

Вплив контактної поверхні між шарами гофрованого картону на його механічні властивості

Д. Господінов, С. Стефанов, доктор, В. Хаджийські, Університет харчових технологій, м. Пловдив, Болгарія

Вступ

Гофрований картон широко використовується у виробництві тари та упаковки, а в останні роки став використовуватись для виробництва рекламної продукції, художніх виробів, дитячих іграшок. Підвищений попит на гофрокартон призводить до зростання обсягів його виробництва, що пов'язано із збільшенням витрат целюлози, для отримання якої необхідно використовувати цінні види дерев. Саме через це виникає необхідність в оптимізації властивостей гофрованого картону з метою зниження витрат матеріалу за одночасного збереження основних показників його якості.

Для аналітичного вирішення цього науково-практичного завдання вважаємо за доцільне застосувати метод скінченних елементів, який дає можливість детально вивчити напружений деформаційний стан гофрокартону за різних умов навантаження. У загальному вигляді гофрований картон складається із трьох шарів: двох зовнішніх і одного внутрішнього, який є гофрованим. Результуючі комплексні механічні властивості гофрокартону залежать від властивостей кожного із цих шарів та їхніх геометричних параметрів. На них також впливає і характер контакту між окре-

мими шарами. З'єднання шарів здійснюється склеюванням з використанням різних видів клею. Механічні властивості клеїв також впливають на комплексні механічні властивості гофрованого картону.

Моделювання методом скінченних елементів

Створено дві моделі гофрованого картону, що розрізняються видом контактної поверхні.

Перша модель — фрагмент гофрованого картону, розміри якого відповідають С-подібній хвилі (рис. 1, а). Модель складається із 7636 вузлових точок і 2399 квадратичних елементів типу SHELL із 6 ступенями свободи та 8 вузловими точками (рис. 2, а).

Лайнер (плоска частина гофрованого картону) має товщину 2 мм, а флютинг (гофрована частина) може змінювати розміри. Його розмір вибирається за допомогою програмного забезпечення. Це пов'язано з тим, що флютинг має складну геометричну форму.

Під час визначення контактних умов між лайнером і флютингом не враховувалися сила тертя і адгезійні та механічні характеристики використаних клеїв. Зв'язки розглядалися як ідеально жорсткі. Контактна зона задана у вигляді вузлів у ній з еквівалентними

ступенями свободи. Також у розробленій моделі прийнято припущення, що контакт здійснюється по лінії. Напружений стан розглядається відповідно до розтягувальних навантажень; прикладене навантаження зростає до максимального значення 160 Н із кроком у 8 Н.

У другій моделі контакт здійснюється по площині шириною 2 мм і довжиною, яка рівна ширині моделі. Крок і товщина відповідають хвилі «С» і показані на рис. 1, б.

На рис. 3 показано розподілення напружень у моделях за максимального навантаження 160 Н.

З рисунків видно, що в деяких областях контакту між шарами гофрокартону існує зона з нижчими значеннями напружень. Але в гофрокартоні першої моделі ця область вужча, а в другій — ширша. Можна помітити, що в гофрокартоні моделі 2 напруження менші і за межами області контакту.

Зменшення напружень призводить до зниження деформацій, внаслідок чого підвищується жорсткість гофрокартону. Це підтверджено сумарною відносною деформацією (сума відносної пружної та пластичної деформацій) за максимального навантаження 160 Н (рис. 4).

Отримані результати дали можливість побудувати еквівалентну залежність «напруження — деформація» для двох моделей (рис. 5).

Із графіка видно, що друга модель більш жорстка. Різниця в модулях пружності становить близько 7 %.

Висновок

Встановлено, що збільшення площі контакту між шарами гофрованого картону підвищує жорсткість. Це пов'язано із зміною характеру розподілу напружень у бік зменшення.

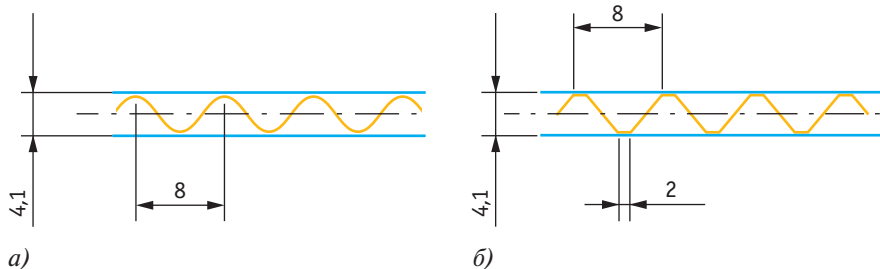


Рис. 1. Схематичне представлення розмірів гофрокартону моделей 1 (а) і 2 (б)

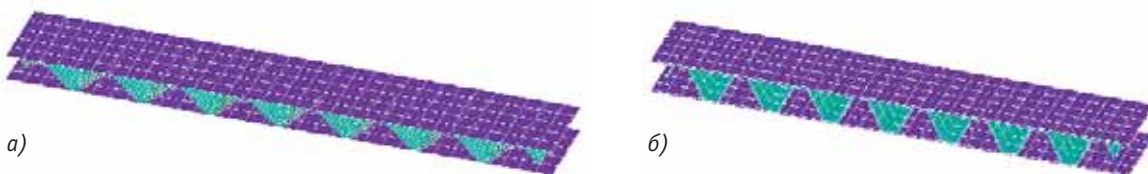


Рис. 2. Гофрокартон моделей 1 (а) і 2 (б) із сіткою скінченних елементів

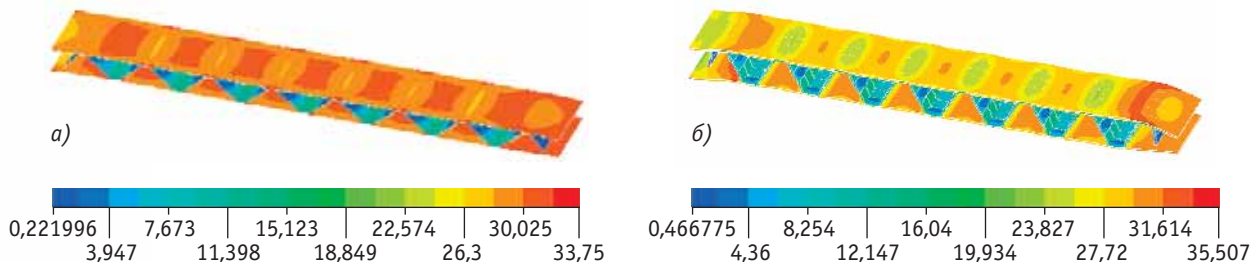


Рис. 3. Розподіл напружень у гофрокартоні моделей 1 (а) і 2 (б) за навантаження 160 Н (під рисунками дана шкала напружень)

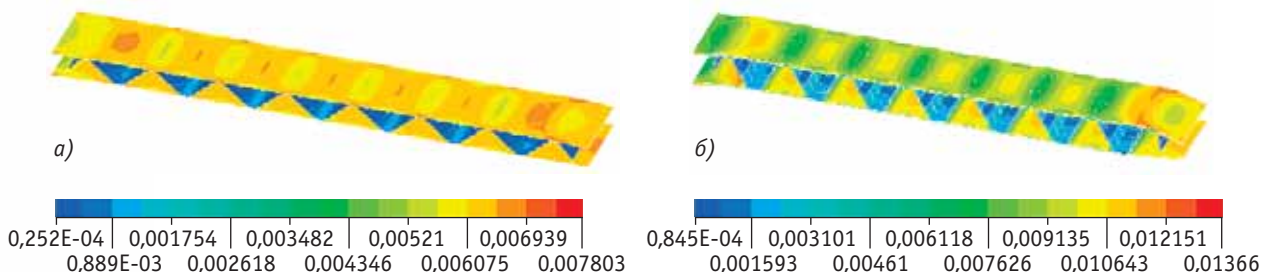


Рис. 4. Розподіл відносної сумарної деформації гофрокартону в моделях 1 (а) і 2 (б) за навантаження 160 Н

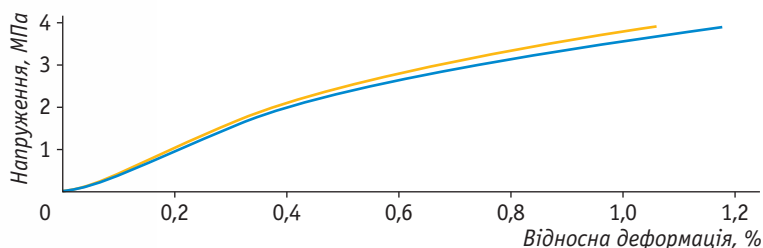


Рис. 5. Залежність напружень від деформації гофрокартону для моделей 1 і 2: контакт по лінії (—) та площі (—)

Література

1. Господинов Д., Стефанов С., Хаджийські В. Вплив параметрів рифлення на напружений стан і механічні характеристики гофрованого картону: 77-ма наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів. — Частина 2. — К.: НУХТ, 2011. — С. 168.
2. Gospodinov D., Hadjiiski V. Using of contemporary methods for engineering analyze for optimization of corrugated paperboard packages, Scientific works of UFT Plovdiv, Volume LXI, Issue 2, 2009. — P. 319–324.
3. Allaoui S., Aboura Z., Benzeggagh M.L. Effects of the environmental conditions on the mechanical behaviour of the corrugated cardboard, Composites Science and Technology 69 (2009). — P. 104–110.
4. Allaoui S., Aboura Z., Benzeggagh M.L. Phenomena governing uni-axial tensile behaviour of paperboard and corrugated cardboard, Composite Structures 87 (2009). — P. 80–92.

Влияние контактной поверхности между слоями гофрированного картона на его механические свойства

Д. Господинов, С. Стефанов, доктор, В. Хаджийски

Авторы привели данные по оптимизации свойств гофрокартона с целью снижения расхода материала при одновременном сохранении его качества. Также они рассмотрели зависимость механических свойств от геометрических параметров гофрокартона и его слоев. Метод конечных элементов использован для исследований. Увеличение площади контакта между слоями гофрокартона повышает его жесткость.

Ключевые слова: гофрокартон; механические свойства; контактная поверхность слоев.

The influence of the contact surface between the layers of corrugated cardboard on its mechanical properties

D. Gospodinov, S. Stefanov, Dr., W. Khadjiiski

The authors presented data to optimize the properties of corrugated board in order to reduce material consumption, while maintaining its quality. They also examined the dependence of mechanical properties of the geometric parameters of corrugated board and its layers. The finite element method is used for research. The increase in contact area between the layers of corrugated board increases its rigidity.

Key words: corrugated cardboard, mechanical properties, the contact surface layers.