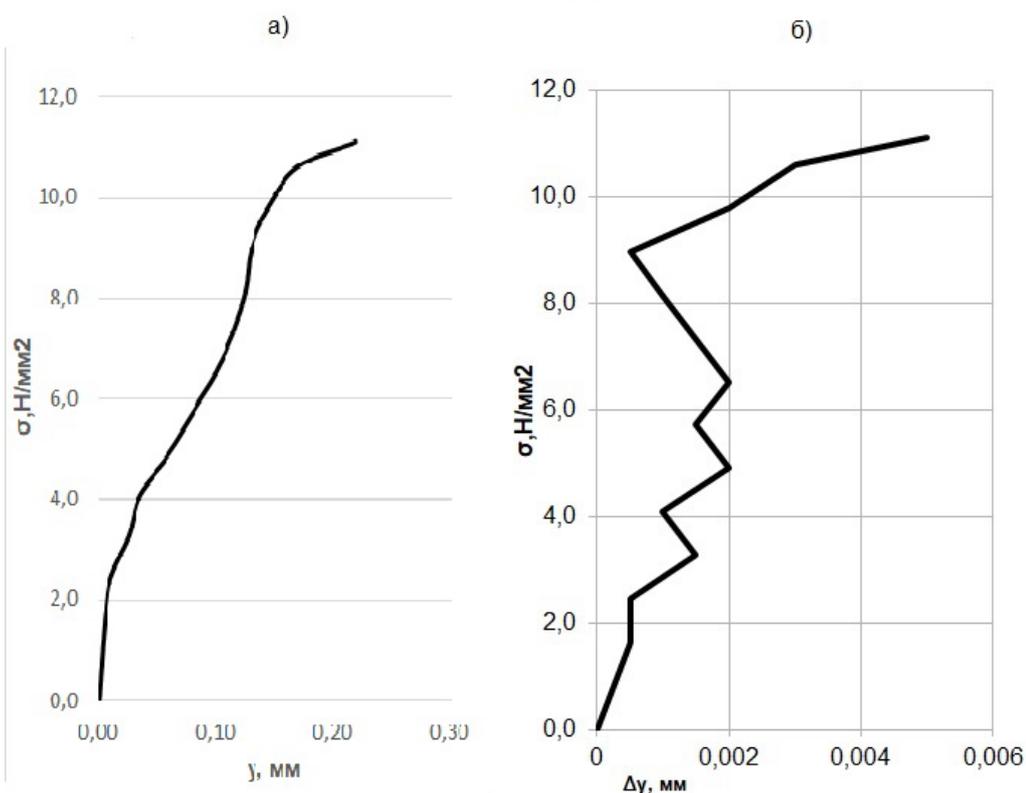


Рис. 3. – Графики для бетона:

а – напряжения –деформации; б – напряжения – прирост деформаций.

По данным графиков находились механические характеристики образцов, представленные в таблице 2.

Таблица № 2

Механические характеристики образцов древесины

№ п/п	Наименование характеристик	Кол-во образцов, п, шт.	Напряжение, σ МПа	Коэффициент вариации, V, %	Показатель точности, Δ , %
1	Сжатие	10	9,8	9,4	5,3
2	Смятие	10	11,4	8,0	5,0
3	Соотношение $\sigma_{см}/\sigma_c$	10	0,83	2,5	2,0

При разрушении наблюдали трещину в призме, по границе штампа, местное выкрашивание бетона. На рис.4 показаны типичные разрушения образцов.



Рис. 4. – Образцы бетона, после испытания.

По результатам исследования установлено:

– соотношение предельных напряжений смятия плоским штампом вдоль волокон к напряжениям сжатия вдоль для древесины имеет значение —0,83 Выборочный коэффициент вариации значения соотношения — 6%, показатель точности—2,6%;

– для бетонных образцов, соотношение предельных напряжений смятия к напряжениям сжатия для имеет значение —0,83. Выборочный коэффициент вариации значения соотношения — 2,5 %, показатель точности—2,0 %.

Литература

1. Godycki T., Pawlica J. Verbunddecke aus Holzrippen und Betonplatte-Forschungsergebnisse und Ausführungsbeispiele//Bauingenieur.1984. № 59. pp.5-6.

2. Holschemacher K., Selle R., Schmidt J., Kieslich H. Wood-Concrete-Composite // Betonkalender. 2013. pp. 241–287.
3. Dias A., Skinner J., Crews K., Tannert T. Timber-concrete-composites increasing the use of timber in construction// Holz Roh Werkst. 2015. №74. pp. 443–451.
4. Дмитриев П.А. Орлович. Р.Б. Об усилении деревянных перекрытий реконструируемых зданий путем включения балок в совместную работу с железобетонной плитой// Изв. вузов. Строительство. 2000. №1. С.6-10.
5. Польской П.П., Маилян Д.Р. Композитные материалы - как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений //Инженерный вестник Дона, 2012, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307/.
6. Klyuev A.V., Kashapov N.F., Klyuev S.V., Lesovik R.V., Ageeva M.S., Fomina E.V., Ayubov N.A. Development of alkali-activated binders based on technogenic fibrous materials// Construction Materials and Products. 2023. №6 (1). pp. 60 – 73. URL: doi.org/10.58224/2618-7183-2023-6-1-60-73
7. Klyuev A.V., Kashapov N.F., Klyuev S.V., Zolotareva S.V., Shchekina N.A., Shorstova E.S., Lesovik R.V., Ayubov N.A. Experimental studies of the processes of structure formation of composite mixtures with technogenic mechanoactivated silica component//Construction Materials and Products. 2023. № 6 (2). pp. 5 – 18. URL: doi.org/10.58224/2618-7183-2023-6-2-5-18
8. Pukharens Yu.V., Khrenov G.M., Kluev S.V., Khezhev T.A. Eshanzada S.M. Design of steel fiber-reinforced concrete for slip forming. Construction Materials and Products. 2024. 7 (5). URL: doi.org/10.58224/2618-7183-2024-7-5-2
9. Дмитриев П.А. Экспериментальные исследования соединений элементов деревянных конструкций на металлических и пластмассовых

нагелях и теория их расчета с учетом упруго-вязких и пластических деформаций.: дисс ... д-ра. тех. наук наук: 2.1.1. Новосибирск,1975 . 508 с .

10. Цапаев В. А., Гущин В.П., Торопов А.С. Изгиб стального пластинчатого нагеля в соединениях составных многокомпонентных конструкций // Проблемы строительного и дорожного комплексов. Брянск: БГИТА.2006. № 4. С.84-89.

11. Дежин М.А., Гнедина Л.Ю. Повышение достоверности результатов испытаний соединений деревянных балок. // Инженерный вестник Дона, 2013, № 10. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n10y2023/8765/.

References

1. Godyski T., Pawlica J. `Bauingenieur`,59(1984).pp.5-6.
2. Holschemacher K., Selle R., Schmidt J., Kieslich H. Betonkalender: Berlin, Germany; 2013. pp. 241–287.
3. Dias A., Skinner J., Crews, K., Tannert T. Holz Roh Werkst. 2015. 74, pp.443–451
4. Dmitriyev P.A., Orlovich R.B. Izv. vuzov. Stroitel'stvo. 2000. №1. pp.6-10.
5. Pol'skoy P.P., Mailyan D.R. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4r2u2012/1307/.
6. Klyuev A.V., Kashapov N.F., Klyuev S.V., Lesovik R.V., Ageeva M.S., Fomina E.V., Ayubov N.A. Construction Materials and Products. 2023. 6 (1). pp. 60 – 73. URL: doi.org/10.58224/2618-7183-2023-6-1-60-73.
7. Klyuev A.V., Kashapov N.F., Klyuev S.V., Zolotareva S.V., Shchekina N.A., Shorstova E.S., Lesovik R.V., Ayubov N.A. Construction Materials and Products. 2023. 6 (2). pp.5 – 18. URL: doi.org/10.58224/2618-7183-2023-6-2-5-18
8. Pukharenko Yu. V., Khrenov G. M., Kluev S.V., Khezhev T. A. Eshanzada S.M. 2024. 7 (5). URL: doi.org/10.58224/2618-7183-2024-7-5-2
9. Dmitriyev P.A. Eksperimental'nyye issledovaniya soyedineniy elementov derevyannykh konstruktsiy na metallicheskih i plastmassovykh nagelyakh i



teoriya ikh rascheta s uchetom uprugovo-vyazkikh i plasticheskikh deformatsiy [Experimental studies of timber construction elementson connections on metal and plastic nagels and calculation theory taking into account elastic-viscous and plastic deformations].: diss ... d-ra tekhn. nauk: 2.1.1. Novosibirsk,1975. P. 508.

10. Тсераев В. А., Гущин В. П., Торпов А. С. Брянск: ВГИТА.2006. № 4. pp.84-89.

11. Дезин М.А., Гнедина Л.Ю. Инженерный вестник Дона, 2013, № 10.
URL: ivdon.ru/magazine/archive/n10y2023/8765/.

Дата поступления: 9.11.2024

Дата публикации: 26.12.2024