

Biomass, biogas, bioethanol, fuel granules, biodiesel, wind generator, solar power, small HPPs, green tariff.

УДК 624.011.2

ОСОБЛИВОСТІ ДЕФОРМУВАННЯ ДЕРЕВИНОСТРУЖКОВИХ ПЛИТ З КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРУЖЕНЬ ПРИ ЗГІНІ

А.П. Пилипенко, кандидат технічних наук

*В.Б. Березін, аспірант**

О.О. Івченко, студент

Проведено дослідження процесів деформування і руйнування деревинностружкових плит без концентраторів напружень та з концентраторами напружень у вигляді круглих отворів при трьох точковому згині. В результаті проведення механічних випробувань, з використанням оптичних методів, встановлені особливості зміни поля деформації плит ДСП в залежності від величини послаблення поперечних перерізів.

Деформування, руйнування, деревинностружкова плита, концентратор, напруження.

Постановка проблеми. З метою зменшення витрат цільної деревини все більшого застосування при виробництві виробів, які традиційно виготовлялись із цільної деревини, набувають ДСП, ДВП, MDF, HDF, OSB, термодерешина та ін. [1, 2, 5, 6, 7]. За своїми механічними характеристиками вони істотно відмінні від натуральних матеріалів [3, 4, 7]. Зважаючи на структурну неоднорідність вище перелічених матеріалів, їхня механічна поведінка при різних видах навантаження буде значно різнитися. Саме встановленню особливостей деформування і руйнування деревинностружкових плит при трьох точковому згині присвячена дана робота.

Мета досліджень – дослідити особливості деформування і руйнування деревинностружкових плит з урахуванням впливу концентраторів напружень при трьох точковому згині.

Методика і матеріали досліджень. Випробування проводились в лабораторії статичних випробувань кафедри

*Науковий керівник – доктор технічних наук М.Г. Чаусов

© А.П. Пилипенко, В.Б. Березін, О.О. Івченко, 2013

механіки та опору матеріалів Національного університету біоресурсів і природокористування України на серійній випробувальній машині FM-1000 виробництва VEB Thüringer Industriewerk Rauenstein (Німеччина). Технічні характеристики машини дозволяють прикладати максимальне навантаження в 10 кН з регульованою швидкістю переміщення опорних траверс від 2 до 90 мм/хв. В даній роботі швидкість переміщення опорних траверс складала 2,5 мм/хв.

Величину діючого зусилля на зразок вимірювали за допомогою тензодинамометра ДСТ-5 (точність вимірювання $\pm 1\%$) (поз.1), переміщення за допомогою тензометра ІМДТ-20 (точність вимірювання $\pm 0,5\%$) (поз.2), відстань між опорами на траверсі (поз.3) становила 200 мм (див. рис. 1).

Для визначення полів деформацій використовувався власний програмний оптичний комплекс у складі камери Casio Exilim EX-1, LED-прожекторів і спеціалізованого комп'ютерного забезпечення для обробки цифрових зображень [8]. У якості дослідних зразків використовувались ламіновані деревинностружжкові плити товщиною 16, 18, 25, 38 мм. Поперечний переріз зразків мав квадратну форму з розміром сторони рівній товщині плити.

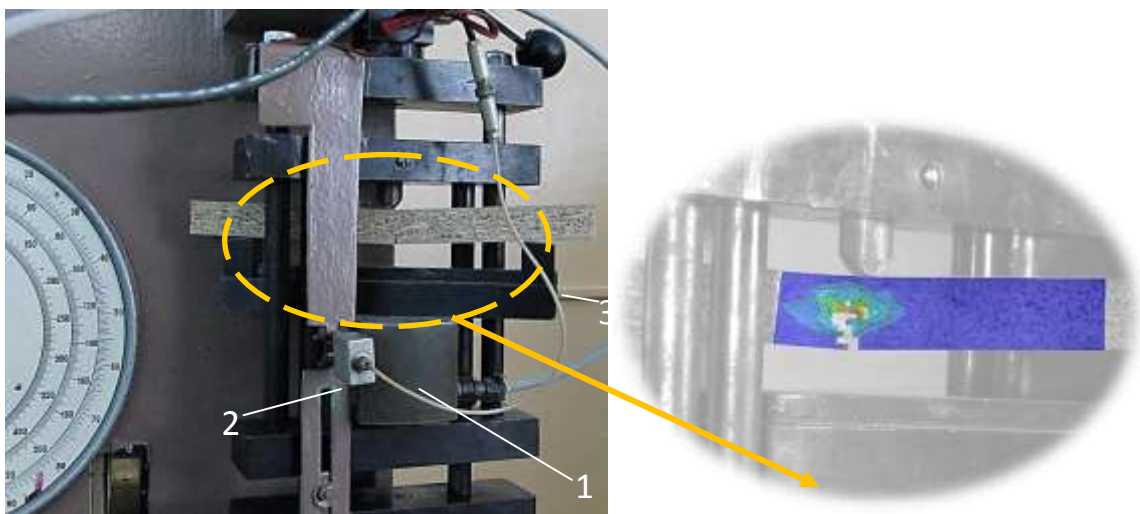


Рис. 1. Вигляд випробувальної установки для випробування на згин: а – загальний вигляд навантажувальної системи; б – поле деформації зразка в зоні прикладання навантаження; 1 – тензодинамометр; 2 – тензометр; 3 – траверса.

Запис діаграм деформування виконувався в реальному часі за допомогою комп'ютерної вимірювальної системи FastReg (див. рис. 2) [9]. Для обробки сигналів від тензодатчиків використовувались нормалізатори сигналів Adam 3016 і аналого-цифровий перетворювач DAQ 9113 модем PCI 8912.

Результати досліджень. Характерна діаграма деформування деревиностружкових плит при трьох точковому згині подана на рис. 2. За характером діаграма деформування має пружно-пластичний вигляд, руйнування відбувається раптово, майже крихко.

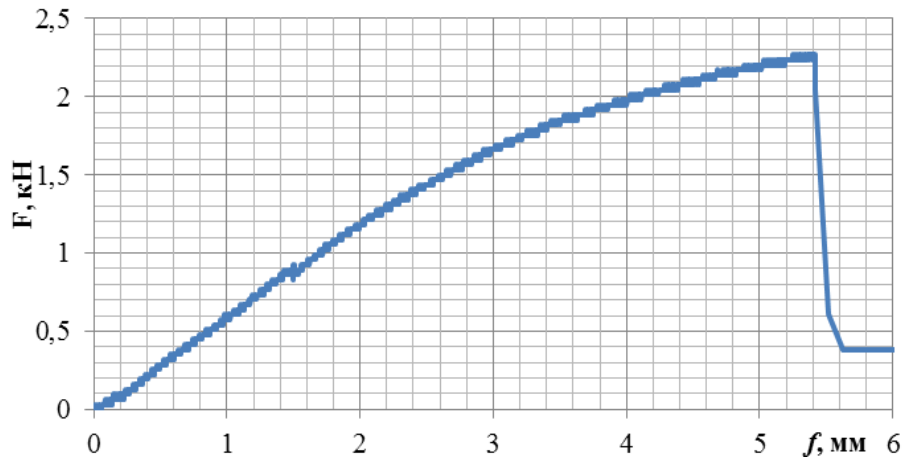


Рис. 2. Діаграма деформування зразка без концентратора напружень із деревиностружкової плити товщиною 38 мм.

Якісно форма діаграм деформування зразків з концентраторами напружень незначно відрізняється від діаграм деформування суцільних зразків, руйнування в даному випадку також відбувається майже крихко. Для наочної ілюстрації зміни несучої здатності зразків з різними концентраторами напружень та вирізаних з плит різної товщини, на рис. 3. наведені величини руйнівних навантажень.

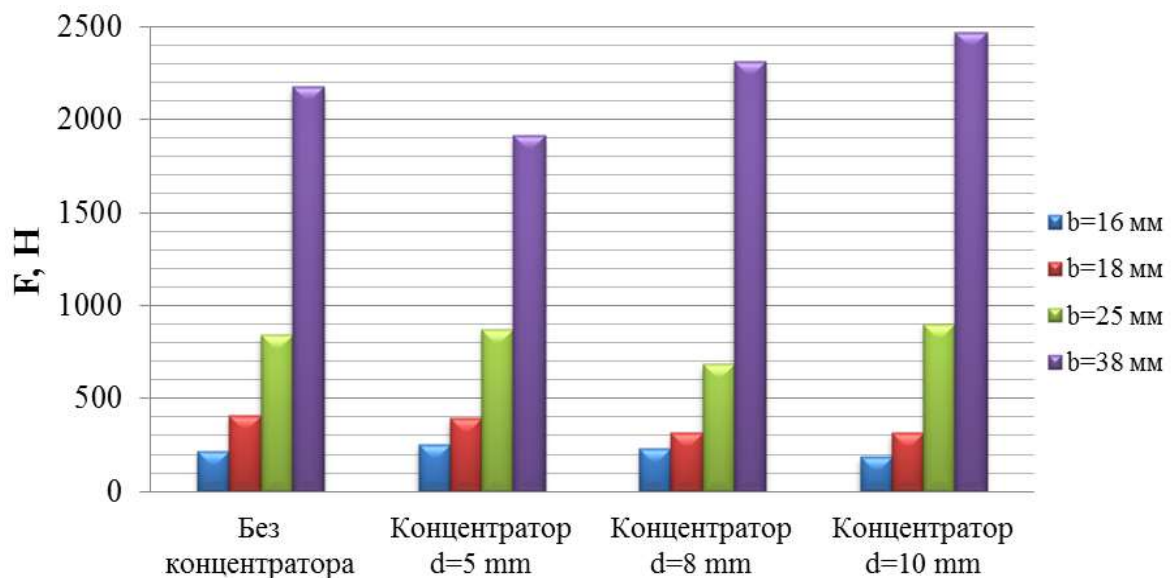


Рис. 3. Руйнівні навантаження при згині для ДСП різної товщини в залежності від розмірів концентраторів напружень.

Середнє напруження згину визначали за формулою $\sigma_{32} = \frac{M}{W_y}$ [4, 10], де M - згинальний момент; W_y - осьовий момент опору мінімального перерізу зразка.

Характерні діаграми деформацій зразків без концентраторів напружень, вирізаних з плит різної товщини, подані на рис. 4.

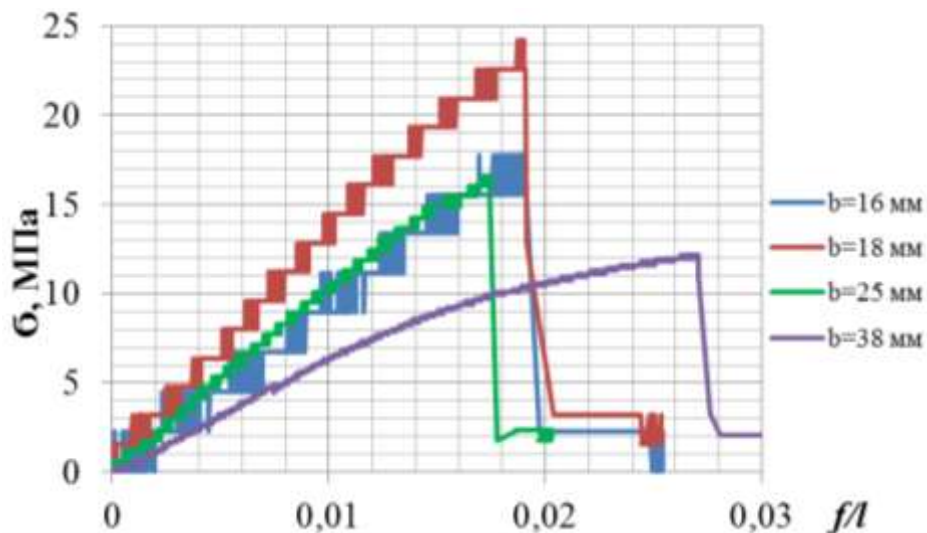


Рис. 4. Діаграми деформацій деревностружкових плит без концентраторів напружень товщиною 16, 18, 25, 38 мм.

Аналіз отриманих результатів показав, що найбільша міцність зафіксована на зразках товщиною 18 мм (межа міцності за середніми напруженнями сягала 24,2 МПа), найменша – 12,1 МПа на зразках товщиною 38 мм.

Найбільша деформативність до руйнування зафіксована на зразках товщиною 38 мм, максимальний прогин в даному випадку порядку 5,5 мм (відносний прогин $f/l = 0,027$), мінімальна – на зразках товщиною 25 мм – максимальний прогин $\sim 3,4$ мм (відносний прогин $f/l = 0,017$).

Результати випробувань деревностружкових плит на трьох точковий згин виявили, що строгої залежності між міцністю зразків і товщиною плит, з яких їх виготовляли, не існує. Це цікавий результат і його можна пояснити структурною і розмірною неоднорідністю складових матеріалу плит. Наприклад, при згинанні зразків без концентраторів напружень найкраще поєднання між цими чинниками виявлено для плит товщиною 18 мм (див. рис. 5).

В якості концентраторів напружень вибирали найбільш поширені отвори діаметром 5, 8, 10 мм, що використовуються в з'єднаннях дерев'яних виробів.

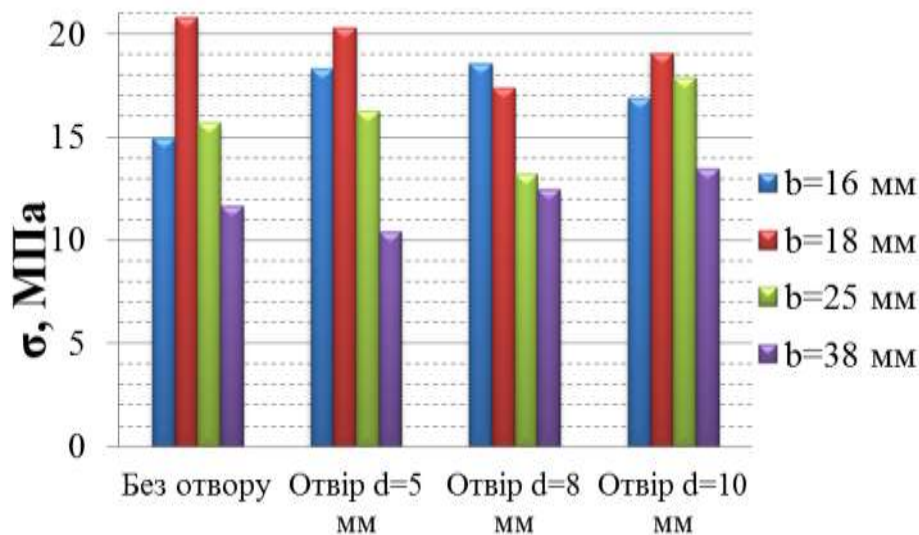


Рис. 5. Значення меж міцності деревинностружкових плит в залежності від розмірів концентратора напружень і товщини плити.

При випробуваннях зразків з різними розмірами концентраторів напружень зберігається загальна тенденція, що максимальні напруження витримують зразки товщиною 18 мм. Проте механічна поведінка зразків при наявності концентраторів напружень діаметром 8 мм не підпорядковується загальній тенденції. Найбільший вплив на показники міцності в зразках із плит товщиною 16 мм чинить концентратор напружень діаметром 10 мм. Для зразків товщиною 25 і 38 мм найбільш небезпечними виявились, відповідно, концентратори напружень діаметром 8 і 5 мм (див. рис. 5).

Зважаючи на таку складну ситуацію зі зміною показників міцності в залежності від діаметру концентратора напружень, постає необхідність з'ясування більш детальних особливостей деформування матеріалу зразків по всій висоті перерізів. З цією метою був застосований програмний комплекс для дослідження поля деформації, який базується на методі кореляції цифрових зображень [10,11,12,13,14,15]. Типові картини полів деформацій зразків без концентраторів напружень і з ними, отриманих за допомогою програмного комплексу, подані на рис. 6-9. В якості оціночного показника результатів випробування прийняті максимальні головні деформації, визначені на основі тензора Лагранжа.

Аналізуючи картини розподілу поля деформації (рис. 6), привертає увагу та обставина, що в зразках без концентратора напружень товщиною 16 мм локалізація деформацій на початковому етапі спостерігається на неоднорідностях і включеннях (своєрідних малих концентраторах гострої форми), з подальшим створенням в цих зонах мікротріщин, які потім об'єднуються в одну макротріщину у

розтягнутій зоні. Саме з цим, на нашу думку, і пов'язане зменшення міцності таких зразків, в порівнянні з товщиною 18 мм. На рис. (рис. 6, а) показано поле деформації зразка товщиною 16 мм.

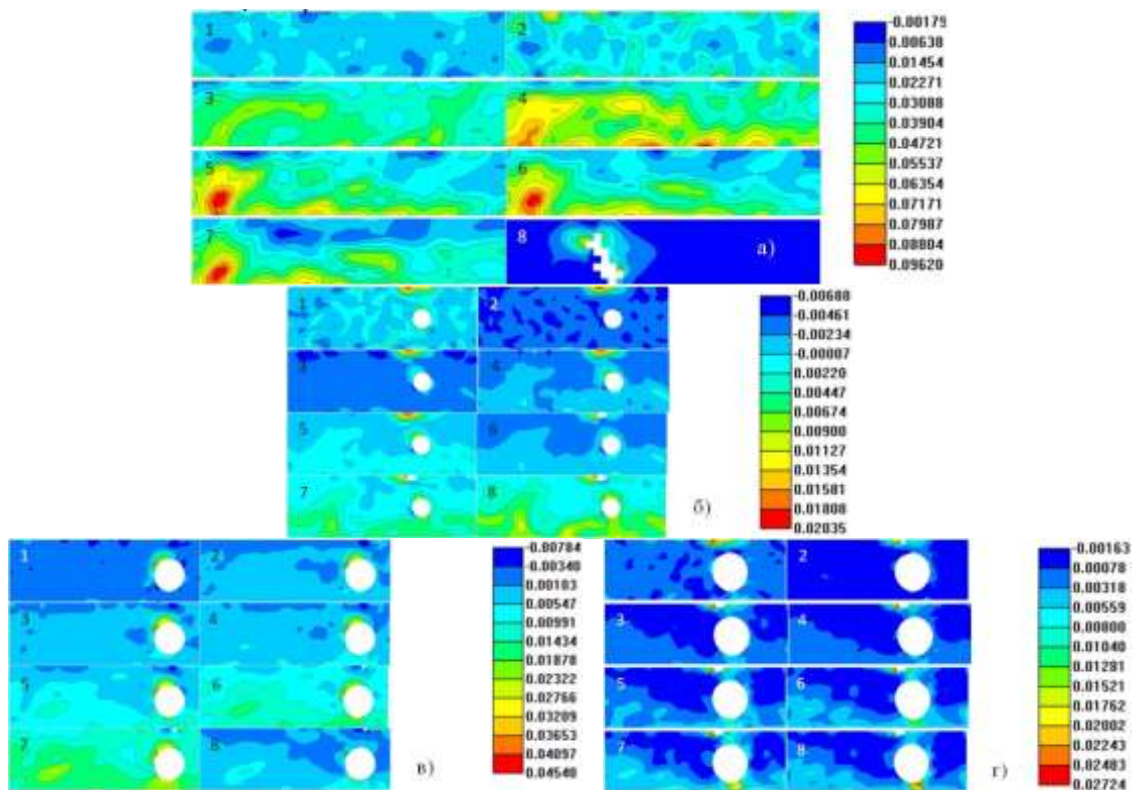


Рис. 6. Поле деформації зразка товщиною 16 мм: а – без концентратора напружень; б – з концентратом напружень у вигляді отвору діаметром 5 мм; в,г – аналогічно з концентраторами напружень, відповідно, 8 і 10 мм.

За наявності концентратора у вигляді круглого отвору максимальні величини деформацій знаходяться біля точки прикладання навантаження (в стиснутій зоні, вище концентратора напружень) (див. рис. 6, б, в, г) і лише у зразку з отвором діаметром 10 мм переміщується в розтягнуту зону наприкінці процесу деформування, що призводить до зменшення міцності зразка (див. рис. 5, 6, г). Серед зразків з концентраторами напружень максимальні головні деформації (за тензором Лагранжа) виявлені у зразка з отвором діаметром 8 мм (найбільш міцного) вони становлять 0,045, що менше в порівнянні з суцільним зразком, де вони склали 0,096.

Аналогічна до попереднього випадку спостерігається картина розподілу поля деформації і в суцільному зразку товщиною 18 мм, локалізація деформацій спостерігається на заключних стадіях деформування в розтягнутій зоні. Разом з тим в даній розмірній групі суцільний зразок виявився найміцнішим. Він також був найменш

податливим – головні деформації знаходились на рівні 0,008 (рис. 7, а), максимальні головні деформації зафіксовані у зразка з отвором 10 мм – 0,231 (рис. 7, г), що зайвий раз вказує на задовільне узгодження розмірів структурних елементів та товщини плити.

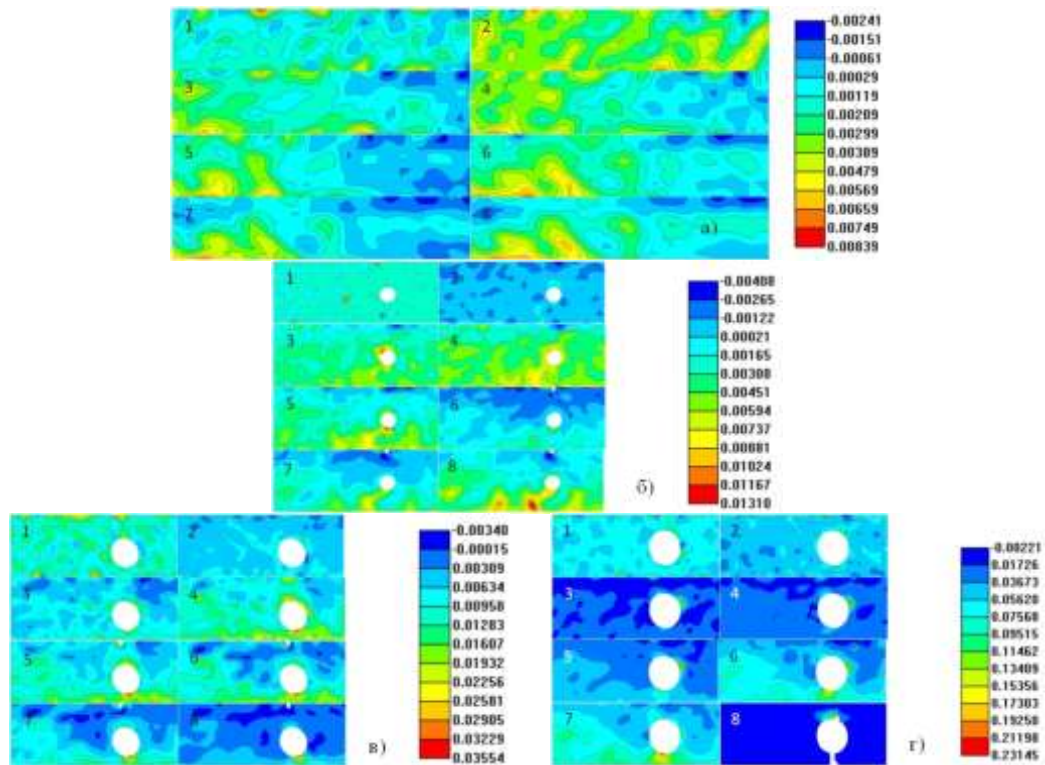


Рис. 7. Поле деформації зразка товщиною 18 мм: а – без концентратора; б – з концентратором напружень у вигляді отвору діаметром 5 мм; в,г – аналогічно з концентраторами напружень, відповідно, 8 і 10 мм.

Картини розподілу поля деформації в суцільних зразках товщиною 25 мм аналогічні до попередніх, на них також спостерігаються структурні неоднорідності матеріалу плити, зона їхньої концентрації в процесі деформації зміщується також донизу. Максимальні величини повної деформації знаходяться біля ламінованого покриття і на структурних неоднорідностях. Така сама ситуація спостерігається на зразках з отворами 5 і 8 мм. Дещо інша картина спостерігається в зразку з отвором 10 мм, де концентрація поля деформацій переміщується вгору і макротріщина розповсюджується в цьому напрямку. Саме тому даний зразок виявився найбільш міцним з максимальною деформацією 0,032 (див. рис. 8, г).

Характер деформування зразків, виготовлених з плит товщиною 38 мм, аналогічний до зразків товщиною 25 мм. Найбільша величина головної деформації зафіксована у зразку з

отвором 10 мм – 0,157, який також виявився найбільш міцнішим. Для зразків з концентраторами напружень менших розмірів локалізація максимальних деформацій переміщувалась традиційно в розтягнуту зону, що і відбилося на їх міцності (див. рис. 5, 9, б, в).

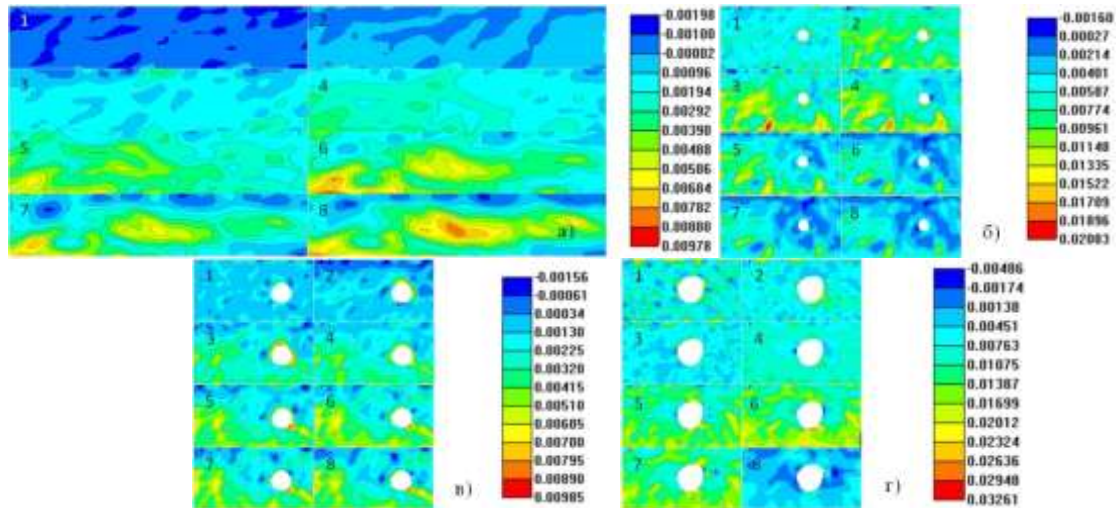


Рис. 8. Поле деформації зразка товщиною 25 мм: а – без концентратора; б – з концентратором напружень у вигляді отвору діаметром 5 мм; в, г – аналогічно з концентраторами напружень, відповідно, 8 і 10 мм.

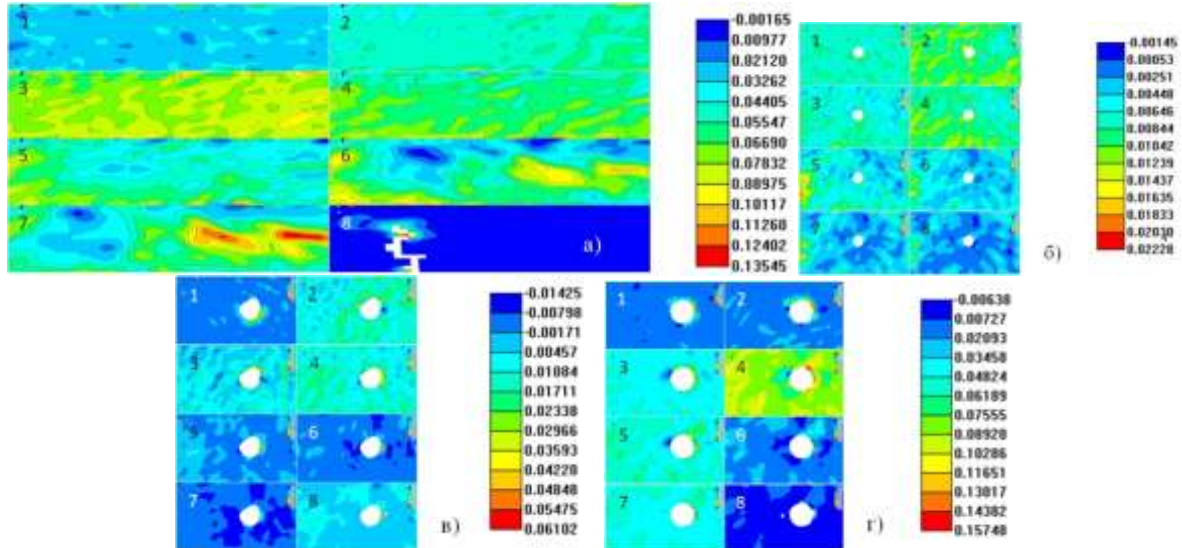


Рис. 9. Поле деформації зразка товщиною 38 мм: а – без концентратора; б – з концентратором напружень у вигляді отвору діаметром 5 мм; в, г – аналогічно з концентраторами напружень, відповідно, 8 і 10 мм

Висновки

1. Зі збільшенням товщини деревинностружкових плит спостерігається тенденція до зменшення їх міцності.

2. Існують певні співвідношення між товщиною плит і розмірами структурних елементів плит, за яких досягається максимальна міцність.

3. Локалізація деформацій при згині ДСП відбувається на структурних неоднорідностях і їх величина іноді значно перевищує локалізацію навколо концентратора напружень круглої форми.

4. Зафіксовано, що в деяких випадках наявність концентратора напружень круглої форми сприяє підвищенню міцності ДСП за рахунок зменшення кривизни концентраторів (викликаних структурною будовою ДСП) менших розмірів але більшої інтенсивності.

5. Розкриття специфічних особливостей деформування і руйнування деревинностружкових плит при згині з концентраторами напружень у вигляді отворів потребує подальших детальних досліджень.

Список літератури

1. *Волынский В.Н.* Технология древесных плит. Учебно-справочное пособие / *В.Н. Волынский.* – Архангельск, 2007. – 300 с.
2. *Леонович А. А.* Технология древесных плит [Текст] / *А. А. Леонович.* СПб. : Химиздат, 2005. – 208 с.
3. *Е.К. Ашкенази, И.П. Боксберг, Г.М. Рубинштейн, К.К. Туверов,* Анизотропия механических свойств древесины и фанеры. – Л. Гослесбумиздат, 1958. - 138 с.
4. *Механіко-технологічні властивості матеріалів: навчальний посібник / М.Г. Чаусов, В.М. Швайко, А.П. Пилипенко, М.М. Бондар.* – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф»», 2013. – 416 с.: іл..
5. *Стандарты качества для ДСП и ЛДСП [Електронний ресурс].* – Режим доступу: http://www.dyatkovo-ldsp.ru/useful_information/useful_articles/standarti_kachestva_dlya_dsp_i_ldsp.
6. *Гайда С.В.* Матеріали для виготовлення виробів з деревини / *С.В. Гайда* // Навч. посібник. – Львів: фірма «ВМС», 2000. – 160 с.
7. *Анненков В.Ф.* Повноцінний замітник натуральної деревини / *Ю.М. Грошев* // Світ меблів та паперу. – 1998. – №1. – С.10-15.
8. *Березін В.* Оптичний комплекс для безконтактного дослідження поля деформації плоскої поверхні методом кореляції цифрових зображень / *Березін В., Чаусов М., Лучко Й.* // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2011. – Т.41. – С. 30–39.
9. *Чаусов Н.Г., Засимчук Е.Э., Маркашова Л.И., Вильдеман В.Э., Турчак Т.В., Пилипенко А.П., Параца В.Н.* Особенности деформирования пластичных материалов при динамических неравновесных процессах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009 – 75. № 6. – С.52 – 59.
10. *Механіка матеріалів і конструкцій. Лаб. роботи. Навч. посібник для вузів / І.А. Цурпал, С. І. Пастушенко, М. П. Барабан, В. М. Швайко.* 3-є вид., перероб. і доп. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 272 с.: іл.
11. *Digital image correlation using Newton-Raphson method of partial differential correction / Bruck H., McNeill S., Sutton M.* [et al.] // *Experimental Mechanics.* – 1989. – V.29, №3. – P. 261–267. – DOI: 10.1007/bf02321405.

12. Панин С. Оценка деформации твердых тел по изображениям поверхности / Панин С., Сырямкин В., Любутин П. // Автометрия. – 2005. – Т.41,№2. – С. 44–58.
14. Sutton M. Three-dimensional digital image correlation to quantify deformation and crack-opening displacement in ductile aluminum under mixed-mode I/III loading / Sutton M. // Optical Engineering. – 2007. – V.46,№5. – P. 51003 – 51003. – DOI: 10.1117/1.2741279.
15. Sutton M. Image correlation for shape, motion and deformation measurements: basic concepts, theory and applications / Sutton M., Orteu J., Schreier H. – [S.I.] : Springer US, 2009. – 322 p.
16. Березін В. Дослідження поля деформації плоскої поверхні зразків матеріалів методом кореляції цифрових зображень. (Статичне навантаження) / Березін В., Чаусов М. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2011. – №2. – С. 15–20.

Проведено исследование процессов деформирования и разрушения древесностружечных плит без концентраторов напряжений и с концентраторами напряжений в виде круглых отверстий при трех точечном изгибе. В результате проведения механических испытаний, с использованием оптических методов, установлены особенности изменения поля деформации плит ДСП в зависимости от величины ослабления поперечных сечений.

Деформирование, разрушение, древесностружечная плита, концентратор, напряжение.

Investigation of deformation and destruction processes in flake board with concentrator as round holes at three point bending is carried out. In results of mechanical tests, using digital image correlation, features of deformation fields evolution in flake board depending on magnitude of cross-section reduction are shown.

Deformation, destruction, flake board, concentrator, pressure.

УДК 629.3.027.5

УТОЧНЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ МОДЕЛІ ЕЛАСТИЧНОГО КОЛЕСА

С.П. Пожидаєв, кандидат технічних наук

Еластичне колесо не можна розглядати у вигляді монолітного затверділого тіла, рівняння рівноваги якого складають із застосуванням динамічного радіуса. Його слід розглядати у вигляді двох твердих тіл, шарнірно з'єднаних між

© С.П. Пожидаєв, 2013