

1,7, 2,1 м/с). Приведены результаты исследований, направленные на совершенствование процесса сушки пивной дробины со стационарным слоем.

Ключевые слова: кинетика, скорость сушки, фильтрационная сушка, влагосодержание, частицы пивной дробины.

Atamanyuk V.M., Terlych A.I., Khalaniya O.M. Filtration Drying of Brewers Grains – Brewing Industry Waste

The article presents the experimental study of the kinetics of filtration drying of brewers grains and curves are obtained concerning changes in moisture content in the brewers grains drying by varying the temperature of the drying agent (45, 60, 75, 90 °C); changes in the moisture content of grains drying by varying the layer's height (40, 80, 120, 160 mm); changes in moisture content in the brewers grains drying by varying the speed of filtering a drying agent (0.7, 1.14, 1.7, 2.1 m/s). The results of the research are aimed at improving the drying process of brewers grains with the stationary layer.

Keywords: kinetics, the rate of drying, filtration drying, moisture content, particles of brewers grains.

УДК 674.[214+422]

ДИНАМІКА ФОРМОСТІЙКОСТІ ПОРОЖНИСТИХ КЛЕЄНИХ БРУСІВ ДЛЯ СТОЛЯРНИХ ВИРОБІВ

А.Г. Безкоровайний¹, В.О. Маєвський², Є.М. Миськів³

Охарактеризовано методику проведення експериментального дослідження формостійкості порожнистих клеєних брусів для столярних виробів за умови впливу змінних температурно-вологісних полів упродовж тривалого часу. Проаналізовано показники формостійкості порожнистих клеєних брусів, зокрема їхні відхилення від прямолінійності (у площині), площинності та паралельності та величину зміни лінійних розмірів за товщиною та шириною і показано, що ці показники відповідають встановленим нормативним вимогам. Це свідчить про придатність використання таких брусів для виготовлення столярних виробів за показниками формостійкості.

Ключові слова: порожнистий клеєний брус, формостійкість, змінні температурно-вологісні поля, кліматична камера, прямолінійність, площинність, паралельність.

Постановка проблеми та актуальність досліджень. Позитивні характеристики клеєних брусів для столярних виробів, зокрема екологічність та естетичність, а також їх міцнісні показники, свідчать про перспективність цього конструкційного матеріалу. Однак висока вартість клеєних брусів для столярних виробів є однією з основних причин їхнього обмеженого попиту. Прагнення зменшити вартість клеєних брусів для столярних виробів спонукає їх виробників до пошуку таких дієвих шляхів, реалізація яких забезпечить реальну економічну ефективність. До таких шляхів традиційно відносять зменшення витрат деревини і клейових матеріалів та зменшення енерго- і трудовитрат. Зменшення витрат деревини, як найбільш вагомий показник у собівартості клеєних брусів для столярних виробів, можна досягнути різними технологічними заходами, зокрема використанням нових конструкцій таких брусів – порожнистих клеєних брусів [1, 2], у яких замість однієї або кількох ламелей (ділянок) доцільно використати довгомірні рейки (кускові відходи).

Питання збереження формостійкості порожнистих клеєних брусів для столярних виробів є недостатньо вивченим і вимагає ґрунтовнішого як теоретичного, так і експериментального дослідження, оскільки наявність порожнини у брусі в окремих випадках може бути причиною порушення його формостійкості.

Об'єкт дослідження – порожнистий клеєний брус з деревини сосни для виготовлення столярних виробів.

Предмет дослідження – формостійкість порожнистого клеєного бруса з деревини сосни для виготовлення столярних виробів за умови впливу змінних температурно-вологісних полів впродовж тривалого часу.

Метою роботи є експериментальне дослідження формостійкості порожнистих клеєних брусів з деревини сосни для виготовлення столярних виробів за умови впливу змінних температурно-вологісних полів упродовж тривалого часу.

Методика проведення експериментального дослідження. Для виготовлення експериментальних взірців порожнистих клеєних брусів для столярних виробів використано пиломатеріали та довгомірні рейки (кускові відходи) деревини сосни. Процес виготовлення експериментальних взірців здійснено з дотриманням таких основних вимог: деревина без істотних неоднорідностей структури; напрям волокон деревини – радіальний; вологість деревини $10^{\pm 2}$ %; різниця вологості деревини двох сусідніх ламелей, склеєних між собою, – не більше 1 %; температура приміщення, у якому зберігали та виготовляли взірці – $20^{\pm 2}$ °C; шорсткість поверхні заготовок під час склеювання – не більше 63 мкм для параметра шорсткості R_m ; технологічна витримка після склеювання – не менше 12 год. Для склеювання експериментальних взірців на гладку фугу використано однокомпонентний полівінілацетатний клей фірми Kleiberit марки Klebit 303 (категорія D3 за DIN/EN 204), який відповідає вимогам щодо міцності, тепло- і водостійкості з'єднання та безпечності для здоров'я людини.

Детальний опис технологічного процесу виготовлення експериментальних взірців порожнистих клеєних брусів для столярних виробів наведено у [1].

Активні експериментальні дослідження впливу змінних температурно-вологісних полів на формостійкість порожнистих клеєних брусів для столярних виробів проводили упродовж місяця. Для виявлення динаміки зміни формостійкості порожнистих клеєних брусів здійснили контрольні заміри перед початком активних експериментальних досліджень, у ході їх виконання та через рік після їх завершення. Під час експерименту за допомогою спеціально розробленої кліматичної камери створювали такі умови, які відповідають умовам кухонної кімнати. Кожного дня циклічно змінювали температуру і відносну вологість повітря до потрібного значення. При цьому враховано, що під час приготування їжі впродовж у середньому 4...5-ти годин на добу, спостерігається зміна температури повітря від 18 до 25 °C і відносної вологості повітря від 50 до 90 %, які негативно впливають на деревину і можуть спричинити її розбухання та всихання, а як наслідок, деформацію порожнистих клеєних брусів.

Кліматична камера (рис. 1) складається із корпусу, виготовленого з полівінілхлоридної плити товщиною 5 мм. У корпусі камери для забезпечення заданої відносної вологості середовища встановлено зволожувач повітря Elbee

¹ пров. інж. А.Г. Безкоровайний – НЛТУ України, м. Львів;

² проф. В.О. Маєвський, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;

³ ст. викл. Є.М. Миськів – НЛТУ України, м. Львів

24707, а для забезпечення заданої температури середовища – джерело температури (ГЕН). Рівномірність параметрів середовища забезпечували вентилятором. Автоматичний контроль і регулювання відносної вологості та температури середовища в камері здійснювали за допомогою регулятора температури та вологості РТ-0102 і відповідних датчиків.



Рис. 1. Світлина кліматичної камери та її окремих елементів: а) загальний вигляд кліматичної камери (з відкритою передньою дверкою): 1) корпус; 2) експериментальний взірець; 3) вентилятор; 4) зволожувач повітря; 5) нагрівальний елемент (ГЕН); б) регулятор температури та вологості РТ-0102; в) датчі вологості та температури

Для дослідження динаміки зміни формостійкості порожнистих клеєних брусів виготовлено 20 експериментальних взірців розміром 69×81×400мм (Ш×Т×Д), з них: 15 – брусків бокових (верхніх) віконної коробки та 5 – брусків нижніх віконної коробки (рис. 2). Для посилення впливу змінних температурно-вологісних полів на експериментальні взірці порожнистих клеєних брусів їх поверхні не опоряджували.

Формостійкість порожнистих клеєних брусів характеризували такими показниками: відхиленнями форми (відхиленням від прямолінійності у площині; відхиленням від площинності); відхиленням розташування (відхиленням від паралельності площин). Отримані результати відхилення опрацьовували за стандартизованою методикою та порівнювали з відповідними допусками, заданими в нормативній документації [3-7], а після цього робили висновок про відповідність встановленим вимогам. Ступінь точності допусків форми і розташування поверхонь прийнято 13 – відповідно до [3]. Шорсткість поверхні не враховували у відхиленнях форми і розташування, оскільки, з одного боку, це не суперечить вимогам чинних нормативних документів, а з іншого – діаметр кінцевика

штока (3,5 мм) вимірювального інструмента (цифрового індикатора) не давав такої змоги.

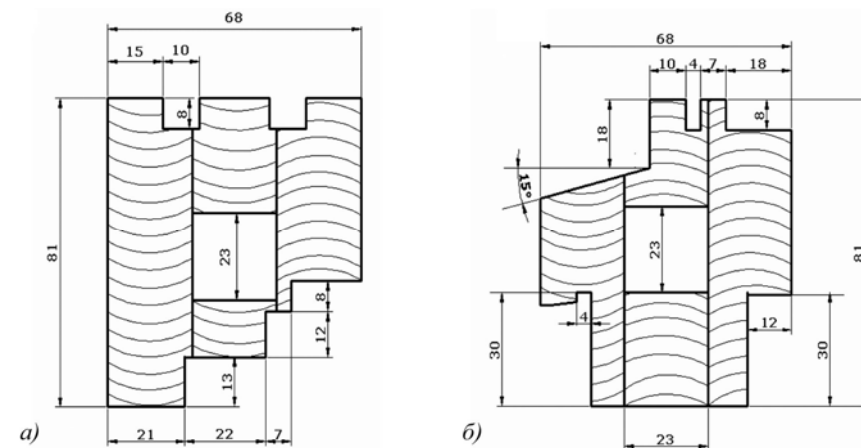


Рис. 2. Загальний вигляд поперечного торця експериментальних взірців порожнистих клеєних брусів для столярних виробів: а) брусок боковий (верхній) віконної коробки; б) брусок нижній віконної коробки

Вимірювання відхилень форми і розташування у порожнистих клеєних брусах здійснювали цифровим індикатором ТИП ИЧЦ (3)-25 фірми Мікротех, а результати вимірювань записували за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення ТИП УИС-Р1-СОМ. Взірці порожнистих клеєних брусів нерухомо закріплювали на столі спеціалізованої установки з ЧПК (розробленій на кафедрі АКІТ НЛТУ України), який програмовано переміщували вздовж довжини взірця і водночас автоматично знімали та записували результати вимірювань з нерухомо закріпленого над столом цифрового індикатора.

Контрольні заміри товщини і ширини порожнистих клеєних брусів здійснювали за допомогою електронного штангенциркуля ШЦЦ-1-300-0,01-143 фірми Мікротех у трьох точках – на відстані не менше 50 мм від двох торців та посередині. Загальний вигляд спеціалізованої установки з ЧПК у процесі вимірювання відхилення від прямолінійності (у площині) порожнистого клеєного бруса № 8 наведено на рис. 3, а схему для вимірювання відхилень форми і розташування у порожнистих клеєних брусах – на рис. 4.

Результати експериментальних досліджень та їх аналіз. З метою коректного аналізу результатів дослідження формостійкості порожнистих клеєних брусів здійснено їх графічну інтерпретацію, зокрема, як приклад, на рис. 5 наведено зображення відхилення від прямолінійності (у площині) порожнистого клеєного бруса № 8 (лінія 10) на різних етапах експериментальних досліджень. Як базовий елемент для оцінювання відхилень форми і розташування використовували площину стола спеціалізованої установки з ЧПК (див. рис. 3), яку вважали відповідно до [6] прилягаючою поверхнею (площиною), від якої визначали відхилення.

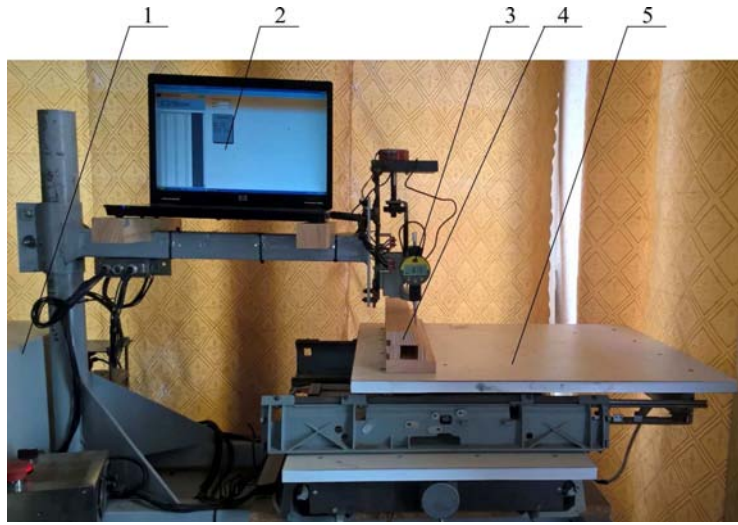


Рис. 3. Загальний вигляд спеціалізованої установки з ЧПК у процесі вимірювання відхилення від прямолінійності (у площині) порожнистого клеєного бруса № 8: 1) блок керування установкою; 2) ноутбук із спеціалізованим програмним забезпеченням; 3) індикатор цифровий; 4) брусок боковий (верхній) віконної коробки (порожнистий клеєний брус № 8); 5) стіл рухомий спеціалізованої установки з ЧПК

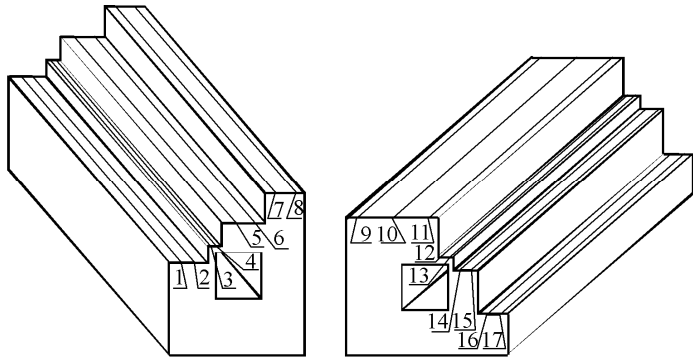


Рис. 4. Схема для вимірювання відхилень форми і розташування у порожнистих клеєних брусах (1-17 – лінії вимірювань): а) вигляд бокового (верхнього) бруса віконної коробки; б) вигляд цього ж бруса, розвернутого на 90° за годинниковою стрілкою

Результати порівняння фактичного відхилення від прямолінійності (у площині) порожнистих клеєних брусів (для всіх ліній) на різних етапах експериментальних досліджень (*EFL*) з допустимим значенням (*EFL_{дон}*), яке регламентується нормативними документами, зокрема [3] і для номінальних розмірів від 400 до 630 мм становить 0,5 мм (за 13 ступенем точності), свідчать про відповідність брусів встановленим вимогам.

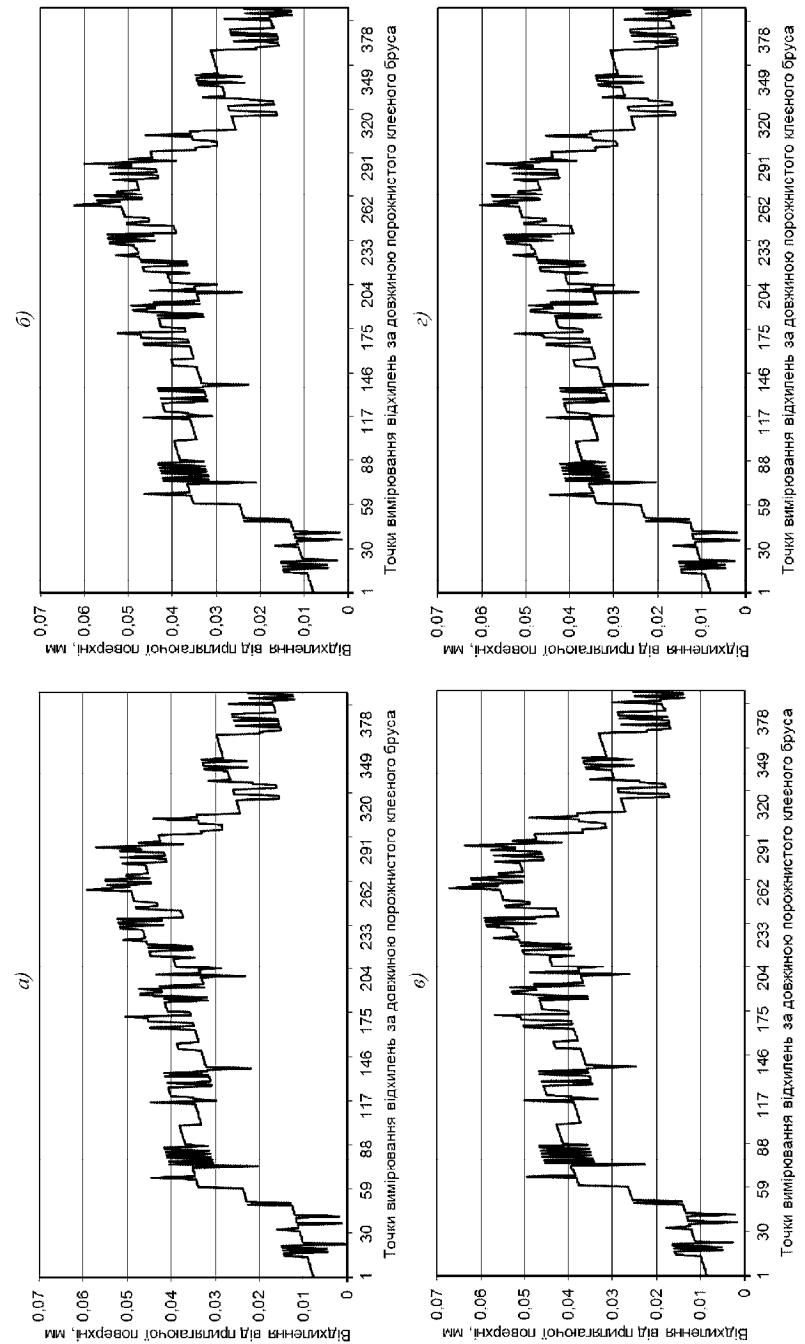


Рис. 5. Графічне зображення відхилення від прямолінійності (у площині) порожнистого клеєного бруса № 8 (лінія 10) на різних етапах експериментальних досліджень: а) до проведення експериментальних досліджень; б) під час проведення експериментальних досліджень; в) після проведення експериментальних досліджень; г) після річної витримки

Для прикладу, максимальне відхилення прямолінійності (у площині) порожнистого клеєного бруса (лінія 10) після проведення експериментальних досліджень становило $EFL_{max}=0,067$ мм (див. рис. 5, в), а до їх проведення – $EFL_{max}=0,059$ мм (див. рис. 5, а), що менше $EFL_{дон}$. Найбільше максимальне відхилення прямолінійності (у площині) порожнистого клеєного бруса становило $EFL_{max}=0,090$ мм (брус № 14, лінія 7).

Результати порівняння фактичного відхилення від площинності порожнистих клеєних брусів (для всіх ліній) на різних етапах експериментальних досліджень (EFL) з допустимим значенням ($EFL_{дон}$), яке регламентується нормативними документами, зокрема [3] і для номінальних розмірів від 400 до 630 мм становить 0,5 мм (за 13 ступенем точності), свідчать про відповідність брусів встановленим вимогам. Для прикладу, найбільше максимальне відхилення від площинності порожнистого клеєного бруса становило $EFL_{max}=0,140$ мм (брус № 14, лінії 7, 8).

Результати порівняння фактичного відхилення від паралельності порожнистих клеєних брусів (для всіх ліній) на різних етапах експериментальних досліджень (EPA) з допустимим значенням ($EPA_{дон}$), яке регламентується нормативними документами, зокрема [3] і для номінальних розмірів від 400 до 630 мм становить 0,8 мм (за 13 ступенем точності), свідчать про відповідність брусів встановленим вимогам. Для прикладу, найбільше максимальне відхилення від площинності порожнистого клеєного бруса становило $EPA_{max}=0,210$ мм (брус № 14, лінії 7, 8 та 1, 2).

Результати розрахунків величини зміни лінійних розмірів (всихання, розбухання) порожнистих клеєних брусів за товщиною і шириною, отримані на різних етапах експериментальних досліджень, засвідчили, що для усіх брусів величина зміни лінійних розмірів знаходилася у допустимих межах. Граничні відхилення лінійних розмірів порожнистих клеєних брусів для столярних виробів, регламентовані нормативними документами, зокрема [7] і для номінальних розмірів від 30 до 120 мм становлять $\pm 0,15$ мм (за класом точності "точний"), тобто для товщини бруса $69^{\pm 0,15}$ мм, а для ширини – $81^{\pm 0,15}$ мм.

Вплив величини зміни лінійних розмірів порожнистих клеєних брусів, в основному, відображений у результатах їхніх відхилень від прямолінійності (у площині), площинності і паралельності.

Висновок. Результати експериментального дослідження формостійкості порожнистих клеєних брусів засвідчили їх придатність для використання у виробництві столярних виробів, оскільки значення, що характеризують формостійкість брусів, зокрема їхні відхилення від прямолінійності (у площині), площинності і паралельності та величина зміни лінійних розмірів за товщиною і шириною, відповідають встановленим нормативним вимогам.

Література

1. Безкоровайний А.Г. Особливості технології виготовлення пустотілого клеєного бруса / Безкоровайний Андрій Григорович. – Львів : Вид-во НЛТУ України, 2008. – 53 с.
2. Маевский В.О. Использование пустотелых клееных брусев в столярных изделиях / В.О. Маевский, В.М. Максмыив, А.Г. Безкоровайный // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов : матер. Междун. науч.-практ. конф., 25-27.11.2009 г. – Минск : Изд-во БГТУ, 2009. – С. 246-250.

3. ГОСТ 6449.3-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Допуски формы и расположения поверхностей. – М. : Изд-во Стандартов, 1982. – 7 с.
4. ГОСТ 6449.1-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Поля допусков для линейных размеров и посадок. – М. : Изд-во Стандартов, 1982. – 20 с.
5. ДСТУ 2500-94. Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми. – К. : Вид-во Держстандарту України, 1994. – 57 с.
6. ГОСТ 24642-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. – М. : Изд-во Стандартов, 1982. – 45 с.
7. ГОСТ 6449.5-82. Изделия из древесины и древесных материалов. Неуказанные предельные отклонения и допуски. – М. : Изд-во Стандартов, 1982. – 8 с.

Надійшла до редакції 13.12.2016 р.

Безкоровайний А.Г., Маевский В.О., Мыскив Е.М. Динамика изменения формоустойчивости пустотелых клееных брусев для столярных изделий

Охарактеризована методика проведения экспериментального исследования формоустойчивости пустотелых клееных брусев для столярных изделий при условии влияния переменных температурно-влажностных полей в течении длительного времени. Проанализированы показатели формоустойчивости пустотелых клееных брусев, в частности их отклонения от прямолинейности (в плоскости), плоскостности и параллельности, а также величину изменения линейных размеров по толщине и ширине, и показано, что эти величины соответствуют установленным нормативным условиям. Это свидетельствует о пригодности использования таких брусев для изготовления столярных изделий по показателям формоустойчивости.

Ключевые слова: пустотелый клееный брус, формоустойчивость, переменные температурно-влажностные поля, климатическая камера, прямолинейность, плоскостность, параллельность.

Bezkorovainyi A.H., Mayevskyy V.O., Myskiv Ye.M. Dynamics of Shape Stability Changes in Hollow Glued Laminated Beams Used for Joinery

The method of experimental performing of shape stability of hollow glued laminated beams for joinery under variable temperature and humidity fields for a long time is characterized. The parameters of shape stability of hollow glued laminated beams, e.g. straightness error in plane, deviation of flatness and deviation of parallelism as well as the value of linear dimension change at depth and width have been analysed. It is shown that these parameters correspond to established normative regulations. The available data indicates that these beams with appointed shape stability are suitable for joinery production.

Keywords: hollow glued laminated beam, shape stability, variable temperature and humidity fields, climatic chamber, straightness, flatness, parallelism.

УДК 66.047.74

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ВОДНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ ДИСПЕРСІЇ МЕТОДАМИ НЕІЗОТЕРМІЧНОГО АНАЛІЗУ

Р.І. Гаврилів¹, В.В. Кочубей², С.Р. Філяс³, О.В. Сабинін⁴

За допомогою термогравіметричних досліджень проаналізовано процес сушіння водної полімерної дисперсії на основі поліметилметакрилат-полістиролу. Визначено термічну поведінку зразків матеріалу в неізотермічних умовах нагрівання, встановлено механізм сушіння та кінетичні особливості процесу. Результати досліджень на основі те-

¹ доц. Р.І. Гаврилів, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

² доц. В.В. Кочубей, канд. хім. наук – НУ "Львівська політехніка";

³ магістрант С.Р. Філяс – НУ "Львівська політехніка";

⁴ магістрант О.В. Сабинін – НУ "Львівська політехніка"