

Показано, що в нерегулярному періоді сушіння деяка частка вологи у деревині починає випаровуватися через її поверхню, а деяка частка – прямує до центру матеріалу (рис. 6 а). Цей, відомий із експериментів факт, не вдалось змоделювати без урахування залежності тепломеханічних характеристик деревини від змінних температурно-вологісних умов. Така зміна розподілу вологи спричиняє розвиток стискальних напружень біля поверхні матеріалу та розтягувальних у центрі.

Порівняльний аналіз результатів моделювання з різними співвідношеннями геометричних розмірів поперечного перерізу показав, що зміна розміру висушувального бруска в одному напрямку змінює розподіл компонент напружень в іншому напрямку, а це підтверджує те, що модель враховує анізотропність деревини.

### Література

1. Соколовський Я.І. Математичне моделювання двовимірного в'язкопружного стану деревини у процесі сушіння / Я.І. Соколовський, М.В. Дендюк // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології : зб. наук. праць. – 2008. – Вип. 7. – С. 17-26.
2. Соколовський Я.І. Моделювання деформаційно-релаксацийних процесів у висушуваний деревині методом скінченних елементів / Я.І. Соколовський, А.В. Бакалець // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2006. – № 565. – С. 51-57.
3. Соколовський Я.І. Математична модель деформаційно-релаксацийних процесів у капілярно-пористих матеріалах з параметрами внутрішнього і зовнішнього тепломасоперенесення / Я.І. Соколовський, І.М. Крошній // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 710. – С. 274-279.
4. Соколовський Я.І. Алгоритмічне та програмне забезпечення системи моделювання та аналізу процесу сушіння капілярно-пористих матеріалів / Я.І. Соколовський, І.М. Крошній // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2012. – № 732. – С. 306-315.
5. Соколовський Я.І. Математична модель в'язкопружного деформування капілярно-пористих матеріалів / Я.І. Соколовський, О.В. Мокрицька // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.2. – С. 320-328.
6. Соколовський Я.І. Математична модель теплового перенесення та напружено-деформованого стану у капілярно-пористих матеріалах з фрактальною структурою / Я.І. Соколовський, В.М. Шиманський // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології : зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 16. – С. 133-141.
7. Svensson S. Strain and shrinkage force in wood under kiln drying conditions. Measuring strain and shrinkage under controlled climate conditions, equipment and preliminary results / S. Svensson // *Holzforchung*. – 1995. – Vol. 49. – Pp. 363-368.
8. Bodic J. Mechanics of Wood and Composites / J. Bodic, A. Jayne // Van Nostrand Reinhold. – New York. – 1982. – 712 p.
9. Соколовський Я.І. Методика та результати експериментальних досліджень реологічної поведінки деревини / Я.І. Соколовський, Й.В. Андрашек // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 1999. – Вип. 9.13. – С. 15-26.
10. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник [для студ. лесотехн. ВУЗов] / Б.Н. Уголев. – Изд. 3-е, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во МГУЛ. – 2002. – 340 с.
11. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть". – 1990. – 336 с.
12. Salin J.-G. Numerical prediction of checking during timber drying and a new mechano-soorptive creep model // *Holz Roh-Werkstoff*. – 1992. – Vol. 50. – Pp. 195-200.
13. Соколовський Я.І. Моделювання систем у WORLD / Я.І. Соколовський, Ю.В. Шабатура, Я.І. Вилюк, І.М. Крошній, М.В. Дендюк // GPSS. – Львів : Вид-во "Новий світ". – 2014. – 287 с.
14. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Л.Сегерлинд. – М. : Изд-во "Мир". – 1979. – 378 с.
15. Билей П.В. Сушка древесины твердых листовных пород / П.В. Билей. – М. : Изд-во "Экология". – 1992. – 322 с.

16. Perre P. A physical and mechanical model able to predict the stress field in wood over a wide range of drying conditions / P. Perre, J. Passard // *Drying Technology*. – 2004. – Vol. 22 (no. 1-2). – Pp. 27-44.
17. Salin J.-G. Drying of liquid water in wood as influenced by the capillary fiber network // *Drying Technology*. – 2008. – Vol. 26 (no. 5). – Pp. 560-567.
18. Гороховский А.Г. Исследование расброса влажности сухих пиломатериалов на качество продукции деревообработки // *Деревообрабатывающая промышленность : науч.-техн., эконом. и производств. журнал*. – 2004. – № 4. – С. 56-59.

### **Соколовский Я.И., Прусак Ю.В. Моделирование вязкоупругого состояния древесины в процессе сушки с учетом анизотропии тепломеханических свойств**

Сформулирована математическая модель упруговязкопластических деформаций древесины в процессе сушки, которая учитывает пластические деформации, деформации, обусловленные механико-сорбционной ползучестью и анизотропией механических характеристик материала, а также позволяет определить двухмерное напряженно-деформированное состояние в условиях неизотермического влагопереноса. Построены алгоритмы метода конечных элементов для вязкоупругой и упругопластической области деформирования капиллярно-пористых материалов в процессе сушки. В результате вычислительных экспериментов, проведенных с использованием разработанных прикладных программных средств, установлены закономерности влияния анизотропии теплофизических и механических характеристик древесины, её начальной влажности на смену двухмерного температурно-влажностного и упруговязкопластического состояния древесины при конвективной сушке.

### **Sokolovsky Ya.Iv., Prusak Yu.Vl. Simulation of the viscous elastic state in the wood drying process with anisotropic thermal mechanical properties**

The mathematical model of elastic-viscous-plastic deformation of wood in the drying process, which unlike known takes into account plastic deformation, caused by the mechanical-sorption creep and anisotropy of mechanical descriptions of material to define the two-dimensional intense-deforming state in the conditions of non-isothermal humidity transfer, is formulated. Algorithm of the Finite element method for viscoelastic and elasticplastic areas deformations of capillary-porous materials during drying was developed. As a result of calculable experiments, conducted with the use of developed applied programmatic facilities regularity of anisotropy influence of thermo-physical and mechanical descriptions of wood were set, it initial humidity on changing of two-dimensional temperature-humidity and elastic-viscous-plastic state of wood during the convective drying.

УДК 656.13:614.84

Ад'юнкт А.Ф. Гаврилюк<sup>1</sup>; проф. В.І. Гудим<sup>1,2</sup>,  
д-р техн. наук; ад'юнкт О.Б. Назаровець<sup>1</sup>

### **ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ НАГРІВАННЯ ПРОВІДНИКІВ БОРТОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ СТРУМАМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ**

Досліджено основні фактори, що впливають на виникнення пожеж на автомобілях через короткі замикання у бортовій електромережі. Експериментальним шляхом встановлено величину внутрішнього опору акумуляторної батареї. Досліджено величини струмів КЗ, які можуть виникати у бортових електромережах із врахуванням перехідних опорів контактів, конструктивних особливостей провідників, внутрішнього опору акумуляторної батареї та опору в місці КЗ. Шляхом чисельного експерименту змодельовано температури нагрівання ізольованих провідників за дії струмів КЗ. Встановлено часові

<sup>1</sup> Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;

<sup>2</sup> Краківська політехніка (Польща)

межі настання усталеного температурного режиму, а також час досягнення температури самозаймання ізоляційного матеріалу провідників марок ПВ з різними площами поперечного перерізу за дії струмів КЗ. Результати експериментів наведено у вигляді графічних залежностей.

**Ключові слова:** пожежа автомобіля, коротке замикання, автотранспортні засоби, струм короткого замикання, бортова електромережа АТЗ.

**Вступ.** Кількість пожеж на легкових, вантажних автомобілях і автобусах (автомобільні транспортні засоби – АТЗ) у всьому світі постійно зростає з темпами, що перевищують зростання чисельності АТЗ [1]. Пожежі на АТЗ належать, як правило, до важких аварій і часто призводять до травматизму та людських жертв. В Україні, як і в світі, існує тенденція до зростання кількості пожеж на транспорті. За останні п'ятнадцять років в Україні виникло близько 50 тис. пожеж на АТЗ, внаслідок яких загинуло 546 та постраждало 1582 особи. Тільки прямі матеріальні збитки, завдані пожежами, які сталися протягом зазначеного періоду, становлять 992 млн 859 тис. грн [2].

Однією із причин виникнення пожеж на АТЗ є нагрівання провідників бортових електромереж, яке спричинене струмами короткого замикання (КЗ), перенавантаження, а також іскрінням, яке може утворюватися з різних причин [3]. З огляду на це, виникає задача визначення температури нагрівання ізолюваного провідника під час виникнення КЗ, що є важливою і актуальною технічною задачею.

**Постановка задачі.** Струм КЗ може виникати внаслідок пошкодження ізоляції через її тріскання чи протирання або випадкові контакти елементів електричних мереж, які перебувають під напругою, з елементами кузова, а також через зменшення діелектричної стійкості ізоляції, що визначається її тепловим зношуванням [5]. Залежно від типу автомобіля, характеристик акумуляторної батареї (АКБ) чи генератора, а також конструкції провідників значення струмів КЗ будуть різні.

Для визначення небезпеки загоряння АТЗ, спричинених струмами КЗ, необхідно оцінити їх величину та час перебігу, за який температура досягне межі займання. Такі режими доцільно досліджувати шляхом математичного моделювання із застосуванням прикладних програм і максимальним врахуванням всіх параметрів контуру, в якому може виникнути струм КЗ.

**Розв'язання задачі.** У реальних умовах струм КЗ буде залежати від параметрів генератора постійної напруги, який може забезпечувати живлення бортової електромережі автономно або паралельно з АКБ. У разі паралельного живлення значення струму КЗ буде значно більше, оскільки внутрішній опір паралельно з'єднаних джерел буде щонайменше у два рази менший від внутрішнього опору кожного з них. Окрім цього, обмежувати струм КЗ будуть перехідні опори в місцях контактів, значення яких становить 0,005-0,01 Ом [5], опору провідників, який залежить від площі поперечного перерізу та довжини, а також опору в місці КЗ.

Найбільш небезпечним місцем виникнення КЗ є моторний відсік, де є підвищена температура та легкозаймисті та горючі рідини, що створює велику пожежну навантагу, а також зона розміщення паливного баку. Третя зона – салон автомобіля, де є багато синтетичних та полімерних матеріалів, якими обшивається та оздоблюється салон.

Враховуючи зазначене, довжини провідників, які можуть утворювати контур КЗ, можуть становити від 1 до 4 м. У зв'язку з тим необхідно обчислити значення струмів КЗ за умови, що він буде протікати від джерела живлення че-

рез провідник, а повертатися через елементи кузова АТЗ. Враховуючи те, що кузовні елементи виконані зі сталі, а провідники мідні, то можна прийняти з певним наближенням, що опір зворотного шляху струму є значно меншим, порівняно з опором провідника, тому ним можна знехтувати.

Величину струму короткого замикання, який може виникати у бортових електромережах АТЗ, визначають з рівності:

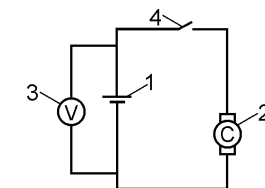
$$I_{K3} = \frac{U_{AKB}}{R_{вн} + R_{пер} + R_{K3} + R_{пр}}, \quad (1)$$

де:  $I_{K3}$  – струм КЗ, А;  $U_{AKB}$  – напруга акумуляторної батареї, В;  $R_{вн}$  – внутрішній опір АКБ, Ом;  $R_{пер}$  – перехідний опір контактів, Ом;  $R_{K3}$  – опір дуги КЗ, Ом;  $R_{пр}$  – опір контуру, де виник струм КЗ, Ом;

$$R_{пр} = \rho \cdot \frac{l}{S}. \quad (2)$$

З літературних джерел встановлено, що напруга справної АКБ лежить у межах  $U_{AKB} = 12.14$  В; сума опорів перехідних контактів становить 0,05-0,1 Ом; опір дуги КЗ лежить у межах 0,03-0,07 Ом;

Площа поперечного перерізу найбільш типових провідників бортових електромереж АТЗ становить 1 мм<sup>2</sup>, 1,5 мм<sup>2</sup> та 2,5 мм<sup>2</sup>. Враховуючи, що КЗ відбувається у моторному відсіку з використанням виразу (2), опір провідників зазначених вище перерізів становитиме 0,035 Ом, 0,0233 Ом та 0,014 Ом відповідно. Для визначення внутрішнього опору АКБ проведено експериментальне дослідження, принципову схему якого зображено на рис. 1. Досліджували АКБ як вітчизняних, так і зарубіжних марок автомобілів.



**Рис. 1. Принципова схема проведення досліджень:**  
1) АКБ; 2) стартер;  
3) вольтметр; 4) ключ

Визначали напругу АКБ до моменту замикання ключа запалення  $U_0$ , та після –  $U_1$ , коли подавався струм на стартер. При цьому спад напруги на АКБ становив

$$\Delta U = U_0 - U_1. \quad (4)$$

Знаючи споживчий струм  $I_1$  стартера, визначали внутрішній опір АКБ з рівності

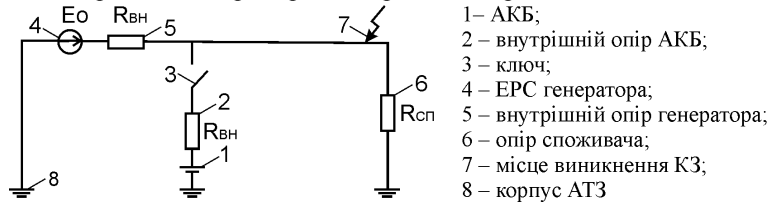
$$R_{вн} = \frac{\Delta U}{I_1}. \quad (5)$$

Результати експериментального дослідження наведено в таблиці.

**Табл. Результати експериментальних досліджень**

№ з/п	$U_0$	$U_1$	$\Delta U$	$R_{вн}$
1	13,5	11,8	1,7	0,017
2	13,2	11,5	1,7	0,017
3	12,9	11,0	1,9	0,019
4	12,6	10,8	1,4	0,014
5	12,8	11,1	1,7	0,017
Сер. знач.	13,0	10,84	1,7	0,017

Схему виникнення струму КЗ у разі пошкодження ізоляційного матеріалу провідників бортової електромережі зображено на рис. 2.



- 1 – АКБ;
- 2 – внутрішній опір АКБ;
- 3 – ключ;
- 4 – ЕРС генератора;
- 5 – внутрішній опір генератора;
- 6 – опір споживача;
- 7 – місце виникнення КЗ;
- 8 – корпус АТЗ

Рис. 2. Схema виникнення струму КЗ у разі пошкодження ізоляційного матеріалу провідників бортової електромережі

Струм КЗ з використанням виразу (1) для провідників бортової електромережі марки ПВ площею поперечного перерізу  $1 \text{ мм}^2$ ,  $1,5 \text{ мм}^2$  та  $2,5 \text{ мм}^2$  становитиме 59 А, 62 А та 65 А відповідно. Струм, який виникає внаслідок КЗ, буде нагрівати провідник по всій його довжині. Зміна температури нагрівання провідника з часом під час протікання по ньому струму КЗ наведено у вигляді графічних залежностей на рис. 3-5 для площ поперечного перерізу провідників  $1,0 \text{ мм}^2$ ,  $1,5 \text{ мм}^2$ ,  $2,5 \text{ мм}^2$ .

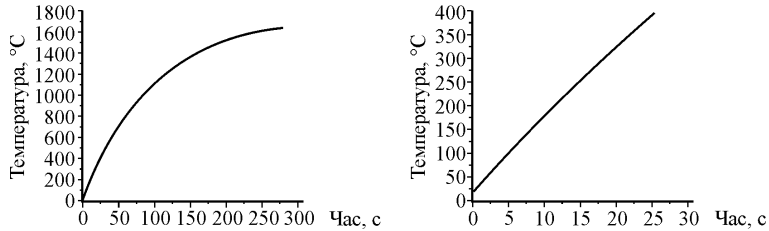


Рис. 3. Зміна температури нагрівання провідника площею поперечного перерізу  $1 \text{ мм}^2$  з часом за струму КЗ

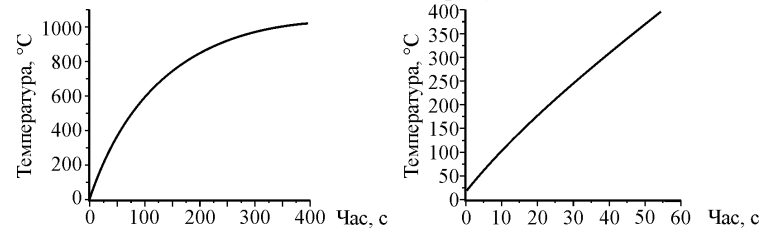


Рис. 4. Зміна температури нагрівання провідника площею поперечного перерізу  $1,5 \text{ мм}^2$  з часом за струму КЗ

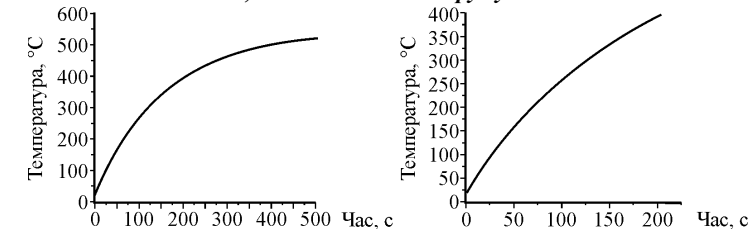


Рис. 5. Зміна температури нагрівання провідника площею поперечного перерізу  $2,5 \text{ мм}^2$  з часом за струму КЗ

Для провідника марки ПВ площею поперечного перерізу  $1 \text{ мм}^2$  під час протікання струму КЗ 59 А усталений режим настає через 300 с. Експериментально встановлено, що температура займання ізоляційних матеріалів бортових електромереж АТЗ становить  $290\text{--}370 \text{ }^\circ\text{C}$  [6], тому на рис. 3 наведено зміну температури нагрівання ізолюваного провідника з часом під час протікання струму КЗ. Вже на 25-й с температура ізоляційного матеріалу досягає температури самозаймання. За площі поперечного перерізу  $1,5 \text{ мм}^2$  провідника марки ПВ під час протікання струму КЗ 62 А усталений режим настає за температури, близької до  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  через 400 с від початку виникнення КЗ та температура самозаймання ізоляційного матеріалу досягається на 55-й с (див. рис. 4).

Для провідника марки ПВ площею поперечного перерізу  $2,5 \text{ мм}^2$  струм КЗ становить 65 А, який нагріває провідник до температури самозаймання ізоляційного матеріалу за 180 с, а усталений режим настає через 500 с (див. рис. 5).

Чисельний експеримент показав, що за умови, коли номінальний струм запобіжника підібрано неправильно або він відсутній, а його місце закорочене, струм КЗ, який виникає у бортовій електромережі АТЗ, здатний нагріти ізолюваний провідник до температури самозаймання ізоляційного матеріалу та спричинити пожежу.

#### Висновки:

1. За аварійних режимів роботи бортової електромережі АТЗ може виникати струм КЗ. Ці режими роботи створюються внаслідок порушення кріплення проводів, втрати діелектричної здатності ізоляційного матеріалу через механічні та температурні пошкодження, використання запобіжників зі завищеним номінальним струмом плавкої вставки.
2. Режим нагрівання ізолюваного провідника струмом КЗ визначається сумарним опором контуру та величиною джерела електрорушійної сили. Результати чисельного експерименту зміни температури нагрівання провідника струмом КЗ з часом наведено у вигляді графічних залежностей.
3. Струм КЗ нагріває ізолюваний провідник марки ПВ до температури самозаймання ізоляційного матеріалу площею поперечного перерізу  $1 \text{ мм}^2$  за 25 с, площею поперечного перерізу  $1,5 \text{ мм}^2$  за 55 с та  $2,5 \text{ мм}^2$  за 180 с.

#### Література

1. Брушлинский Н.Н. Мировая пожарная статистика в начале XXI века / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожарная безопасность. – М.: Изд-во "Удача", 2005. – № 5. – С. 78-88.
2. Офіційний сайт Українського науково-дослідного ін-ту цивільного захисту. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.undicz.mns.gov.ua/content/>. / Розділ Статистика / Аналіз масиву карток обліку пожеж. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.undicz.mns.gov.ua/content/amkor.html>.
3. Гудим В.І. Аналіз систем та агрегатів автотранспортних засобів за рівнем пожежної небезпеки / В.І. Гудим, А.Ф. Гаврилюк // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД, 2013. – № 23. – С. 58-63.
4. Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводов при аварийных режимах. – М.: Изд-во "Энергоатомиздат", 1984. – 184 с.
5. Гудим В.І. Діагностика стану з'єднань в електричних мережах шляхом контролю перехідних опорів / В.І. Гудим, Г.П. Столярчук, Ю.І. Рудик // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во ЛДУ БЖД, 2005. – № 6. – С. 142-147.
6. Гаврилюк А.Ф. Экспериментальное определение пожарной опасности изоляционных материалов бортовых электросетей транспортных средств / А.Ф. Гаврилюк, В.И. Гудым, В.Л. Петровский // Вестник Командно-инженерного ин-та МЧС республики Беларусь : сб. науч. тр. – 2014. – № 1 (19). – С. 32-37.

**Гаврилюк А.Ф., Гудым В.И., Назаровец О.Б. Исследование режимов нагрева проводников бортовой электросети автотранспортных средств токами короткого замыкания**

Исследованы основные факторы, которые влияют на возникновение пожаров на автомобилях через короткие замыкания в бортовой электросети. Экспериментальным путем установлена величина внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи. Исследованы величины токов КЗ, которые могут возникать в бортовых электросетях с учетом переходных сопротивлений контактов, конструктивных особенностей проводников, внутреннего сопротивления аккумуляторной батареи и сопротивления в месте КЗ. Путем численного эксперимента смоделированы температуры нагрева изолированных проводников при воздействии токов КЗ. Установлены временные границы наступления установившегося температурного режима, а также время достижения температуры самовоспламенения изоляционного материала проводников марок ПВ с различными площадями поперечного сечения при действии токов КЗ. Результаты экспериментов приведены в виде графических зависимостей.

**Ключевые слова:** пожар автомобиля, короткое замыкание, автотранспортные средства, ток короткого замыкания, бортовая электросеть АТС.

**Gavrilyuk A.F., Gydum V.I., Nazarovets O.B. The Investigation of Heating Modes of Wires Onboard Electrical Grids in Vehicles by Short-Circuit Current**

The main factors affecting the occurrence of fires on vehicles due to short circuit in onboard electrical grids are investigated. The value of the internal resistance of the battery is experimentally determined. The magnitude of short-circuit current that may arise with regard to onboard electrical grids taking into account the transient resistance of contacts, design features conductors, the internal resistance of the battery and resistance in place of short circuit, is studied. Temperature of insulated wires heating under the action of short-circuit current is simulated by numerical experiments. Time limits for beginning of steady-state temperature condition and achieving self-ignition temperature insulation material of wires with different cross-sectional areas at the action of short-circuit current are established. The experimental results are presented in graphical form relationships.

**Keywords:** car fire, short circuit, vehicles, short-circuit current, onboard electrical grid of vehicle.

УДК 674.053:621.935 Доц. Л.Ф. Дзюба<sup>1</sup>, канд. техн. наук; викл. О.І. Хитряк<sup>2</sup>, канд. техн. наук; доц. О.В. Меньшикова<sup>1</sup>, канд. фіз.-мат. наук; проф. І.Т. Ребезнюк<sup>3</sup>, д-р техн. наук

**ПОРІВНЯЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОПЕРЕЧНИХ РЕЗОНАНСНИХ КОЛИВАНЬ СТРІЧКОВОЇ ПИЛКИ ЗІ СТАЛИМ І ЗМІННИМ НАТЯГОМ**

Досліджено поперечні згинальні коливання стрічкової пилки у резонансному випадку з урахуванням сталої та змінної у часі сил натягу її полотна та зовнішнього періодичного збурення. Для побудови розв'язку диференціального рівняння поперечних коливань і визначення резонансних амплітуд ділянок рухомого полотна стрічкової пилки використано метод Бубнова-Гальоркіна та основні ідеї методів збурень. Отримано систему диференціальних рівнянь, що описує основні параметри коливань досліджуваного об'єкта. Проаналізовано вплив змінного складника сили натягу на амплітуду резонансних коливань.

**Ключові слова:** поперечні коливання, резонанс, стрічкова пилка, сила натягу, швидкість, амплітуда коливань.

<sup>1</sup> Львівський ДУ безпеки життєдіяльності;

<sup>2</sup> Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного;

<sup>3</sup> НЛТУ України, м. Львів

**Актуальність завдання та огляд основних результатів.** У пружній системі механізму різання горизонтального стрічковопилкового верстата під час вмикання виникають значні динамічні навантаження, зумовлені несталістю електромагнітного моменту двигуна та пружних властивостей складників цього механізму [1, 2]. Коливання та динамічні навантаження, що виникають як під час перехідних процесів, так і під час усталеного режиму роботи механізму різання стрічковопилкового верстата негативно впливають на довговічність стрічкової пилки та на якість отримуваних пиломатеріалів. Зокрема поперечні коливання полотна стрічкової пилки, тобто коливання у площині найменшої жорсткості полотна, зумовлюють появу циклічних напружень, що призводить до зниження довговічності стрічкової пилки. Особливо небезпечними ці коливання є у разі настання резонансу, коли істотно зростає амплітуда коливань.

Коливні явища у механізмі різання загалом та коливання стрічкової пилки зокрема досліджено у роботах [1, 3-5]. У [1] розглянуто крутильні коливання механізму різання горизонтального стрічковопилкового верстата в усталеному режимі роботи з урахуванням змінної сили різання. Власні поперечні та крутильні коливання полотна стрічкової пилки досліджено у [3, 4]. Однак у прийнятих розрахункових моделях у [3, 4] не взято до уваги рух полотна пилки та змінність сили попереднього натягу. У праці [5] розглянуто поперечні резонансні коливання рухомого полотна стрічкової пилки за постійного його попереднього натягу. Тому доцільно дослідити поперечні коливання полотна стрічкової пилки з урахуванням як швидкості його поздовжнього руху (швидкості різання), так і зміни сили його попереднього натягу.

**Формування задачі та методика її розв'язування.** Складником пружної системи механізму різання є встановлена з натягом на пилкових шківів 1 стрічкова пилка 2 (рис. 1). Довжина ділянки тягнутої вітки стрічкової пилки  $l_1$  дорівнює відстані між центрами пилкових шківів. Робоча вітка стрічкової пилки 2, завдовжки  $l$ , спрямована напрямними роликками 3. Незначний ексцентриситет пилкових шківів і напрямних роликків, а також змінна кутова швидкість  $\omega(t)$  тягового пилкового шківів 1 за перехідного режиму під час умикання верстата зумовляють змінення початкового натягу полотна пилки. Загалом прийемо, що сила натягу змінюватиметься в часі  $N = N(t)$ .

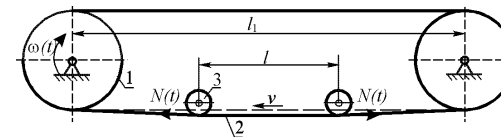


Рис. 1. Схема механізму різання

У поперечному напрямку від зовнішнього збурення можуть коливатись ділянки робочої вітки полотна між напрямними роликками завдовжки  $l$  і неробочої вітки полотна пилки завдовжки  $l_1$  між пилковими шківів (рис. 1). В обох випадках за розрахункову схему ділянок полотна пилки приймаємо стрижень на двох шарнірних опорах (рис. 2), вважаючи, що контакт полотна стрічкової пилки з пилковими шківів та напрямними роликками є постійно безвідривним. Тому вважаємо, що в точках дотикання полотна пилки з пилковими шківів та напрямними роликками відсутні поперечні переміщення. Зважаючи на поздовжній