

П.А. БЕХТА¹, Г.Є. ОРТИНСЬКА²

СКЛЕЮВАННЯ ШПОНУ ПІДВИЩЕНОЇ ВОЛОГОСТІ МОДИФІКОВАНОЮ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГІДНОЮ СМОЛОЮ

Представлено результати дослідження в лабораторних умовах склеювання шпону з високим вмістом вологи (15%) за допомогою модифікованої фенолоформальдегідної смоли. Розроблено рецептури клейових композицій на основі фенолоформальдегідної смоли, модифікованої різними речовинами (резорцином, фенолорезорциновою смолою, пшеничним крохмалем та житнім борошном), що дало змогу склеювати шпон підвищеної вологості. З'ясовано вплив модифікувальних речовин на властивості запропонованих клейових композицій (динамічну в'язкість, концентрацію іонів водню, сухий залишок, час затвердіння, життєздатність) і фанери (міцність на зріз), виготовленої на їх основі. Отримані значення міцності фанери на зріз були вищими за встановлені норми (1 МПа) і така фанера відповідає вимогам стандарту ДСТУ EN 314-2 для 3 класу якості склеювання і може бути використана для експлуатації в зовнішніх умовах.

Ключові слова: *шпон підвищеної вологості, міцність фанери на зріз, режими склеювання, клейова композиція, фенолоформальдегідна смола, модифікувальні речовини, пшеничний крохмаль, житнє борошно, резорцин, фенолорезорцинова смола*

Постановка наукової проблеми. У процесах склеювання деревини і деревинних композитних матеріалів, зокрема таких як фанери та LVL (laminated veneer lumber) вологість деревини перед операцією нанесення на неї клею є одним із факторів, який суттєво впливає на процес склеювання (зокрема швидкість затвердіння клею), економічні (витрата клею) та технологічні (в'язкість, змочування, текучість, проникність) показники виробництва і властивості гото-

¹ БЕХТА Павло Антонович – дійсний член ЛАН України, завідувач кафедри технології деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу, доктор технічних наук, професор, Національний лісотехнічний університет України. м. Львів, Україна. Тел.: 032-238-44-99. E-mail: bekhta@ukr.net

² ОРТИНСЬКА Галина Євгенівна – асистент кафедри технології деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу, кандидат технічних наук, Національний лісотехнічний університет України. м. Львів, Україна. Тел.: 0-32-238-44-99. E-mail: bits_galyana@ukr.net

вого матеріалу (кінцева міцність, довговічність, спресування, розшарування, жолоблення). Крім того, на процес формування клейових з'єднань суттєвий вплив чинить не тільки волога, що міститься в шпоні, але й волога, що заноситься з клеєм і виділяється в процесі поліконденсації олігомерів [10, 16]. Це зумовлено тим, що молекули води блокують активні центри на поверхні деревини, за якими відбувається встановлення адгезійних зв'язків у системі клей-деревина.

Деревина є матеріалом пористим (значення пористості коливається від 55 до 72%) [4] і цей параметр визначає проникність у неї клею. Глибина проникнення клею залежить від: шорсткості поверхні деревини, її вологості, в'язкості клею та особливостей технології склеювання – величин тиску, температури та тривалості склеювання. Встановлено, що заповнення клеєм пор і поверхневих руйнувань під час механічного оброблення деревини, позитивно впливає на якість склеювання [9]. Однак, у разі значного проникнення клею в деревину, за постійної його витрати, може відбуватися зменшення міцності клейового з'єднання, в результаті утворення недостатньої товщини клейового шару. Крім того, з цієї ж причини можливе проникнення клею на лицеву поверхню фанери та погіршення її якості. Гідрофільність деревини також покращує проникність клею. Кореляційну залежність між вологістю деревини та її проникністю встановлено експериментально [1]. Проникність деревини покращується із збільшенням її вологості.

Проте склеювання вологої деревини ($W > 12\%$) традиційно застосовуваними в деревообробленні клеями пов'язане із певними труднощами. Зокрема, погіршується контакт між клеєм і деревиною (внаслідок того, що у вологої деревини поверхня покрита шаром адсорбованої вологи), зменшується кількість вільних радикалів на поверхні деревини, знижується в'язкість нанесеного клею й сповільнюється процес його затвердіння [2]. Максимальне число радикалів спостерігається за вологості 3-5% і суттєво зменшується за вологості більше 12%. Також варто зазначити, що під час склеювання шпону підвищеної вологості збільшуються втрати деревини на спресування [6, 15].

Із наведеного випливає, що для якісного склеювання шпону підвищеної вологості ($W > 12\%$) використання карбамідо- (КФС) або фенолоформальдегідних (ФФС) смол буде проблемним. У такому випадку вимагається підвищення реакційної здатності смол шляхом добору відповідних модифікувальних речовин.

У процесах склеювання деревини ця проблема вирішується шляхом використання фенолорезорцинової, резорциноформальдегідної та алкілрезорцинової смол [13, 18]. Вони забезпечують еластичність, міцність і високу водостійкість з'єднань. Однак потрібно зазначити, що дані клеї використовуються для склеювання вологої деревини холодним способом. Цей спосіб є досить тривалим і волога, яку містить деревина, під час процесу склеювання не переходить у пароподібний стан. Окрім того, це не потребує спеціальних діаграм пресування (як під час пресування пакета шпону у виробництві фанери), щоб пара могла покинути пакет і не зруйнувати утворені зв'язки.

Проблема склеювання вологого шпону ускладнюється ще й тим, що у разі застосування інтенсифікованих режимів сушіння, коливання вологості шпону в межах одного листа можуть становити до $\pm 10\%$, а в межах партії листів – до $\pm 15\%$. Це потребує, щоб висушування шпону відбувалося до дуже низької кінцевої середньої вологості 0-4%, що призводить до: збільшення перепаду форматних листів у куски шпону під час його сортування та висушування, внаслідок підвищення крихкості значної його частини, що становить до 80%; зменшення сортності повноформатних листів шпону [5].

Висушування шпону до більш високої середньої вологості дає змогу частково ліквідувати ці недоліки. Експериментально встановлено, що у разі збільшення межі середньої кінцевої вологості з 3-8% до 7-12% перепад повноформатних листів шпону в нижчі сорти зменшується з 7,8 до 4,9%. Підвищення кінцевої вологості шпону понад 12% дає змогу отримати шпон вищих сортів [5]. Однак, внаслідок пересушування шпону, погіршуються його адгезійні властивості і, відповідно, це призводить до зменшення міцності клейового з'єднання [5].

Рекомендації науковців щодо вологості деревини/шпону під час склеювання різняться. Одні стверджують, що максимальна вологість шпону перед його склеюванням не повинна перебільшувати 5% [10], або 6-8% [10, 14], а за даними інших авторів – 10-12% [11]. Вважають також, що межею вологості деревини, за якої ще можливе склеювання, потрібно вважати вологість 18-20%, а за вищої вологості – склеювання буде ненадійним [6].

У процесі склеювання деревинних композитів, зокрема фанери, рекомендована вологість склеюваних матеріалів становить $8\pm 2\%$. Це пояснюється тим, що саме за такої вологості традиційні клеї (карбамідо- та фенолоформальдегідні) забезпечують якісне склеювання з одержанням фанери, яка за своїми фізико-механічними показниками відповідає вимогам стандарту.

Склеювання шпону нижчої вологості ($W < 8\pm 2\%$) призводить до: збільшення дифузії клею в деревину, що підвищує в'язкість клею та зменшує його змочувальну здатність, ускладнюючи перенесення клею на іншу поверхню; зменшення деформування (підвищення жорсткості) деревини і погіршення її контактування із клеєм. У надмірно сухій деревині (шпоні) недостатньо вологи залишається зв'язаною з деревиною, щоб встановити міжмолекулярні зв'язки.

За надмірно ж високої початкової вологості шпону ($W > 8\pm 2\%$) під час виготовлення фанери виникають такі проблеми: зменшується в'язкість нанесеного клейового шару, створюється небезпека утворення переривчастого клейового шару і сповільнюється процес затвердіння клею; надлишкова волога може бути причиною теплової деструкції клею під час гарячого склеювання шпону. Хоча використання шпону підвищеної вологості характеризується також позитивними моментами: із збільшенням вологості підвищується еластичність деревини, що дає змогу зменшити кількість та розміри тріщин у шпоні, а це сприяє покращенню якості фанери, яка безпосередньо залежить від сорту застосовуваного шпону.

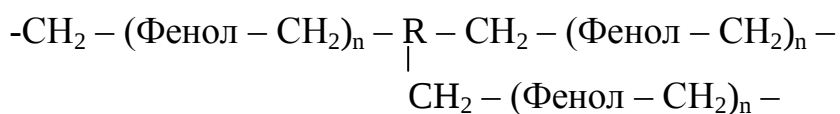
Окрім того, для технологічного процесу виготовлення фанери характерні значні енергозатрати на сушіння шпону (майже 60%) та його склеювання (15%), що суттєво впливає на собівартість готової продукції. Для зменшення

цих енергозатрат, особливо – під час сушіння шпону потрібно було б висушувати шпон до більш високої кінцевої вологості (наприклад, 15-25%). Однак відсутність дешевих клеїв для склеювання шпону такої високої вологості не дає змоги це реалізувати.

Питання склеювання шпону із високим вмістом води розглянуто у низці досліджень, за результатами яких рекомендують застосовувати плівкові та порошкоподібні клеї [12, 17, 21]; наповнювати фенолоформальдегідні смоли гідролізованими соєвими та крохмальними протеїнами, таніном [22]; використовувати вакуумні преси для склеювання [8]; чергувати вологі та сухі листи шпону в пакеті або покривати вологі листи шпону гігроскопічними речовинами перед нанесенням на них клею [7]. Проте, ці заходи потребують застосування дорогих клеїв, заміни вже існуючого обладнання, додаткових технологічних операцій, що може призвести до значних капіталовкладень і, відповідно, до підвищення собівартості готової продукції. Тому ці методи не набули застосування у виробництві фанери, отже, питання склеювання шпону підвищеної вологості залишається актуальним.

Метою роботи було запропонувати рецептури клейових композицій на основі модифікованої фенолоформальдегідної смоли, що дало б змогу склеювати шпон підвищеної вологості, та розробити режими склеювання фанери з використанням такого шпону.

Обґрунтування вибору модифікувальних речовин. Вибір фенолорезорцинової смоли мотивувався її меншою ціною, порівняно із резорциновими або алкілрезорциновими смолами. Внаслідок додавання до фенолоформальдегідної смоли фенолорезорцинової, де резорцин є менш активним, можливе утворення тривимірної сітки [19]:

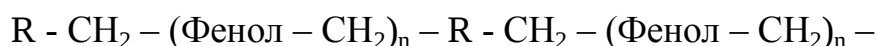
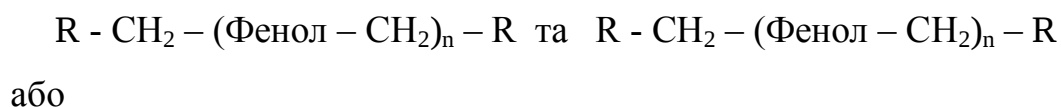


Це дає змогу отримати додатково метилольні групи, які необхідні для формування хімічних зв'язків між клеєм та деревиною. Також варто зазначити, що

в утворених клейових композиціях можна спостерігати надлишок фенолу, який може вступати в хімічні реакції із функціональними групами лігніну.

Крім цього, до клейової композиції планується вводити чистий резорцин, який є двоатомним фенолом $C_6H_4(OH)_2$. Наявність двох функціональних груп OH робить резорцин більш реакційноздатною речовиною, ніж звичайний одноатомний фенол, тому реакція поліконденсації поглиблюється, що позитивно впливає на когезійну міцність клейової композиції. Окрім цього, це дає змогу зменшити температуру склеювання [18].

Під час додавання до фенолоформальдегідної смоли резорцину можна спрогнозувати їхню взаємодію, зокрема резорцину (R) із метилольними групами $-CH_2OH$ фенолоформальдегідної смоли:



У цьому випадку можливе формування олігомеру, фенолорезорциноформальдегідної смоли, що буде призводити до зростання молекулярної маси системи, а, відповідно, й до підвищення в'язкості клею. Резорцин також може виступати своєрідним затверджувачем для фенолоформальдегідної смоли, тим самим зменшуючи час затвердіння утвореного клею.

З метою підвищення в'язкості до клейової композиції вводять різноманітні наповнювачі, надаючи перевагу гігроскопічним, які перешкоджають проникненню клею в деревину та утворенню "голодного" склеювання [2, 10, 13]. Введення органічних наповнювачів зменшує внутрішні напруження в клейовому шві, а також ними поглинається вода, яка утворюється в результаті реакції поліконденсації. З цих міркувань для модифікування фенолоформальдегідної смоли, окрім резорцину і фенолорезорцинової смоли, використано також органічні наповнювачі – пшеничний крохмаль та житнє борошно. Ці модифікувальні речовини мають подібну структуру та величину зерен. Пшеничний крохмаль та крохмаль, який наявний у житньому борошні, не розчиняються у воді, вони тільки адсорбують її, а під час нагрівання утворюють желатиноподібну пасту із

високою липкістю. Це дає змогу отримати клеї високої в'язкості за низького вмісту твердих частинок. Недоцільно застосовувати крохмаль іншого походження, наприклад крохмальний або кукурудзяний, бо утворюватимуться клейстери набагато вищої в'язкості, що негативно впливатиме на нанесення клею на поверхню шпону, утворюватиметься потовщений клейовий шар, а це своєю чергою буде призводити до зменшення міцності клейового з'єднання.

Підвищена вологість сповільнює процес затвердіння фенолоформальдегідних смол і зменшує в'язкість нанесеного клею, сприяючи його інтенсивному просочуванню в деревину. Отже, резорцин і фенолорезорцинову смолу доцільно додавати із метою підвищення поглиблення затвердіння та підвищення водостійкості клею, а також для підвищення адгезії клею до шпону підвищеної вологості, а пшеничний крохмаль та житнє борошно – забрати надлишок вологи із клею, оскільки вони добре набрякають у воді та адсорбують вологу і перешкоджають проникненню клею у пори деревини.

Матеріали та методика дослідження. Для виконання експериментів використовували такі матеріали: лущений березовий шпон розміром $300 \times 300 \times 1,5$ мм, вологістю 15%; фенолоформальдегідну смолу Fenokol UA (сухий залишок 48,3%, динамічна в'язкість $790 \text{ МПа}\cdot\text{с}$); модифікувальні речовини (пшеничний крохмаль, житнє борошно, резорцин (у вигляді 30%, 40% і 50%-ого розчинів), фенолорезорцинову смолу Cascosinol 1711).

На 100 мас.ч фенолоформальдегідної смоли додавали 1, 3 або 5 мас.ч модифікувальної речовини. Для розроблених клейових композицій визначали: динамічну в'язкість, концентрацію іонів водню (рН), сухий залишок, час затвердіння, життєздатність, а також міцність фанери на зріз.

Підвищену вологість шпону (15%) досягали шляхом акліматизації листів шпону за сталої температури над розчином сірчаної кислоти концентрацією 30%. Вибір концентрації сірчаної кислоти здійснювали графічним способом [3]. Вологість шпону визначали контактним способом за допомогою вологоміру GMH 3830.

Сухий залишок клею визначали ваговим методом, висушуючи досліджувану композицію до постійної маси за температури $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Час затвердіння клею визначали за температури 150°C . Для визначення динамічної в'язкості клеїв застосовували ротаційний віскозиметр RHEOTEST типу RV2, а для визначення концентрації іонів водню – рН-метр HANNA HI 221.

З використанням кожної клейової композиції виготовляли тришарову фанеру за таких параметрів пресування: тиск – 1,8 МПа, температура – 150°C , тривалість – 6 хв (впродовж останніх 30 с тиск зменшували до 0 МПа), витрата клею – 150 г/м^2 . Фанеру пресували у гідравлічному пресі FORTIJNE. Для оцінювання якості склеювання фанери на розривній машині LaborTech 4.050 визначали міцність на зріз згідно з EN 314-1 і EN 314-2.

Результати дослідження. Усі модифікувальні речовини із фенолоформальдегідною смолою утворюють однорідні клейові композиції. Встановлено, що із збільшенням вмісту резорцину та фенолорезорцинової смоли динамічна в'язкість клейових композицій зростає у 1,9-8,7 раза порівняно із чистою фенолоформальдегідною смолою. Резорцин є досить реакційно здатною речовиною, що зумовлено високою активністю атомів водню, які знаходяться в його ядрі в орто- та пара- положеннях до гідроксильних груп. Це, своєю чергою, зумовлює високу швидкість реакції резорцину із формальдегідом фенолоформальдегідної смоли, що й призводить до передчасної желатинізації клейової композиції, а отже і до стрімкого зростання в'язкості. Фенолорезорцинова смола, вступаючи в хімічну взаємодію із фенолоформальдегідною смолою, призводить до стрімкого підвищення динамічної в'язкості за рахунок утворення поперечних зв'язків, які збільшують молекулярну масу полімеру, що відповідно приводить до підвищення в'язкості клейової композиції та зменшення часу затвердіння.

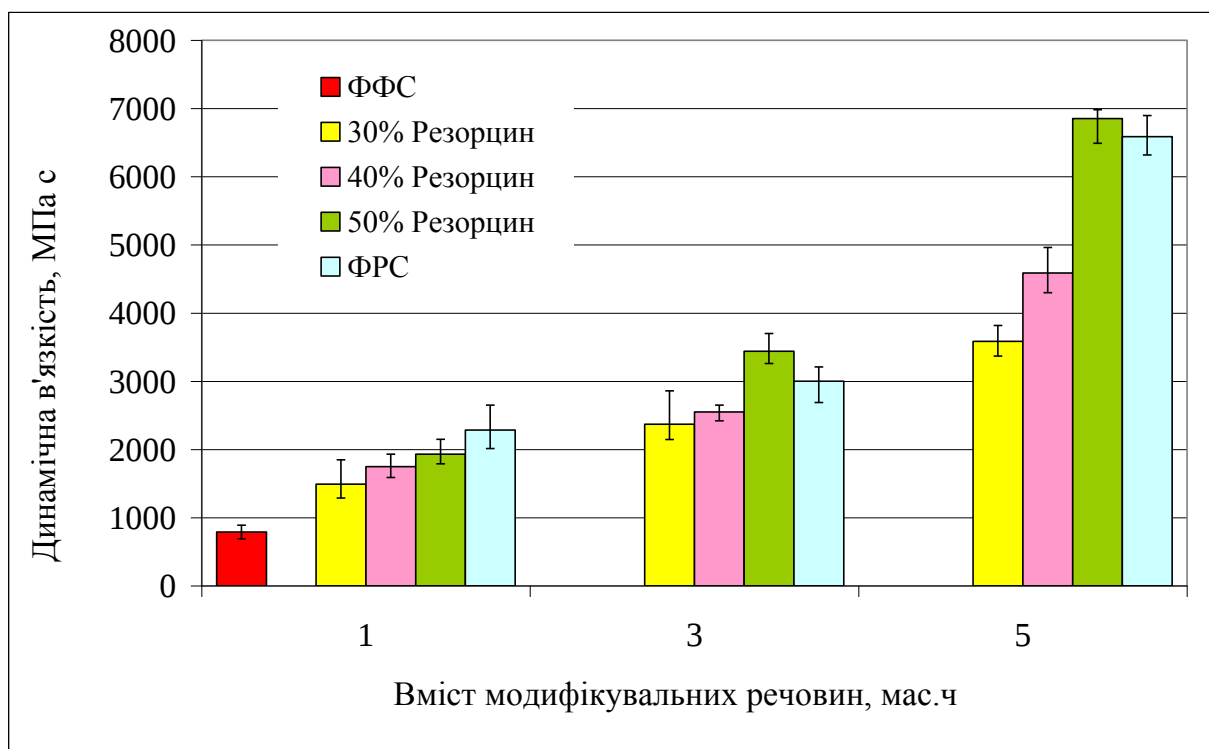
Внаслідок збільшення вмісту модифікувальних речовин зменшується життєздатність клеїв, величина якої змінюється в межах від 1 до 5 год. Сухий залишок змінюється незначно (від 50,1 до 57,6%), а концентрація іонів водню (рН) практично залишається незмінною (11,3-12,0).

Аналогічні зміни відбуваються у разі додавання пшеничного крохмалю та житнього борошна, зокрема, динамічна в'язкість клею підвищується в 1,1-4,0 рази (рис. 1). Протилежний характер впливу модифікувальних речовин спостерігається для часу затвердіння (рис.2). У разі збільшення вмісту резорцину та фенолорезорцинової смоли, час затвердіння зменшується на 2,8-24,4%, а із збільшенням вмісту пшеничного крохмалю та житнього борошна – на 45,9-60,2%.

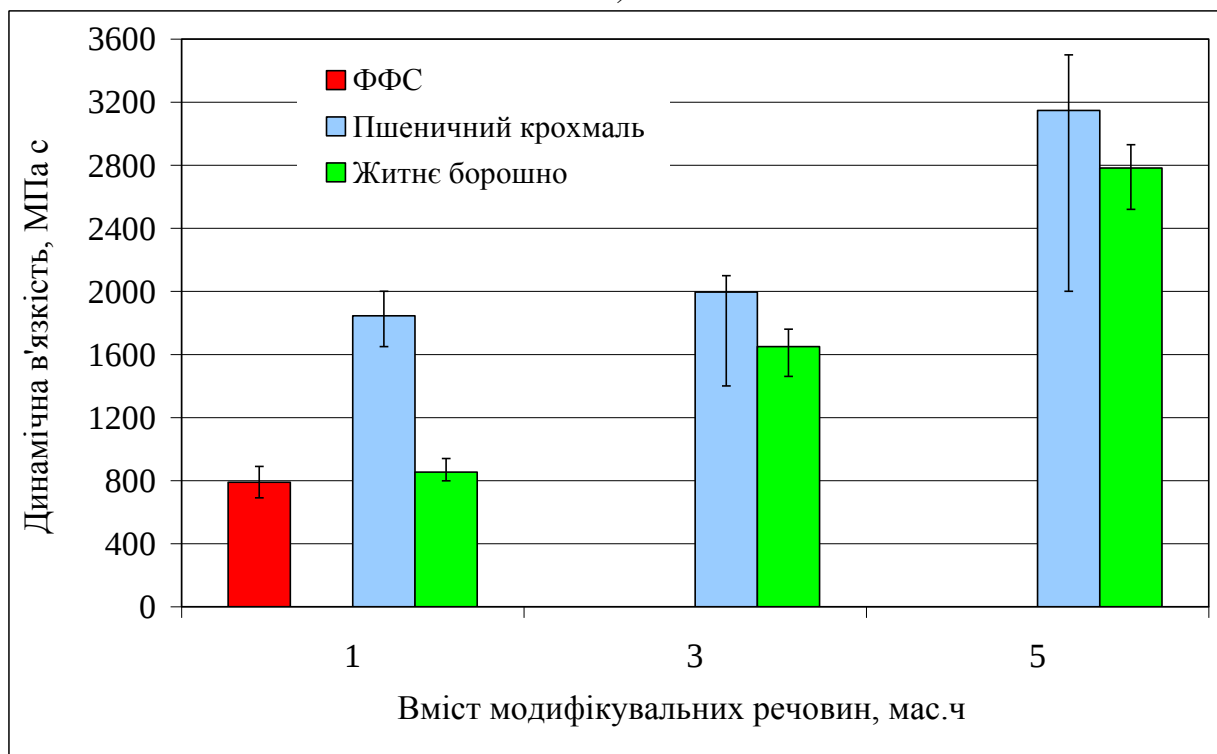
В'язкість клеїв, до складу яких входить пшеничний крохмаль, у 1,7-3,2 рази більша ніж у клеїв, які містять житнє борошно. Пшеничний крохмаль має кращу здатність до набрякання, ніж житнє борошно, що своєю чергою й призводить до значного збільшення в'язкості і втрати здатності клею наноситись на поверхню шпону.

Варто зазначити, що клеї, до складу яких входить 1 та 3 мас.ч. модифікувальних речовин, добре наносяться на вологий шпон та швидко просочуються в пори деревини, однак, у такому випадку відбувається пробиття клею на лицеву сторону фанери під час гарячого пресування, особливо із застосуванням розчинів резорцину. Із подальшим збільшенням вмісту модифікувальних речовин до 5 мас.ч. отримуються досить в'язкі клеї, які нерівномірно наносяться на поверхню шпону, і виникає небезпека отримати клейове з'єднання зменшеної міцності.

Вплив модифікувальних речовин на міцність фанери зображено на рис. 3. У разі збільшення вмісту резорцину від 1 до 5 мас.ч. для всіх концентрацій міцність фанери на зріз зменшується у 1,24-1,3 рази, оскільки він активно реагує із фенолоформальдегідною смолою, забираючи вільний формальдегід, що призводить до зменшення кількості метилольних груп, які реагують із гідроксильними групами деревини, і, відповідно, зменшуючи адгезію між клеєм та деревиною. Хоча із збільшенням концентрації розчинів резорцину (особливо для 50%-вої концентрації розчину) спостерігається підвищення міцності фанери на зріз, оскільки в клейову композицію вводиться менша кількість води, а відтак зменшується вологість пакета шпону перед склеюванням. Збільшення ж вмісту в клеї фенолорезорцинової смоли призводить до зростання міцності у 1,2 рази.

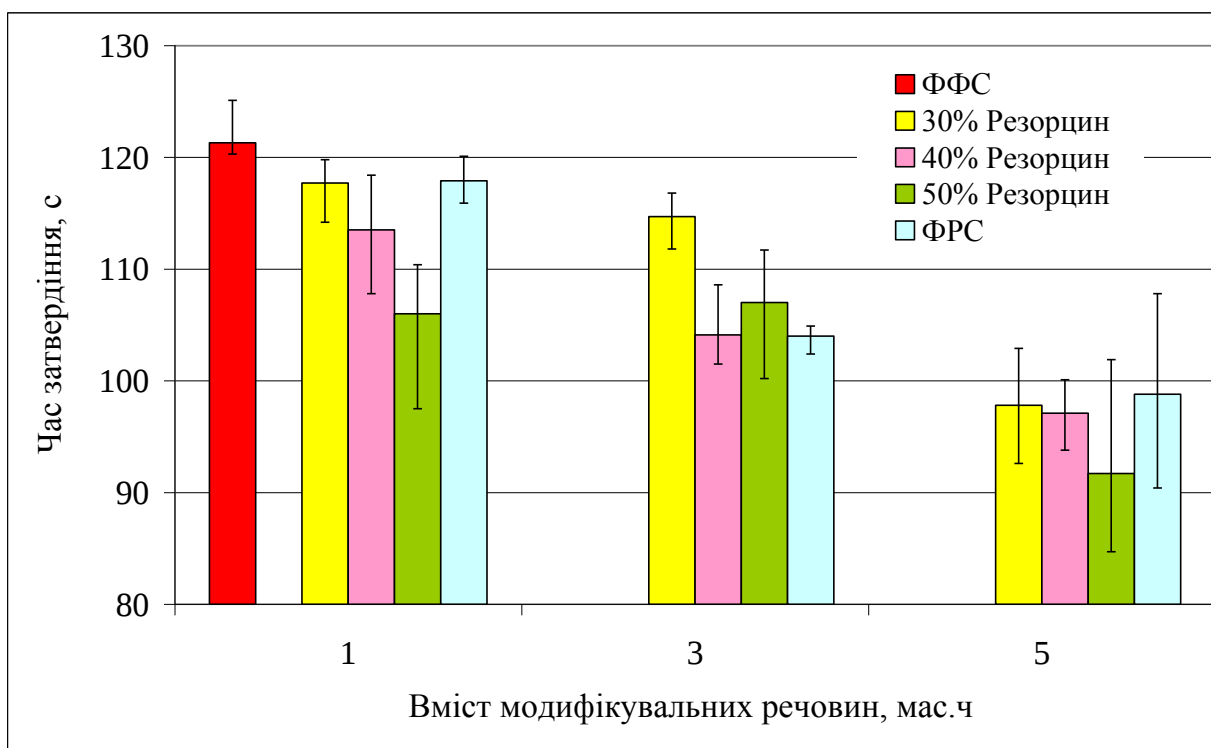


a)

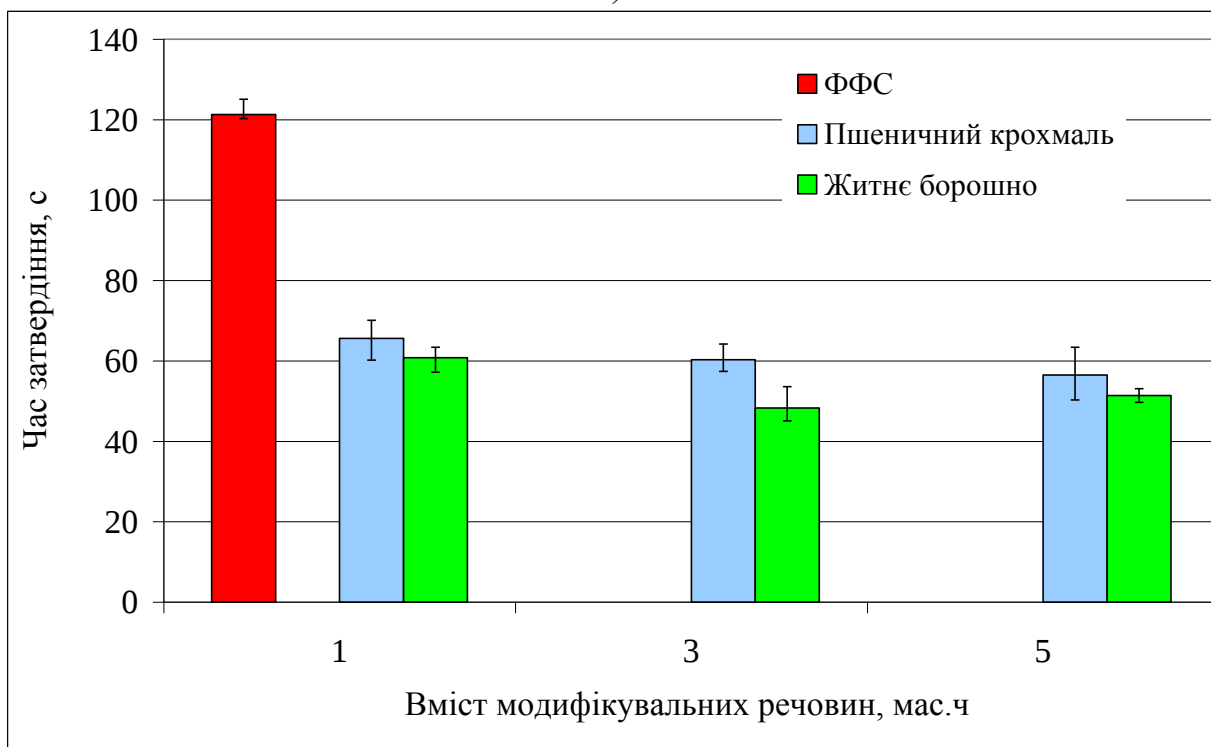


б)

Рис. 1. Залежність динамічної в'язкості від вмісту модифікувальних речовин: а – резорцину і фенолрезорцинової смоли; б – пшеничного крохмалю і житнього борошна



а)

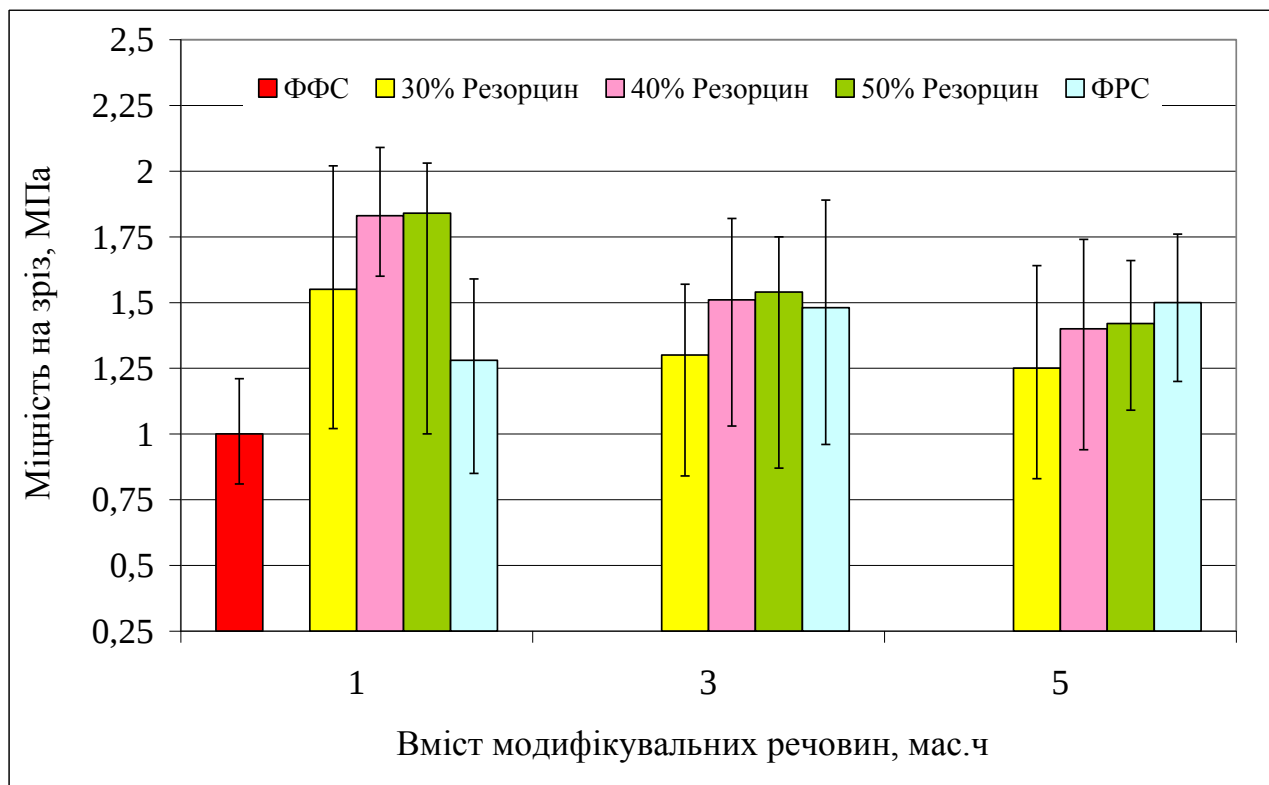


б)

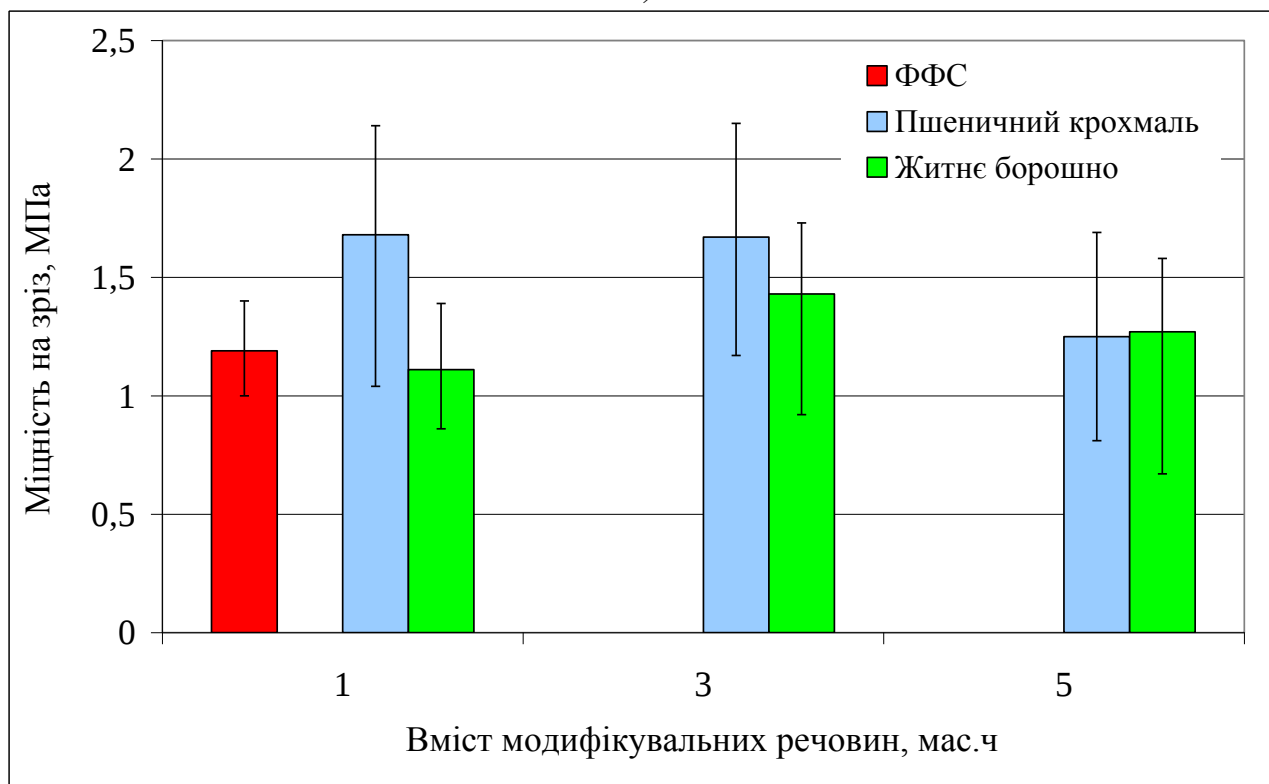
Рис. 2. Залежність часу затвердіння від вмісту модифікувальних речовин:
 а – резорцину і фенолорезорцинової смоли; б – пшеничного крохмалю і житнього борошна

Це зумовлено взаємодією фенолоформальдегідної та фенолорезорцинової смол з утворенням тривимірної сітки, внаслідок чого з'являються додаткові метилольні групи. Це приводить до утворення додаткових водневих або ефірних

зв'язків між клеєм та деревиною і, відповідно, до підвищення міцності клейового з'єднання.



а)



б)

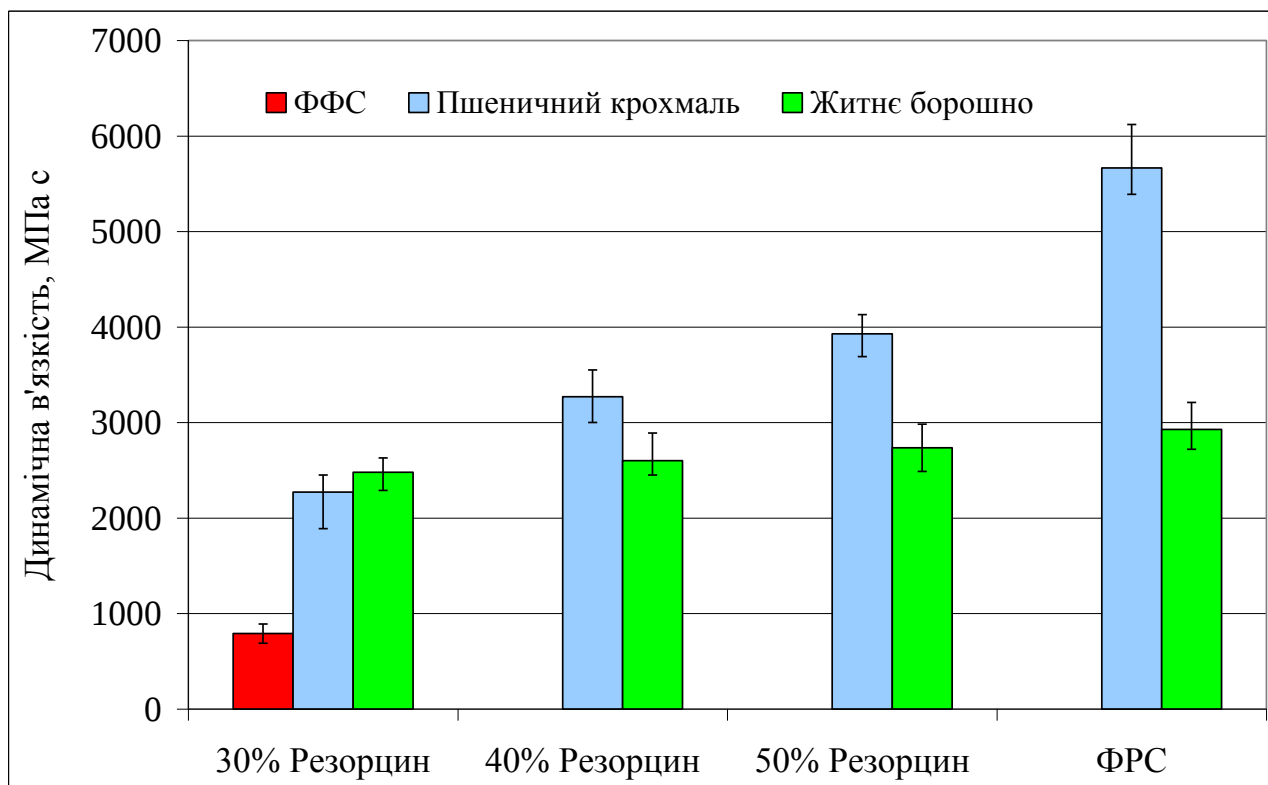
Рис. 3. Залежність міцності фанери на зріз від вмісту модифікувальних речовин: а – резорцину і фенолорезорцинової смоли; б – пшеничного крохмалю і житнього борошна

У разі додавання до смоли пшеничного крохмалю в кількості 1-3 мас.ч міцність фанери на зріз залишається незмінною, а збільшення вмісту до 5 мас.ч. призводить до зменшення – у 1,3 раза, що можна пояснити підвищенням в'язкості та зменшенням часу затвердіння клейової композиції. Додавання житнього борошна в межах від 1 до 3 мас.ч призводить до зростання міцності фанери на зріз в 1,28 раза, а подальше збільшення вмісту житнього борошна до 5 мас.ч – навпаки, до її зменшення в 1,13 раза.

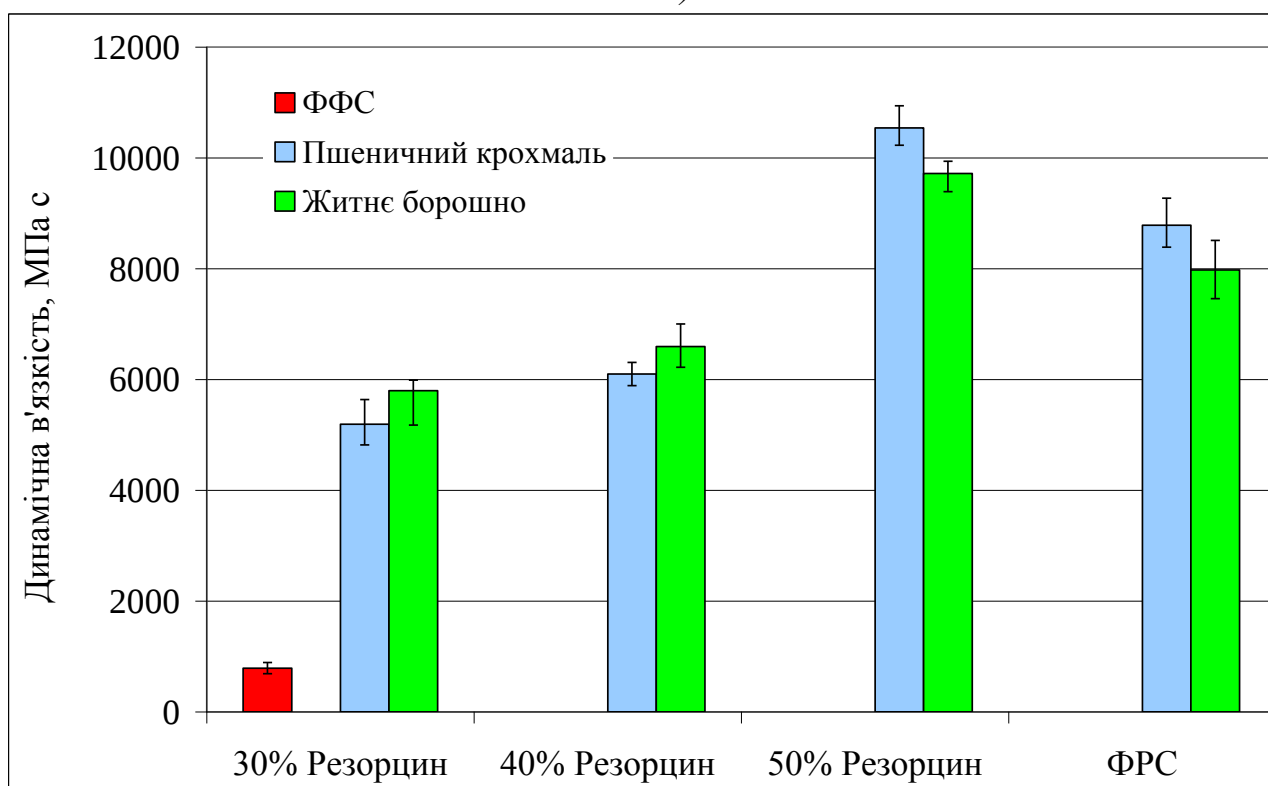
З наведеного вище випливає, що для покращення властивостей клейових композицій, а також зменшення витрати смоли, слід поєднувати органічні модифікувальні речовини (пшеничний крохмаль та житнє борошно) із фенолорезорциновою смолою або резорцином.

Встановлено, що суміші модифікувальних речовин суттєво підвищують динамічну в'язкість клеїв у 2,8-13,3 раза порівняно із чистою фенолоформальдегідною смолою (рис. 4) та зменшують життєздатність клею до 2-5 год. Сухий залишок змінюється незначно (від 51,0 до 58,3%), а концентрація іонів водню (рН) практично залишається незмінною (11,2-11,9).

Час затвердіння клеїв (рис. 5), модифікованих сумішами речовин, менший (30,1-55,2 с), ніж клеїв, які модифіковані тільки однією речовиною (див. рис. 2). Встановлено, що час затвердіння зменшується із збільшенням вмісту резорцину та фенолорезорцинової смоли у клейовій композиції.



а)



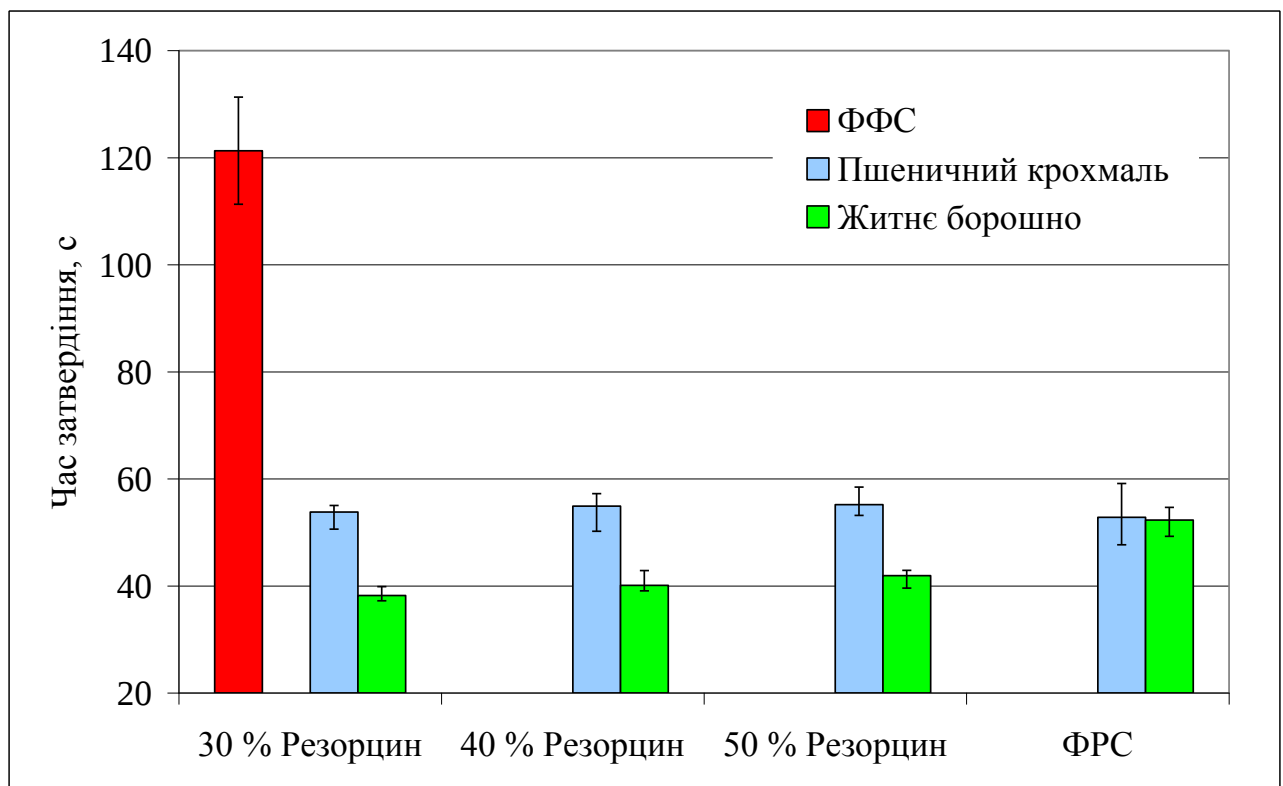
б)

Рис. 4. Залежність динамічної в'язкості від суміші модифікувальних речовин: а – за співвідношення компонентів 1:3; б – за співвідношення компонентів 3:3

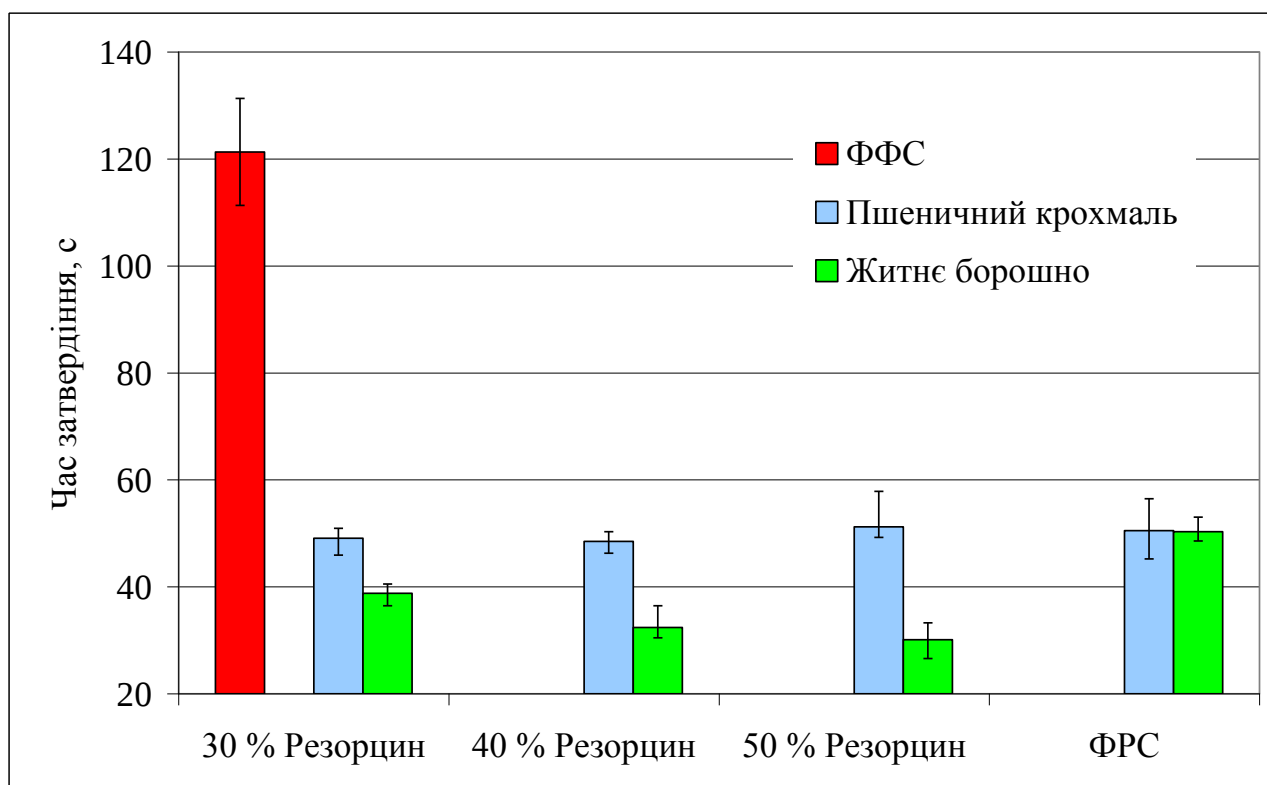
Експериментальні дослідження свідчать, що життєздатність утворених клеїв зменшується і коливається від 2 до 4 годин. Цей показник тісно пов'язаний із в'язкістю клейової композиції: збільшення останньої призводить до зменшення життєздатності.

Залежність міцності фанери на зріз від вмісту сумішей модифікувальних речовин наведено на рис. 6.

Збільшення концентрації розчину резорцину в суміші із житнім борошном за будь-кого масового співвідношення між ними (1:3 або 3:3) призводить до зменшення міцності фанери на зріз (рис. 6). У такому випадку клей погано змочує поверхню шпону, відбувається потовщення клейового шару, що призводить до зростання напружень всихання і, як наслідок, до падіння міцності на зріз.

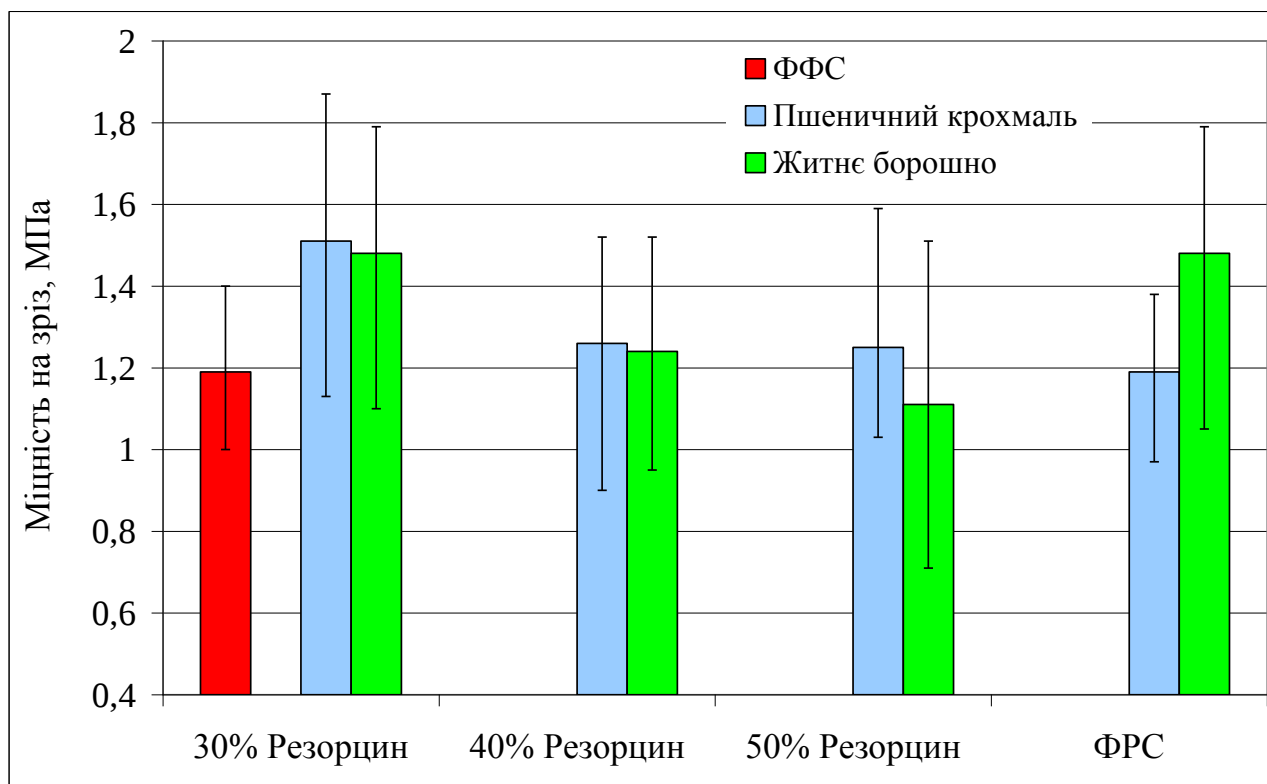


a)

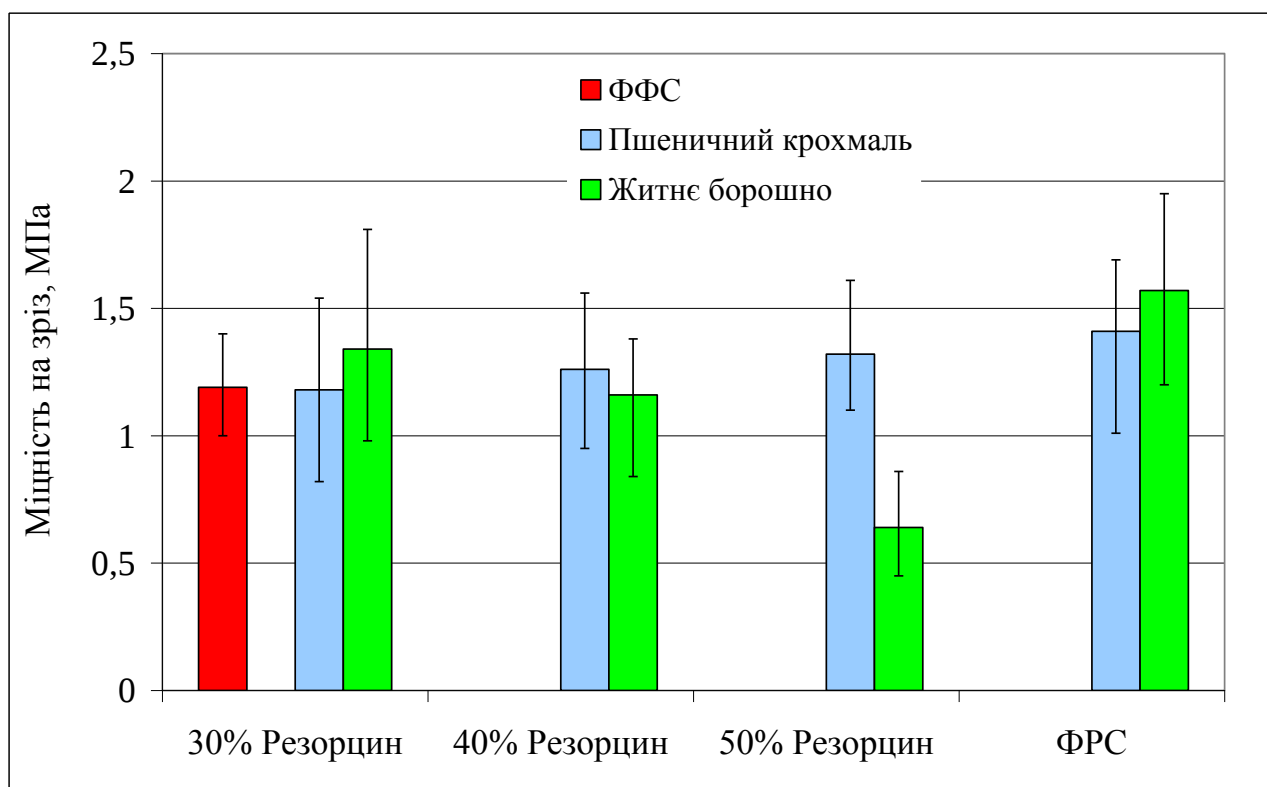


б)

Рис. 5. Залежність часу затвердіння від суміші модифікувальних речовин: *а* – за співвідношення компонентів 1:3; *б* – за співвідношення компонентів 3:3



а



б)

Рис. 6. Залежність міцності фанери на зріз від суміші модифікувальних речовин: *а* – за співвідношення компонентів 1:3; *б* – за співвідношення компонентів 3:3

У разі комбінування розчину резорцину з пшеничним крохмалем спостерігається подібний характер залежності міцності на зріз за співвідношення між ними 1:3 або 3:3. Із збільшенням концентрації розчину резорцину збільшується реакційна здатність останнього і це призводить до зменшення вільних реакційноздатних метилольних груп, тим самим зменшуючи адгезійну міцність клейового з'єднання.

Щодо фенолорезорцинової смоли, то незалежно від її вмісту, вищі значення міцності забезпечуються у разі комбінування її з житнім борошном, ніж із пшеничним крохмалем. Це зумовлено тим, що житнє борошно забезпечує кращу липкість клею та має дрібніші частинки, які мають меншу здатність до набрякання.

Висновки. Фенолоформальдегідна смола, модифікована запропонованими модифікувальними речовинами (резорцин, фенолорезорцинова смола, пшеничний крохмаль, житнє борошно), дає змогу використовувати у виробництві фа-

нери шпону з високим вмістом вологи (15%). Вивчено вплив модифікувальних речовин і їх сумішей на властивості клейових композицій на їх основі та міцність фанери. Встановлено, що із збільшенням вмісту модифікувальних речовин і їх сумішей динамічна в'язкість клеїв зростає, час затвердіння та життєздатність зменшуються, сухий залишок змінюється незначно, а концентрація іонів водню (pH) практично залишається незмінною. Отримані значення міцності фанери на зріз є вищими за встановлені норми (1 МПа) і така фанера відповідає вимогам стандарту ДСТУ EN 314-2 для 3 класу якості склеювання і її може бути використано для експлуатації в зовнішніх умовах.

Список використаних джерел

- 1. Баженов В.А.** О проницаемости древесины жидкостями / В.А. Баженов // Науч. тр. Института леса. – 1973. – Т.4. – С. 154-168.
- 2. Бехта П.А.** Виробництво фанери / Бехта П.А. – К.: Основа, 2003. – 320 с.
- 3. Ващев Н.В.** Влияния влажности воздуха и древесины на прочность клеевых соединений / Ващев Н.В. – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 87 с.
- 4. Вінтонів І.С.** Деревинознавство / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер – Львів: Апріорі, 2007. – 312 с.
- 5. Денисов С.В.** Повышение сортности шпона / С.В. Денисов, В.М. Топеха // Плиты и фанера. – 1980. – №4. – С.7.
- 6. Дергачев П.А.** Влияния влажности шпона на прочность и упресовку фанеры / П.А. Дергачев, А.Н. Минин // Механическая технология древесины. – 1975. – №5. – С. 38-42.
- 7. Заявка 58-11102** Японія В 27 D 1/04. Спосіб виготовлення фанери / Фукуи Цуёси, Мидзуно Масуо, Ито Такуми; к.к. Мэйнан сэйсакусё. – № 56-108753; заявл. 11.07.81; опубл. 21.01.83.
- 8. Израелит А.Б.** Теоретическое исследование напряженно- деформационного состояния фанеры после склеивания влажного шпона у вакуумных прессах / А.Б. Израелит, С.В. Денисов // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств – 1982. – №11. – С. 37-41.

9. Карпович С.Н. Пористость влажной древесины / С.Н. Карпович // Деревообрабатывающая промышленность. – 1973. – №9. – С. 12-14.

10. Куликов В.А. Производство фанеры / Куликов В.А. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 368 с.

11. Прусакова И.Р. Повышение пределов влажности шпона при склеивании фанеры / И.Р. Прусакова, В.П. Скоробогатова // Новое в технике и технологии фанеры и пластиков: Сб. тр. ЦНИИФ. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – С. 45-51.

12. Топеха В.М. Исследование и разработка технологии склеивания шпона повышенной влажности порошкообразным клеем: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.21.05 "Процессы и механизация деревообрабатывающих производств, древесиноведение" / Топеха В.М. – Л., 1980. – 19 с.

13. Хрулев В.М. Свойства и применение алкилрезорциновых клеев с наполнителями / В.М. Хрулев, В.А. Забурунов // Механическая обработка древесины. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1979. – Вып. 4 – С. 1-28.

14. Янсон Э.Р. Склеивание пиленных поверхностей древесины / Э.Р. Янсон // Деревообрабатывающая промышленность. – 1956. – №4. – С. 3-5.

15. Besinova O. Advantages and benefits of gluing of veneers with high moisture content for plywood producers / O. Besinova, S. Katuscak, A. Hespodarik, L. Tokarova, R. Lipka // Proceedings of XIII Symposium. – Slovakia, Vinne, 1997. – P. 194-204.

16. Chow S.-Z., Hancock W.H. Method for determining degree of cure of phenolic resin / S.-Z. Chow, W.H. Hancock // Forest Products Journal. – 1969. – V.19. - №1. – P. 21-29.

17. Elbez G. Possibility of gluing of veneers with high moisture content / G. Elbez // Adhesives in woodworking industry: Proceedings of XIII Symposium. – Slovakia, Vinne, 1997. – P.101-110.

18. Na B. Green wood gluing by traditional honeymoon PRF adhesives / B. Na, A. Pizzi, X. Lu // Holz als Roh und Werkstoff, 2005. – №63. – P. 473-474.

19. Pizzi A. Handbook of Adhesives Technology, Vol. 2 / A. Pizzi, K.L. Mittal – New York: Marcel Dekker, 2003. – 1010 p.

20. Sedliačik J. Procesy lepenia dreva plastov a kovov / J. Sedliačik. – Zvolen: TU vo Zvolene, 2005. – 221s.

21. Urbanik E. Gluing high moisture content veneer with adhesives based on RPF and PF / E. Urbanik, W. Jabłoński, M. Jóźwiak // Adhesives in woodworking industry: Proceedings of XIII Symposium. – Slovakia, Vinne, 1997. – P.225-232.

22. Vijayendran B., Clay J. Some recent studies on soy protein-based wood adhesives / In Wood Adhesives 2000 Extend Abstracts. Nevada: Forest Products Society, 2000/ – P.4-5.

П.А. Бэхта, Г.Е. Ортыньска

СКЛЕИВАНИЕ ШПОНА ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛОЙ

Представлены результаты исследования в лабораторных условиях склеивания шпона с высоким содержанием влаги (15%) с помощью модифицированной фенолоформальдегидной смолы. Разработаны рецептуры клеевых композиций на основании фенолоформальдегидной смолы, модифицированной разными веществами (резорцином, фенолорезорциновой смолой, пшеничным крахмалом и ржаной мукой), что дало возможность склеивать шпон повышенной влажности. Выяснено влияние модифицирующих веществ на свойства предложенных клеевых композиций (динамическую вязкость, концентрацию ионов водорода, сухой остаток, время отверждения, «жизнеспособность») и фанеры (прочность на срез), изготовленной на их основе. Получены значения прочности фанеры на срез были выше установленных норм (1 МПа) и такая фанера отвечает требованиям стандарта ДСТУ EN 314-2 для 3 класса качества склеивания и может быть использована для эксплуатации во внешних условиях.

Ключевые слова: шпон повышенной влажности, прочность фанеры на срез, режимы склеивания, клеевая композиция, фенолоформальдегидная смола, модифицирующие вещества, пшеничный крахмал, ржаная мука, резорцин, фенолорезорциновая смола

P.A. Bekhta, G.Ye. Ortynska

GLUING HIGH MOISTURE CONTENT VENEER WITH MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE ADHESIVE

This paper presents results of laboratory research of gluing high moisture content (15%) birch veneer with the use of modified phenol-formaldehyde resin. Adhesive compositions based on phenol-formaldehyde resin modified by various substances (resorcinol, phenol-resorcinol-formaldehyde resin, wheat starch and rye flour) were developed. It allowed gluing high moisture content veneer. The influence of modifying agents on the properties of the proposed adhesive compositions (dynamic viscosity, hydrogen ions concentration, solid content, curing time, pot life) and plywood (shear strength) was studied. The obtained results of shear strength values were above the standard requirements (1 N/mm^2), and the properties of samples met the European standard EN 314-2 for gluing quality of class 3 and such plywood panels can be used in exterior conditions.

Key words: high moisture content veneer, shear strength of plywood, gluing conditions, adhesive composition, phenol-formaldehyde resin, modifying substances, wheat starch, rye flour, resorcinol, phenol-resorcinol-formaldehyde resin