

*В статье приведены результаты исследований влияния электрогидравлического эффекта на молочную сыворотку с целью получения сыворотки с однородной системой без проведения дополнительного освещения.*

***Сыворотка молочная, белки, биологическая ценность, аминокислотный состав, электрогидравлический эффект.***

*The results of influence of electrohydraulic effect on milk whey to obtain serum from a homogeneous system without additional lighting.*

***Serum dairy, protein, biological value and amino acid composition, electrohydraulic effect.***

УДК 631.18.2

## **ТЕМПЕРАТУРА ЗАЙМАННЯ ДЕРЕВИНИ ПРИ КОНТАКТНІЙ ВЗАЄМОДІЇ З МЕТАЛЕВОЮ ПОВЕРХНЕЮ В ПРОЦЕСІ ТЕРТЯ**

***Л.Л. Тімова, аспірант\****

***В.М. Швайко, І.Л. Роговський, кандидати технічних наук***

*Наведено результати експериментальних досліджень температури займання деревини сосни, дуба і термососни (сосни, висушеної у вакуумі). Встановлені основні закономірності виникнення температури займання деревини в залежності від тиску в зоні контактуючих поверхонь і швидкості ковзання в процесі тертя.*

***Момент тертя, фактор  $pV$ , термопара, зразок, деревина, займання, тління, контртіло.***

**Постановка проблеми.** Виготовлення фанери, деревостружкових та деревоволокнистих плит, целюлози, паперу, плівок, смоли і багатьох іншої продукції та виробів пов'язано з технологічними процесами її обробітку. Технологічні процеси різання, сколювання, стругання, а також транспортування сировини до місць її переробки завжди супроводжуються контактуванням деревини з металічними поверхнями. При взаємному контакті завжди виникають сили тертя, які при певних тисках і швидкості переміщення деревини по металічних поверхнях, можуть викликати небезпечні ситуації з точки зору підвищення пожежної небезпеки. Як відомо, що деревина належить до групи горючих матеріалів, займання яких за певних умов можливе навіть від малокалорійного джерела запалювання.

\*Науковий керівник – кандидат технічних наук І.Л. Роговський

© Л.Л. Тімова, В.М. Швайко, І.Л. Роговський, 2012

**Аналіз останніх досліджень.** Відомо, що при аналізі якості вогнезахисних покриттів, застосовують методи термічного аналізу, методи експериментального визначення умов теплового самозаймання твердих речовин і матеріалів [1,2], в основу яких покладено визначення температури займання від джерела теплової енергії (в термошафах, за допомогою електродів запалювання і ін.). Слід відзначити, що питання визначення термодинамічних властивостей деревини при контактній взаємодії з металічними поверхнями в умовах тертя практично не вивчались.

**Мета досліджень** – дослідити фактори, які мають суттєвий вплив на температуру займання деревини при контактній взаємодії з металічною поверхнею в процесі тертя, а також встановити критичні температури займання.

**Результати досліджень.** Експериментальні дослідження проводились в механічній лабораторії кафедри механіки, опору матеріалів та будівництва Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Для проведення експериментальних досліджень була використана серійна випробувальна машини тертя СМТ-1 Іванівського об'єднання «Точприлад» [3]. Машина за своїми показниками, призначена для випробувань на тертя і зношувальну здатність металічних матеріалів. Під час випробувань реєструється частота обертання контртіла, момент тертя, сила притиску зразка до металічного контртіла і кількість циклів напрацювання. Можливий запис температури в зоні тертя і випробовування в різних середовищах. Машина забезпечує плавне регулювання частоти обертання контртіла і швидкість випробовувань, збільшений момент тертя при широкому діапазоні вимірів з можливістю використання малоінерційного силовимірювача.

Згідно програми досліджень процесу займання деревини в умовах сухого тертя по металічній поверхні у навантажувальній пристрій були внесені конструктивні зміни, які дозволили розширити діапазон випробувальних навантажень, а також виключити неспівосність прикладання навантаження відносно осі обертання контртіла. Випробовування проводились за схемою «диск - колодка» [5]. В якості контртіла був використаний диск (рис. 1), виготовлений із сталі 45 з наступним гартуванням до HRC 48.

Для компенсації зміщення зразків відносно осі обертання контртіла 12 (рис. 2) був виготовлений натискний шток 9, який має можливість переміщуватись вздовж лінії прикладання навантаження вздовж центрувальних кілець 7, які виготовлені за схемою трикулачкового патрону токарного верстату. Кільця 7 жорстко з'єднані з камерою для випробувань 13. Повертанням гвинтів 8, які

розміщені в кільцях за трьома радіальними напрямками, встановлюється співвісність прикладання навантаження  $F_D$  по відношенню до осі обертання контртіла. Фіксація і центрування зразка, по відношенню до осі обертання контртіла, здійснюється гвинтами 11. Натискний шток 9 контактує з поверхнею зразка 10 (рис. 2) по профрезерованому пазу шириною 3 мм (рис. 1).

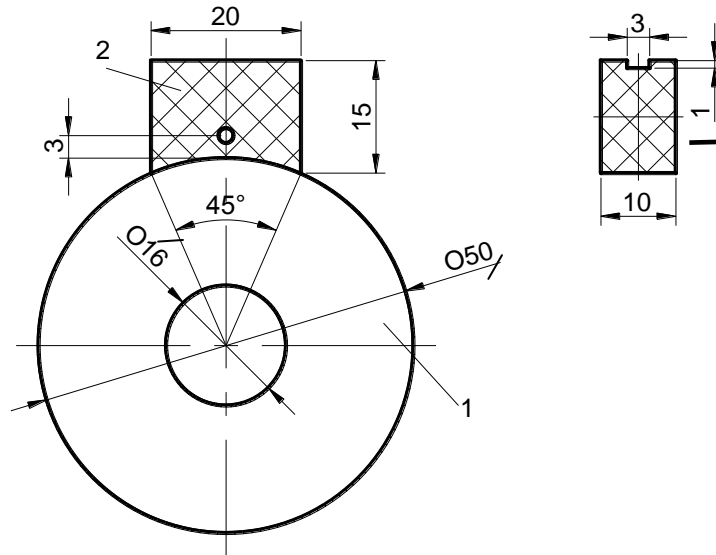


Рис. 1. Схема проведення випробувань для дослідження температури займання деревини в умовах сухого тертя по металічній поверхні: 1 – контртіло; 2 – зразок; 3 – місце кріплення терморпарі.

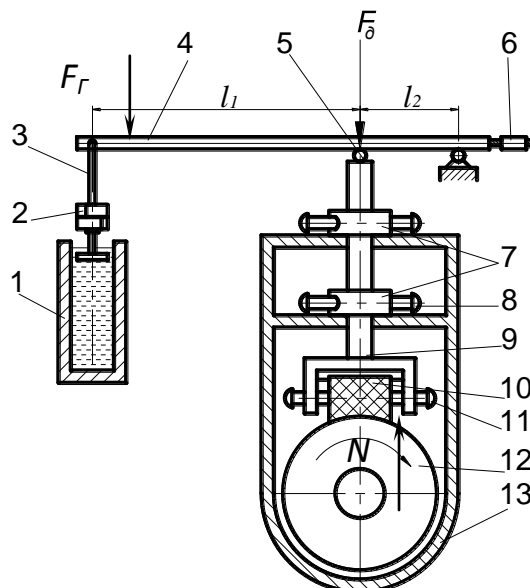


Рис. 2. Схема навантажувального пристрою до випробувальної машини СМТ-1: 1 – демпфер; 2- вантажі; 3 – стержень гирьового підвісу; 4 – важіль; 5 – кулька; 6 – зрівноважувальний вантаж; 7 – центрувальні кільця; 8 – регулювальні гвинти; 10 – зразок; 11 – фіксуючі гвинти; 12 – контртіло; 13 – випробувальна камера.

Навантаження на зразок задавалось за схемою двохплечового важеля 4 (рис. 2) В місці дотику важеля 4 з натискним штоком розміщена сталева кулька 5, яка дозволяє компенсувати статичну невизначеність навантажувальної системи при проведенні випробувань. Для зрівноваження важеля 4, на його вільному кінці встановлений вантаж 6, який може переміщуватись по різьбі вздовж осі важеля 4. Випробувальне навантаження 2 повільно прикладалось до стержня 3 гирьового підвісу, який шарнірно з'єднаний з важелем 4. Для усунення коливань важеля 4 під час випробувань, передбачено демпфер 1, наповненого рідким мастилом. Величина дійсного навантаження  $F_D$  на натискному штоці 9 визначалась із співвідношення (рис. 2):

$$N = F_D = \frac{F_G(l_1 + l_2)}{l_2} = 9,4F_G, \quad (1)$$

де  $l_1$  і  $l_2$  – довжини плечей важеля;  $F_G$  – навантаження на гирьовому підвісі.

На рис. 3 зображений загальний вигляд випробувальної машини СМТ-1 з удосконаленим пристроєм для проведення випробувань на займання деревини в процесі сухого тертя по металічній поверхні.

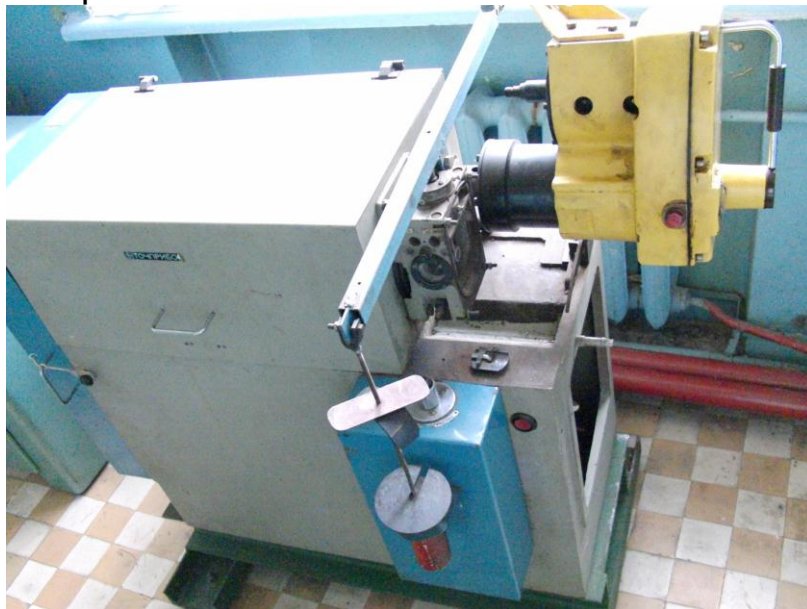


Рис. 3. Загальний вигляд пристосування до випробувальної машини СМТ-1 для проведення випробувань на займання деревини в процесі сухого тертя по металічній поверхні.

Для реєстрації температури нагріву контактуючої поверхні зразка з контртілом і момента тертя в процесі випробувань в вимірювальну систему машини встановлені потенціометри КСП-4 для запису відповідних діаграм.

Нами було проведено вдосконалення вимірювальної системи з використанням модуля «Triton 2402U», який використовується для виміру напруги по 2-х каналах в межах від (-1,17 до + 1,17)В. Кількість розрядів АЦП (діючих розрядів) 24 (22), час виміру одного каналу не менше 500 мс.

В один із каналів була включена термопара, «хромель - копель» для реєстрації температури (рис. 4,а), а в другий – датчик моменту тертя (рис. 4,в). Модуль «Triton 2402U» призначений для роботи спільно з програмним забезпеченням (програмою) «T2402 Reader» і іншими програмами, що використовують порт USB комп'ютера. До складу модуля (рис. 4) входить комутатор, мікроконтроллер, АЦП, гальванічна розв'язка, інтерфейс USB.

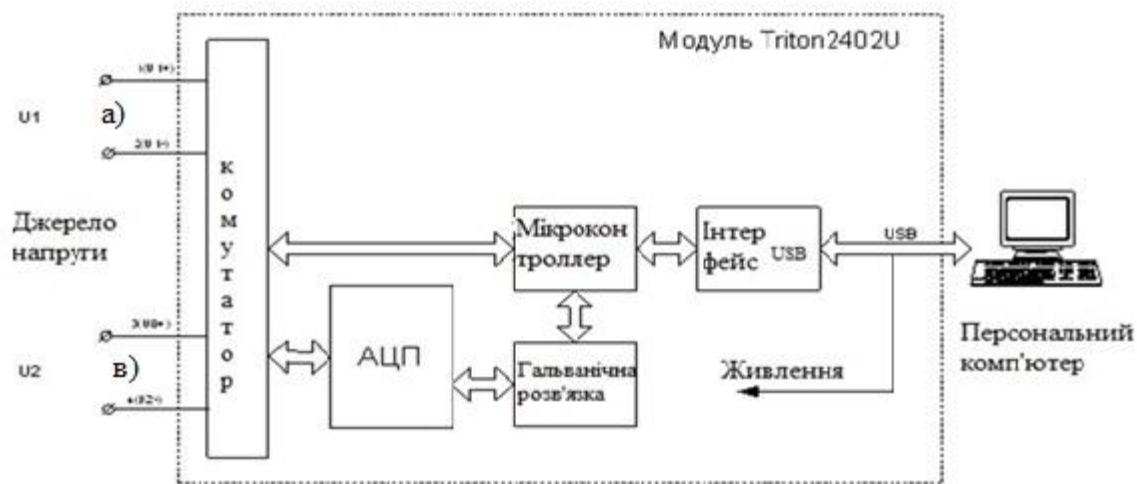


Рис. 4. Блок-схема модуля Triton 2402U.

Роботою модуля управляє вбудований мікроконтроллер PIC18F1320. Він управляє апаратними засобами модуля – АЦП і інтерфейсом USB. За допомогою 24 бітового сигма-дельта модуль АЦП (AD7793) визначає величину напруги.

Електронний комутатор служить для почергового підключення датчиків (термометрів опору) до АЦП. До модуля можуть бути підключені до 2-х джерел напруги.

Результати вимірів можуть бути передані по вбудованому інтерфейсу USB на EOM (6) для подальшої їх обробки і зберігання. В результаті проведення випробовувань були одержані діаграми і числові величини в координатах «момент тертя - час», які відображали залежність моменту тертя від тиску на зразок і відповідно температури в зоні контактуючих поверхонь.

Сила тертя  $F_T$  визначалась із наступної залежності:

$$F_T = \frac{2M_T}{d}, \quad (2)$$

де  $M_T$  – момент тертя;  $d=50$  мм – діаметр контртіла.

За визначеними величинами сили тертя  $F_T$  і нормальної сили тиску на зразок  $F_D$  визначались коефіцієнти тертя  $f$ .

$$f = \frac{F_T}{F_D}. \quad (3)$$

За показник швидкості ковзання в зоні тертя була прийнята лінійна швидкість  $v$  (м/с)

$$v = \pi d n \quad (4)$$

де  $d$  – діаметр контртіла;  $n$  – частота обертання контртіла (об/хв).

Для оцінки здатності займання деревини при рухомому контактуванні з металічною поверхнею за основний показник був прийнятий фактор  $p\nu$ : де  $p$  – тиск в зоні контактуючих поверхонь;  $\nu$  – лінійна швидкість ковзання, тобто

$$p = \frac{N}{r \cdot \varphi \cdot b} \quad (5)$$

де  $N$  – навантаження на зразок (сила нормального тиску);  $r$  – радіус контртіла;  $\varphi$  – кут контактування поверхні зразка з контртілом (рад);  $b$  – ширина зразка (рис.1). Тоді

$$p = \frac{N}{r \cdot \frac{\pi}{180} \cdot \varphi^\circ \cdot b} = \frac{N}{25 \cdot \frac{3,14}{180} \cdot 45^\circ \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = \frac{N}{196,25 \cdot 10^{-6}}, \text{ Н/м}^2.$$

Зразки із деревини виготовлялись механічним обробітком на деревообробних верстатах за допомогою спеціально виготовленого пристосування (рис. 5).



Рис. 5. Пристосування для виготовлення зразків.

Проточування сферичної поверхні зразків деревини радіусом  $r = 25$  мм здійснювалось вздовж волокон на токарному верстаті. Зразки малих об'ємів виготовлялись із сосни, дуба, і термососни. Необхідною умовою при відборі і виготовленні дослідних зразків було досягнення стандартної вологості  $W = (12 \dots 15)\%$ . Вимірювання вологості проводили із застосуванням портативного вимірювача вологи деревини ИВ-1.

Результати випробувань наведені у вигляді діаграм, в яких відображені залежності момента тертя в зоні контактуючих поверхонь, від навантаження (сили  $N$ ), температури  $T$  °С і часу  $t$  (с) випробувань до займання (рис. 6).

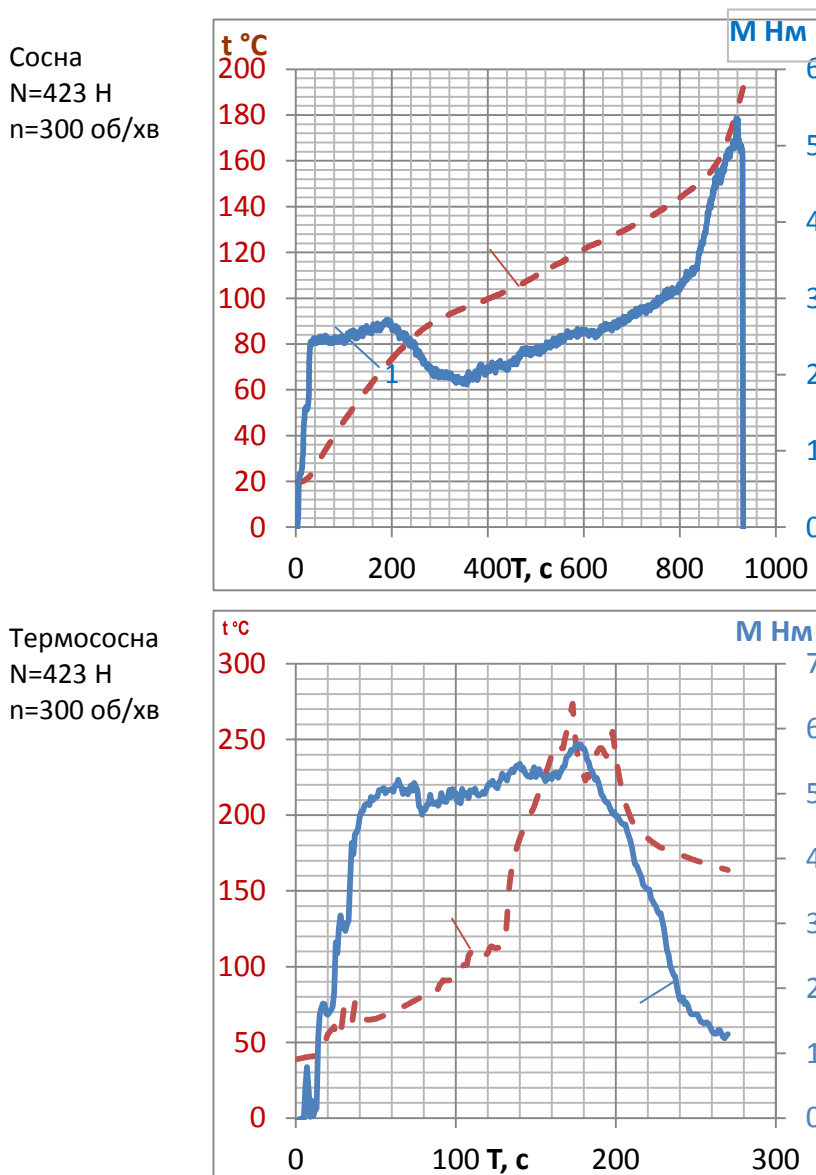


Рис. 6. Характерні діаграми залежностей момента тертя  $M_T$  - 1 від температури в зоні контактуючих поверхонь  $T$  °С - 2 і часу випробувань  $t$  (с) до димоутворення.

Із діаграм були визначені коефіцієнти тертя із залежності (3), температура димоутворення  $T^{\circ}\text{C}$  і час  $t$  (с). Результати випробувань наведені у вигляді графіків (рис. 7, 8, 9) і числових показників в табл. 1.

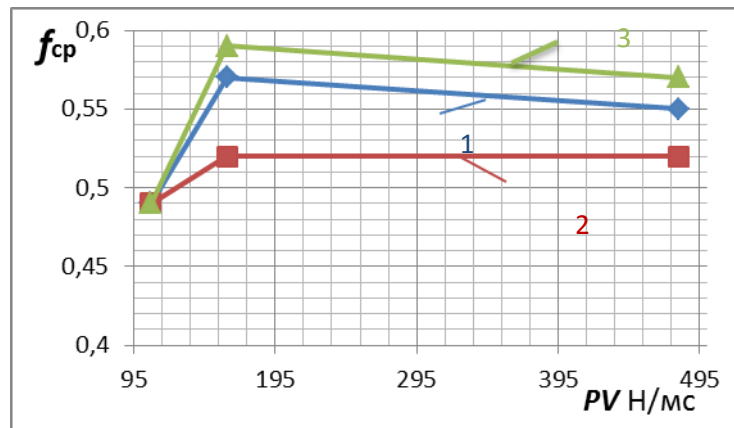


Рис. 7. Залежності коефіцієнта тертя  $f$  в момент займання від фактора  $pV$ : 1 – сосна; 2 – термососна; 3 – дуб.

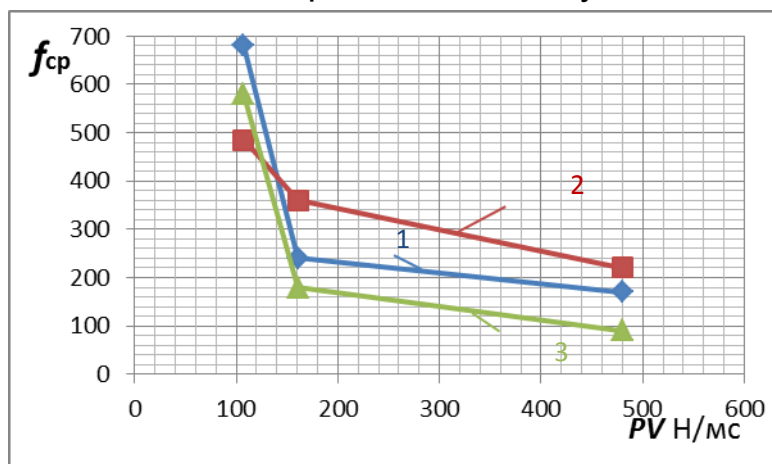


Рис. 8. Залежності часу  $t$  досягнення температури займання  $T^{\circ}\text{C}$  від фактора  $pV$ : 1 – сосна; 2 – термососна; 3 – дуб.

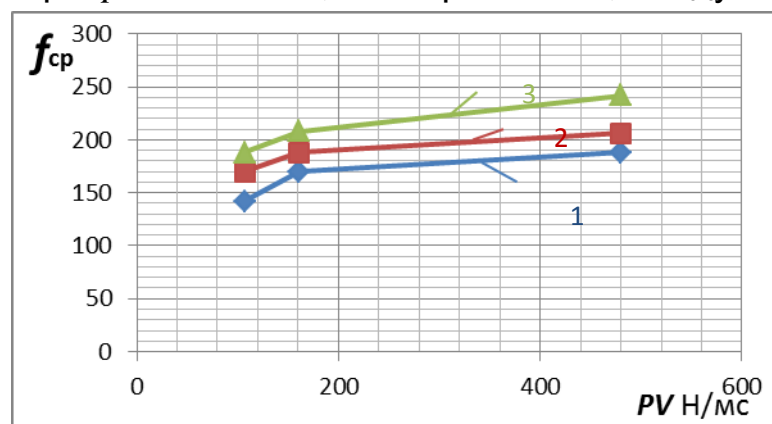


Рис. 9. Залежності температури  $T^{\circ}\text{C}$  займання від фактора  $pV$ : 1 – сосна; 2 – термососна; 3 – дуб.



**1. Показники випробувань на контактну взаємодію дослідної деревини з металічною поверхнею в умовах динамічного тертя.**

	$M_{T_{cp}}$	$N$	$n$	$P$	$\nu$	$p\nu$	$T_{cp}$	$f_{cp}$	$t$	$F_T$
	Нм	Н	об/хв	кН/м <sup>2</sup>	м/с	кН/мс	с		°С	Н
Сосна	2,05	141	900	68,5	2,36	161,4	240	0,580	165	81,8
	34,6	282	300	137,1	0,76	107,6	580	0,491	135	138
	4,10	282	450	137,1	1,18	161,4	245	0,582	162	164
	3,87	282	1350	137,1	3,53	484,1	185	0,550	185	155
	6,06	423	300	205,6	0,76	161,4	241	0,573	140	242
	6,13	423	900	205,6	2,36	484,1	149	0,580	180	245
Термососна	1,84	141	900	68,5	2,36	161,4	340	0,521	183	73,5
	3,45	282	300	137,1	0,76	107,6	483	0,495	170	139
	3,70	282	450	137,1	1,18	161,4	336	0,526	190	148
	3,46	282	1350	137,1	3,53	484,1	240	0,491	202	138
	5,50	423	300	205,6	0,76	161,4	345	0,520	189	220
	5,40	423	900	205,6	2,36	484,1	245	0,510	200	215
Дуб	2,10	141	900	68,5	2,36	161,4	180	0,591	205	83,3
	3,45	282	300	137,1	0,76	107,6	580	0,495	183	139
	4,10	282	450	137,1	1,18	161,4	190	0,582	198	164
	4,00	282	1350	137,1	3,53	484,1	90	0,570	240	160
	6,08	423	300	205,6	0,76	161,4	183	0,575	201	243
	6,05	423	900	205,6	2,36	484,1	93	0,572	244	242

Коефіцієнти тертя  $f$  в момент початку займання для дослідних порід деревини знаходяться в межах 0,49...0,57 (рис. 7). При збільшенні фактора  $p\nu$  спостерігається незначне підвищення коефіцієнта тертя для дуба і зниження для сосни і термососни. На графіку наведені величини коефіцієнтів тертя, за даних умов випробування ( $N$  - сила притиску зразка до контр тіла і швидкості ковзання  $\nu$ ), при яких відбувається інтенсивне спадання моменту тертя  $M_T$  (рис.6, а, б, в). Це пояснюється тим, що на контактуючих поверхнях виникає розклад продуктів – дегідратації до утворення вугілля та органічних легких продуктів, що приводить до різкого або повільного зменшення моменту тертя, а і відповідно коефіцієнта тертя (рис. 7).

Слід відзначити, що при  $p\nu=161,4$  Н/мс займання не спостерігалось, а тертя відбувалось із значним виділенням продуктів рухомого контактування сосни і термососни з металічною поверхнею. Встановлено, що за величини менші від  $p\nu=107,6$  Н/мс, займання деревини не спостерігалось при досягненні максимального моменту тертя  $M_T$ . Добуток  $p\nu=const$  при різних комбінаціях тиску  $p$  і швидкості ковзання  $\nu$ . Із збільшенням

величини фактору  $p\nu$  від 107,6 Н/мс до 484,1 Н/мс час  $T$  досягнення температури займання для всіх дослідних порід деревини зменшується в межах від 600 с до 90 с (рис. 8). Середня температура  $T_{cp}$  °С досягнення момента займання дослідних порід деревини знаходиться в прямій залежності від фактора  $p\nu$  (рис.9) і знаходиться в межах від 140 °С...290 °С і залежить від фізичних властивостей деревини. Так у дуба збільшення середньої температури займання відбувається інтенсивніше, ніж у сосни і термососни. Це пояснюється більшим коефіцієнтом тертя у дуба порівняно із сосною, яка відноситься до менш твердих порід деревини і швидкістю утворення продуктів розкладання деревини в зоні тертя. Слід враховувати, що при  $p\nu < 107,6$  Н/мс при середньому часі  $T_{cp}$  тертя в межах 680 с...90 с, для дослідних порід деревини процес займання практично відсутній.

### **Висновки**

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що дослідні породи деревини (сосна, термососна, дуб). За умов рухомої контактної взаємодії з металічною поверхнею, відносяться до матеріалів, яким властиве тління (жевріння). Це пояснюється тим, що із поверхні контакту деревини і металу тепловіддача здійснюється в залежності від теплофізичних властивостей цих матеріалів, відносно швидкості ковзання, швидкості переміщення повітря, розміщення поверхонь тепловіддачі і інших факторів.

Необхідно враховувати, що деревина – пористий матеріал, в якому об'єм порожнин, заповнених повітрям, перевищує об'єм твердої речовини. Наявність таких повітряних включень зумовлює відносно низьку теплопровідність деревини та пов'язані з цим займистість та повільне прогрівання внутрішніх шарів, що призводить до займання (тління). Тому за результатами, проведених випробувань, необхідно прийняти за процес займання деревини – процес тління (димуютворення).

### **Список літератури**

1. Булага С.Н. Контроль качества огнезащитных покрытий на объектах методами термического анализа / [Булага С.Н., Дудеров Н.Г., Михайлова Е.Д., Смирнов Н.В.] // XX Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию создания ВНИИПО. – М., 2007. – С. 230–232.
2. Дудеров Н.Г. Идентификация огнезащитных покрытий с помощью методов дифференциального термического анализа / Н.Г. Дудеров, С.С. Мелковский // XX Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию создания ВНИИПО. – М., 2007. – С. 234–236.

3. *Полимеры в узлах трения машин и приборов : справочник / А.В. Чичинадзе, А.А. Левин, М.М. Бородулин, Е.В. Зиновьев ; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.*
4. *Цурпал И.А. Сопротивление материалов : лаб. работы. – 2-е изд., перераб. и доп / Цурпал И.А., Барабан Н.П., Швайко В.М. – К.: Вища шк., 1988. – 245 с.*
5. *Швайко В.М. Нагрузочная способность композиционных материалов на основе в антифрикционных узлах / В.М. Швайко, В.Ф. Сидоренко // III Всесоюз. конф. по прочности, жесткости и тех нологичности изделий из композиционных материалов (Запорожье, 24-26 окт.1989 г.):Тез.докл. – Запорожье, 1989. – С. 76.*

*Представлены результаты экспериментальных исследований температуры загорания древесины сосны, дуба и термососны (сосны, высушенной в вакууме). Установлены основные закономерности возникновения температуры загорания древесины в зависимости от давления в зоне контактируемых поверхностей и скорости скольжения в процессе трения по металлической поверхности.*

***Момент трения, фактор  $p\nu$ , термопара, образец, древесина, загорание, тление, контртело.***

*The results of experimental researches of temperature of spunking of wood of pine-tree, oak and termowood (pine-tree, dried up in vacuum) are presented. Basic conformities to law of origin of temperature of spunking of wood are set depending on pressure in area of contact surfaces and sliding speed in process of friction on metallic surface.*

***Moment of friction,  $p\nu$  factor, thermocouple, standard, wood, spunking, decay, rider.***

УДК 629.631.554

## **УДОСКОНАЛЕНИЙ ЗБИРАЛЬНО-ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ПРОЦЕС**

***С.Г. Фришев, доктор технічних наук  
С.І. Козупиця, кандидат технічних наук***

*Встановлено доцільність роботи групи з двох причепів-перевантажувачів в поєднанні з групою зернозбиральних комбайнів в одній загонці з розвантаженням зерна у кінці гону.*

***Удосконалення, причеп-перевантажувач, довжина гону, раціональні параметри, продуктивність.***

© С.Г. Фришев, С.І. Козупиця, 2012