

УДК 624.011.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДЕРЕВИНИ В ОТВОРАХ НАГЕЛЬНИХ З'ЄДНАНЬ ЗА ДІЇ ОДНОРАЗОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

EXPERIMENTAL RESEARCH OF WOOD NOG CONNECTION IN HOLES UNDER THE ACTION OF SINGLE LOAD

Гомон С.С., к.т.н., проф., ORCID ID:0000-0003-2080-5650, (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), Верещако О.М., магістр, викладач вищої кваліфікаційної категорії (Рівненський економіко-технологічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне), Зашко М.М., студ., (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Gomon S.S, candidate of technical sciences, professor, ORCID ID:0000-0003-2080-5650 (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), Vereshchako O.M., master, lecturer of higher qualification category (Rivne College of Economics and Technology National University of Water and Environmental Engineering), Rivne), Zashko M.M., student, (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

В статті наведено результати експериментальних досліджень роботи болтових з'єднань за дії одноразових статичних навантажень. На діаграмі деформування деревини під навантаженням в зоні контакту з нагелем середньої дошки двозрізного симетричного з'єднання є дві різні ділянки - висхідна та спадна .

The results of experimental research of the working of bolt joints due to the effort of single static loads submitted in the article. Experimental research of symmetrical bolt joints with the ratio of the thickness of the planks $t_1 / t_2 = 0,86$ and ratio rating $t_1 / t_2 = 1,0$.

On the base of the results of joint deformation of connected planks measurements and the average value of the deformation of the bolts, complete deformation diagrams were constructed.

For deformation measurements of mutual displacement of the elements of dowel joints, as well as the shear of bolts bending of all series were used by clock indicators CI-10i with scale interval 0.01 mm, which were fixed on opposite sides of the connections. After considering the results of the joint deformation measurements and the average value of the bolt deformation, new complete deformation diagrams were built.

The deformations of the bed of wood in the area of contact with the dowel under the bolt of the middle plank of connection were determined by the difference

$$\Delta_d = \Delta - \Delta_b.$$

Diagram of wood deformation under the load $(\Delta_d - F)$ in the dowel-middle plank contact area, the middle plank of the timber-plate symmetrical joint from the beginning of application of loading and to destruction has a curvilinear character similar to the diagram of deformation of wood by the action of compression along the fibers. The diagram of the deformation of wood under the load in the area of contact with the center of the middle plank of the two-fold symmetrical connection are shown two different sections. The first section is the upward curve from the beginning of loading to the maximum values of loads, and the second one is the descending one.

Ключові слова: деревина, болт, з'єднання, деформації, статичні навантаження.

Wood, bolt, joints, deformations, static loads.

Вступ. У групі з'єднань елементів дерев'яних конструкцій болтові з'єднання використовуються, поряд з цвяхами, найчастіше. Болтові з'єднання конструкцій з деревини, як правило, працюють у складі стержневих систем. Напрямок зусиль, які передаються болтом може співпадати або не співпадати з напрямом волокон (зерен) деревини в елементах конструкцій. Перший випадок є найбільш поширеним, тому він зазвичай і розглядається при дослідженні несучої здатності з'єднань на болтах. Ці з'єднання широко використовуються в дерев'яних конструкціях при зведенні спортивних, громадських, житлових, сільськогосподарських будівель та інженерних споруд.

Стан питання та задачі дослідження. З початком використання з'єднань в дерев'яних конструкціях болтів і почалися дослідження роботи цих елементів в з'єднаннях, за різних режимів навантаження, які наведені в роботах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Домінуючим в цих дослідженнях є встановлення параметрів взаємного зсуву елементів, що з'єднуються.

Картина роботи деревини на зминання в отворі болта характеризується складним нерівномірним розподіленням напружень [8, 9]. Процес деформування деревини і розподілення напружень навколо навантаженого отвору при зминанні вздовж і поперек волокон залежить від величини тривалості дії навантаження. Розвиток пластичних деформацій зумовлює в зоні отвору перерозподіл напружень в часі. Характерним є виникнення нерівномірно розподілених напружень розтягу поперек волокон, які діють у отворі. В роботах відзначається, що на величину опору зминання впливає характер місцевого зминання деревини в отворі поряд з впливом деревини, що оточує отвір з усіх сторін і яка включається в роботу одночасно зі

зминанням поверхні отвору. Але практично немає робіт присвячених процесу деформування деревини в цих отворах.

Метою даної роботи є дослідження процесу деформування деревини в напруженому отворі під болти зі зростом одноразових навантажень.

Методика досліджень. Для досягнення даної мети в науково-дослідній лабораторії НУВГП проведено випробування ряд двоболтових двохзрізних з'єднань, які були виготовлені з деревини сосни першого сорту. В з'єднаннях використовувалися сталеві болти класу 5.8. Для вимірювання деформацій взаємного зсуву елементів нагельних з'єднань, а також зсуву зі згином болтів всіх серій були використані індикатори годинникового типу ИЧ-10н з ціною поділки 0,01 мм, які були закріплені з протилежних сторін з'єднань (рис. 1).

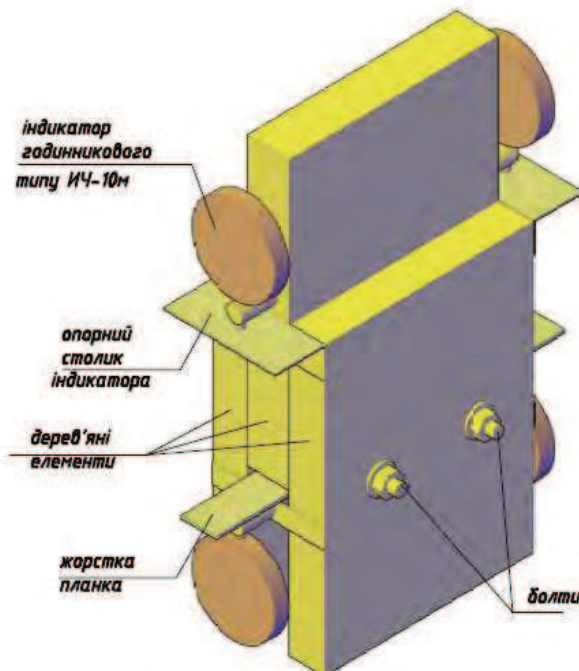


Рис. 1 – Загальний вигляд болтового з'єднання

Проводилося також вимірювання відносних деформацій розтягнутої та стиснутої зони болтів за згину які здійснювали за допомогою тензодатчиків з базою 20 мм, наклеєних з кожної з сторін болта (рис. 2). Для реєстрації показів датчиків використана тензометрична вимірювальна система СИИТ-3М.

Для забезпечення необхідної точності експерименту шкала пресу при випробуваннях становила 25 кН і не перевищувала очікувану величину руйнівного зусилля більше ніж в 1,5-2 рази. Випробування проводилися за жорсткого режиму роботи з'єднання, тобто величина ступеню зростання зусилля при навантаженні всіх зразків прийнята по приросту деформацій взаємного зсуву між середньої та крайніми дошками з'єднання, яке на кожному ступені було прийнято однаковим за однаковий період часу t .



Рис. 2 – Схема розміщення тензодатчиків на болтах

Випробування всіх з'єднань проводилось при стиску на машині Р-5 (рис.3).



Рис. 3 – Болтове з'єднання під навантаженням

Результати досліджень. За результатами вимірювань деформування з'єднання та середнього значення деформування болтів побудовано повні діаграми деформування, які представлені для з'єднання з відношенням

товщини дощок $t_1 / t_2 = 0,86$ на рис.4 та на рис.5 для з'єднання з відношенням товщини дощок $t_1 / t_2 = 1,0$.

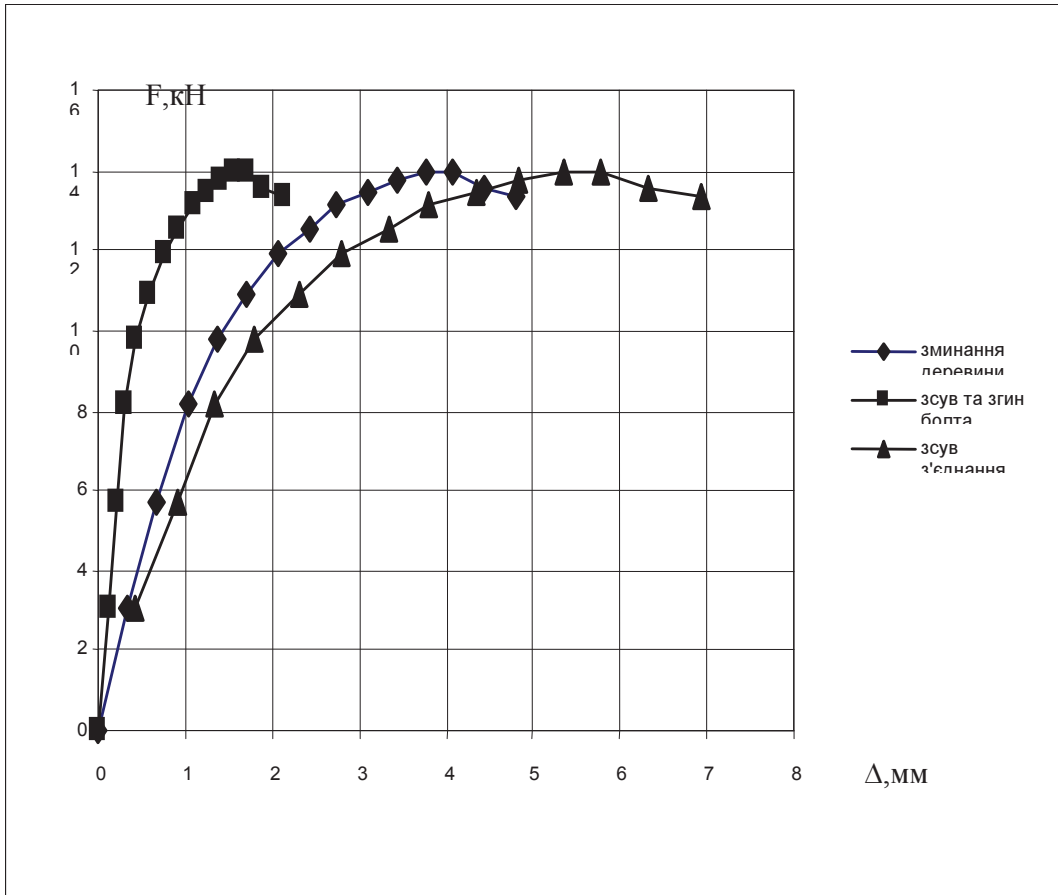


Рис. 4. Діаграми деформування (зсуву з прогином) болтів діаметром 8 мм, зсуву симетричних нагельних з'єднань та змінання (стиску) деревини контактної поверхні отвору середньої дошки за дії одноразового статичного навантаження при співвідношенні елементів $t_1 / t_2 = 0,85$

Повні деформації зсуву болтового з'єднання складається з деформацій деревини постелі отвору та деформацій згину болта під навантаженням. Тоді деформації постелі деревини в зоні контакту з нагелем під болтом середньої дошки з'єднання визначаються з різниці

$$\Delta_d = \Delta - \Delta_b, \quad (1)$$

де Δ_d – деформації змінання постелі деревини середньої дошки в отворі під болтом; Δ – деформації зсуву з'єднання; Δ_b – сумарні деформації зсуву та прогину болта під середньою дошкою.

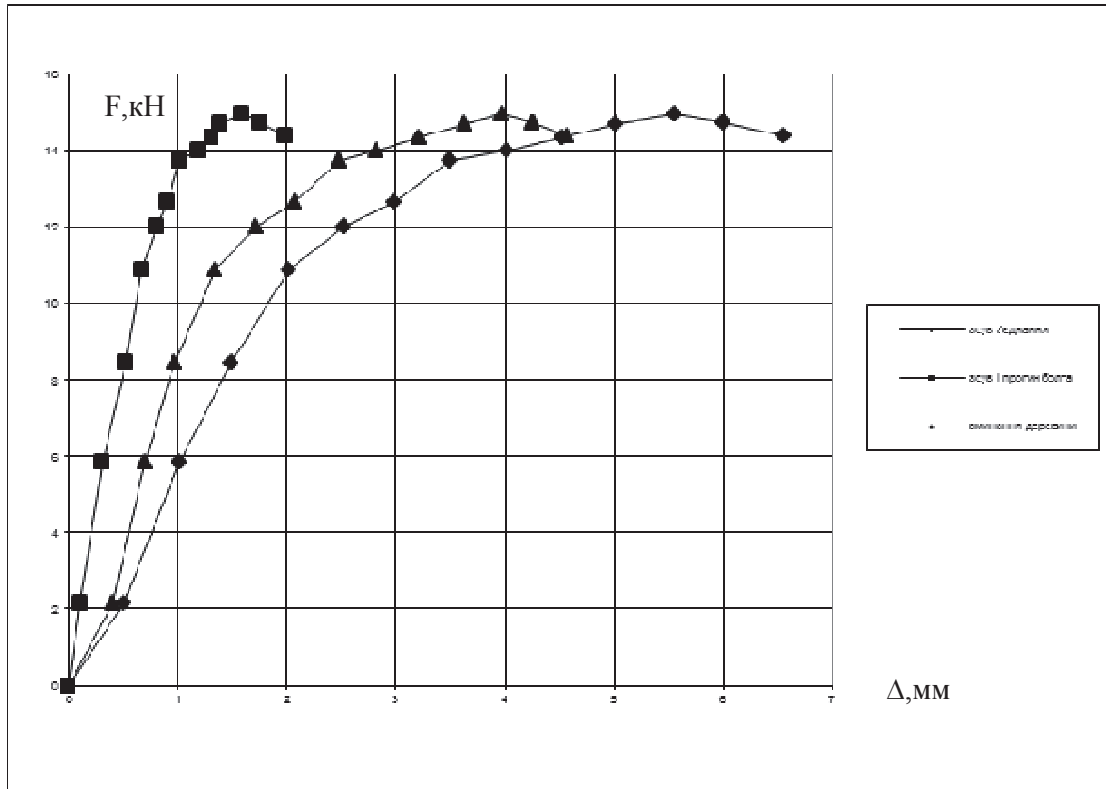


Рис. 5. Діаграми деформування (зсуву з прогином) болтів діаметром 8 мм, зсуву симетричних нагельних з'єднань та зминання (стиску) деревини контактної поверхні отвору середньої дошки за дії одноразового статичного навантаження при співвідношенні елементів $t_1 / t_2 = 1,0$

Діаграми деформування деревини під навантаженням ($\Delta_d - F$) в зоні контакту з нагелем середньої дошки двозрізного симетричного з'єднання показана на рис. 4 та на рис.5.

Як видно з рис. 4 та 5 діаграми зминання деревини в отворах під болти мають криволінійний характер починаючи з початку прикладення навантаження до зразків нагельного з'єднання аж до руйнування. Також діаграми мають явно виражену спадну ділянку. Це говорить про те, що під навантаженням деревина деформується однаково як в складі елемента конструкції з деревини так і в з'єднаннях конструкцій з деревини (рис. 4 та рис. 5).

Завдяки жорсткому режиму прикладення навантаження [10, 11] вдалося спостерігати повну картину роботи деревини за стиску вздовж волокон в зоні контактної поверхні з нагелем в отворі під болтом.

Для побудови діаграм (рис.4 та рис.5) деформування деревини під навантаженням ($\Delta_d - F$) в зоні контакту з нагелем середньої дошки двозрізного симетричного з'єднання було проведено відповідну обробку діаграм “навантаження – деформації зсуву” з'єднання та “навантаження – зсув з прогином” болтів. Діаграма деформування деревини під

навантаженням ($\Delta_d - F$) в зоні контакту з нагелем середньої дошки двозрізного симетричного з'єднання з початку прикладення навантаження і до руйнування має криволінійний характер подібний діаграмі деформування деревини за дії стиску вздовж волокон. На діаграмі деформування деревини під навантаженням ($\Delta_d - F$) в зоні контакту з нагелем середньої дошки двозрізного симетричного з'єднання видно два різних відрізки. Перший відрізок це висхідна крива від початку завантаження до максимальних значень навантажень. Кут дотичної до кривої з віссю напруження від початкового в точці 0 до вершини постійно збільшується і доходить до 90^0 . Проходять зміни в структурі деревини в зоні, що примикає до лінії контакту. Інша частина зразка поза зоною контакту залишається щільною. Зразу ж за максимальним рівнем прикладення навантаження, що починається з цього моменту, в обох випадках, ділянка діаграми зі спадною віткою, який чітко спостерігається на графіках (рис. 4 та рис 5). Ділянка спадної вітки має тривалий характер.

Висновки. 1. У результаті проведених досліджень були отримані нові дані щодо діаграми зминання деревини в отворах під болтом в залежності від зросту зовнішніх навантажень.

2. Діаграми зминання деревини в отворах під болтом в залежності від зовнішніх навантажень мають криволінійний характер починаючи з початку прикладення навантаження і до руйнування.

3. Діаграми зминання деревини в отворах під болтом в залежності від зовнішніх навантажень має спадну ділянку.

1. Гомон С.С. Процес деформування нагельного з'єднання з деталей сухої та вологої деревини / С.С. Гомон, В.Ц. Глогов'як, Л.Є. Мацьоха, І.О. Стасюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Рівне, 2003. – Вип. 10. – с. 15–22.

Gomon S.S. Protses deformuvannya nahel'noho z'yednannya z detaley sukhoyi ta volohoyi derevyiny / S.S. Gomon, V.TS. Hlohov'yak, L.YE. Mats'okha, I.O. Stasyuk // Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy: zbirnyk naukovykh prats'. – Rivne, 2003. – Vyp. 10. – s. 15–22.

2. Дмитриев П.А. Исследование длительной несущей способности соединений деревянных элементов на стальных нагелях / П.А. Дмитриев // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1973. – №5. – с. 124 – 132.

Dmitriyev P.A. Issledovaniye dlitel'noy nesushchey sposobnosti soyedineniy derevyannykh elementov na stal'nykh nagelyakh / P.A. Dmitriyev // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. – 1973. – №5. – s. 124 – 132.

3. Дмитриев П.А. О неиспользуемых резервах в проектировании соединений на стальных цилиндрических нагелях / П.А. Дмитриев, Ю.Д. Стрижаков // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 2000. – №9. –с. 9 – 12.

Dmitriyev P.A. O neispol'zuyemykh rezervakh v proyektirovanii soyedineniy na stal'nykh tsilindricheskikh nagelyakh / P.A. Dmitriyev, YU.D. Strizhakov // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. – 2000. – №9. –s. 9 – 12.

4. Коцегубов В.П. К оценке несущей способности многонагельных узловых соединений деревянных конструкций / В.П. Коцегубов, В.А. Кононов // В сб.: Легкие конструкции зданий.– Ростов-на-Дону: РИСИ. – 1986. – с. 56 – 60.

Kotsegubov V.P. K otsenke nesushchey sposobnosti mnogonagel'nykh uzlovykh soyedineniy derevyannykh konstruktsiy / V.P. Kotsegubov, V.A. Kononov // V sb.: Legkiye konstruktsii zdaniy.– Rostov-na-Donu: RISI. – 1986. – s. 56 – 60.

5. Орлович Р.Б. Тенденции в развитии соединений деревянных конструкции в строительстве за рубежом / Р.Б. Орлович, З. Гиль, П.А. Дмитриев // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 2004. – №11. – с. 4 – 9.

Orlovich R.B. Tendentsii v razvitii soyedineniy derevyannykh konstruktsii v stroitel'stve za rubezhom / R.B. Orlovich, Z. Gil', P.A. Dmitriyev // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. – 2004. – №11. – s. 4 – 9.

6. Алексієвєць В.І. Робота та розрахунок сталевих нагельних з'єднань дерев'яних конструкцій за повторних навантажень/ Валентин Іванович Алексієвєць// Дисертація к. т. н. – Рівне, НУВГП, 2011.– 156 с.

Aleksiyevevets' V.I. Robota ta rozrakhunok stalevykh nahel'nykh z'yednan' derev'yanykh konstruktsiy za povtornykh navantazhen'/ Valentyn Ivanovych Aleksiyevevets'// Dysertatsiya k. t. n. – Rivne, NUVHP, 2011.– 156 s.

7. Santos, C.L., Morais, J.J.L. Mechanical behaviour of wood T-joints. Experimental and numerical investigation. Fracture and Structural Integrity 31(2015): 23-37.

8. Дмитриев П.А. Исследование прочности древесины на смятие в отверстиях поперек волокон при действии кратковременных и длительных нагрузок / П.А. Дмитриев, Ю.Д. Стрижаков // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1969. – №7. – с. 22 – 28.

Dmitriyev P.A. Issledovaniye prochnosti drevesiny na smyatiye v otverstii poperek volokon pri deystvii kratkovremennykh i dlitel'nykh nagruzok / P.A. Dmitriyev, YU.D. Strizhakov // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. – 1969. – №7. – s. 22 – 28.

9. Коченов В.М. Несущая способность элементов и соединений деревянных конструкций / В.М. Коченов. –Москва: Государственное издательство. – 1953. – 320 с.

Kochenov V.M. Nesushchaya sposobnost' elementov i soyedineniy derevyannykh konstruktsiy / V.M. Kochenov. – Moskva: Gosudarstvennoye izdatel'stvo. – 1953. – 320 s.

10. Иванов А.М. Исследования диаграммы механических испытаний древесины / А.М. Иванов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1959. – №4. – с. 116 – 122.

Ivanov A.M. Issledovaniya diagrammy mekhanicheskikh ispytaniy drevesiny / A.M. Ivanov // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura. – 1959. – №4. – s. 116 – 122.

11. Гомон С.С. Диаграми механічного стану деревини сосни за одноразового короткочасного деформування до повної втрати міцності матеріалу/С.С. Гомон, С.С. Гомон, Т.А. Сасовський//Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць.- Рівне: Вид-во НУВГП, 2012. – Вип 23. – с. 166-171.

Gomon S.S. Diahramy mekhanichnoho stanu derevyny sosny za odnorazovoho kortokochasnoho deformuvannya do povnoyi vtraty mitsnosti materialu/S.S. Gomon, S.S. Gomon, T.A. Sasovs'kyy//Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy: Zb. nauk. prats'.- Rivne: Vyd-vo NUVHP, 2012. – Vyp 23. – s. 166-171.