

3) виброизолирующая система позволила снизить вибрационные нагрузки на опорные и упорные ролики банджа, венцовую шестерню в 5-7 раз, тем самым увеличила срок службы основных узлов и деталей окомкователей и смесителей в 3-4 раза;

4) производственные испытания резинометаллических виброизоляторов не выявили их механических повреждений, а также повреждений узлов крепления виброизоляторов;

5) теплообразование и старение резинометаллических виброизоляторов в условиях работы аглофабрики не наблюдались;

6) эффективность виброизоляции составляет 82 %;

7) параметры разработанной виброизолирующей системы близки к расчётным, т.е. статические и динамические нагрузки на резинометаллические виброизоляторы практически не изменялись по сравнению с расчётными.

Анализ результатов производственных испытаний экспериментальных образцов виброизолирующих систем технологических машин показывает их экономическую эффективность и целесообразность и позволяет рекомендовать для внедрения виброизолирующую систему данной конструкции на всех барабанах первичного смешивания и окомкователях аглофабрики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф., Дырда В.И., Звягельский Е.Л., Кобец А.С. Прикладная механика упругонаследственных сред. В 3-х томах. – К.: Наук. думка, 2012. – Т. 2. Методы расчёта эластомерных деталей. – 2012. – 616 с.
2. Булат А.Ф., Дырда В.И., Звягельский Е.Л., Кобец А.С. Прикладная механика упругонаследственных сред. В 3-х томах. – К.: Наук. думка, 2011. – Т. 1. Механика деформирования и разрушения эластомеров. – 2011. – 463 с.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
4. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації; Чинний від 01.12.99. – Київ, 2000. – 45 с.

УДК 629.3.027.5:678.017

Науменко М.О.

ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ ПОЛІМЕРНОГО ВОЛОКНИСТОГО НАПОВНЮВАЧА ЗА КОНСТРУКЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПРИ СТИСНЕННІ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ

Здобуто експериментальне підтвердження наведених теоретичних передбачень впливу на властивості термопластичних полімерних композитів полімерного волокнистого наповнювача з прогнозованим рельєфом, що обґрунтовує доцільність створення прийнятних засобів поширення нового типу наповнювача.

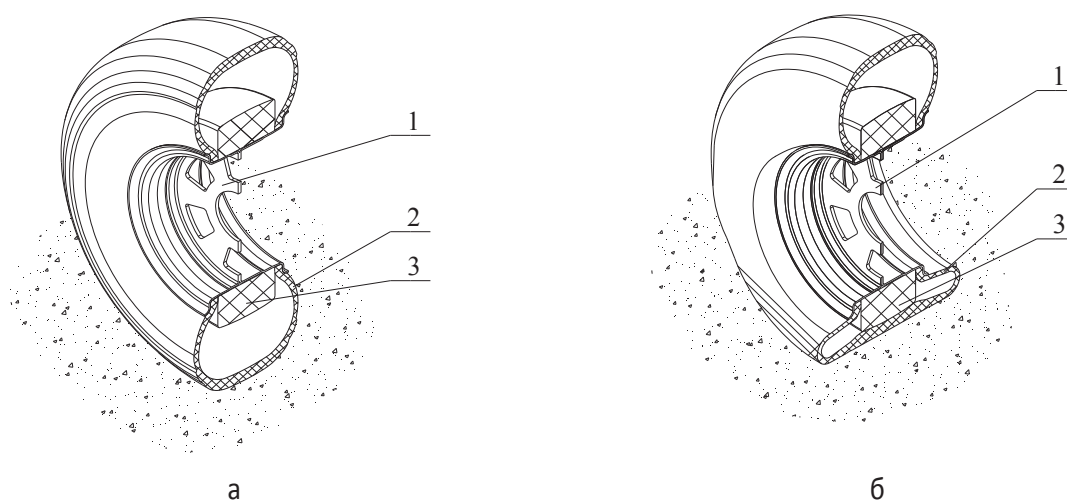
PREDICTING SURFACE OF POLYMERIC FIBROUS FILLER BY MECHANICAL PROPERTIES UNDER COMPRESSION OF THERMOPLASTIC POLYMER COMPOSITES

The experimental evidence for presented theoretical predictions of influence of polymeric fibrous filler with predictable relief on properties of thermoplastic polymer composites that proves the feasibility of establishing acceptable means of distributing a new type of filler is gained.

Вирішенню питання підвищення безпеки руху транспортних засобів у разі раптового пошкодження традиційної пневматичної шини сприяє дооснащення звичайного колісного рушія спеціальною непневматичною опорою, яка, за умови збереження здатності до ремонту пошкодженої шини, прогнозовано руйнується протягом експлуатації у аварійному стані, тобто має одноразове застосування. Оскільки аварійна опора є додатковим елементом, тому, за умови прийнятної спроможності

до відтворення експлуатаційних властивостей у аварійному стані, її практична привабливість зростає зі зменшенням ваги та зі здатністю до вторинної переробки.

Відповідно до попередньо виконаних досліджень під керівництвом проф. Бурмістра М.В. [1-9], обґрунтованою виглядає можливість виконання аварійної опори з термопластичного полімерного матеріалу, конструкційно-технологічні властивості якого, на відміну від гуми – традиційного реактопластичного матеріалу шинних виробів, створюють передумови (рис. 1) до вирішення питання не тільки безпеки руху, а й екології виробництва, експлуатації та утилізації.



1 – розбірний обід; 2 – пневматична шина; 3 – аварійна опора

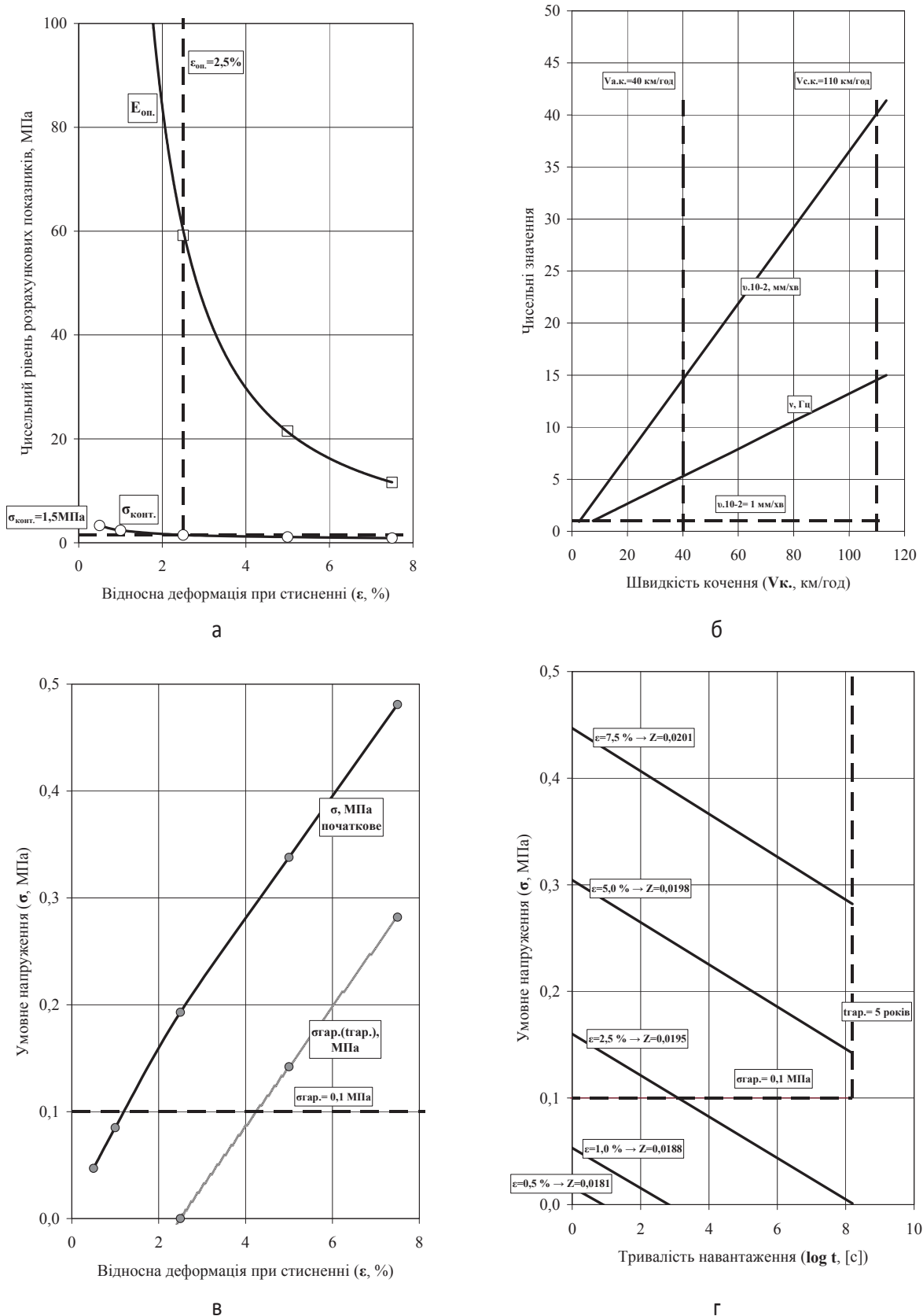
Рис. 1 – Принциповий вигляд безпечного колісного рушія у стаціонарному (а) та аварійному (б) стані

За конструкційно-технологічним аналізом найбільш привабливим є не пневматичне виконання аварійної опори на основі здатного до багаторазової переробки термопластичного полімерного композиту, дослідження якого доцільно здійснювати при стисненні відносно:

- пружно-жорстких властивостей, які узагальнює показник умовний модуль пружності (E , МПа), надаючи прогнозування зміни кінематики рушія в умовах аварійного стану;
- поглинаючої здатності, яку узагальнює показник гістерезис (Γ , відн. од.), надаючи прогнозування зміни комфортності рушія в умовах аварійного стану;
- довготривалого опору, яке узагальнює показник релаксація напруження ($\sigma(\log t)$, МПа), надаючи прогнозування збереження тягової спроможності рушія у аварійному стані.

Надання аварійної опори у вигляді товстостінного циліндра (діаметр зовнішній, діаметр внутрішній та ширина), який може бути складено з трьох коаксіально розташованих циліндрів за кількістю функціональних частин, відповідно, фрикційна (ФЧ), демпфуюча (ДЧ) та антифрикційна (АЧ), дозволяє означити потрібний рівень показників конструкційних властивостей до їх матеріалу або матеріалів. Згідно з цим запропоновано підлягаючий характерному деформуванню фрагмент розглядати як віртуальний елемент – модельна призма, для якого габаритні розміри залежать від рівня властивостей матеріалу або матеріалів.

Модельна призма аварійної опори в цілому (рис. 2, а), габарити якої обмежені по висоті поверхнею полки ободу і внутрішньою поверхнею бігової частини шини у стаціонарному стані та по основі шириною між бортами шини і довжиною контакту з біговою частиною шини у аварійному стані, надає можливість означити вимоги до потрібного рівня пружно-жорстких властивостей (E , МПа).



а – умовний модуль пружності (E , МПа) при напруженні контакту $\sigma_{конт.} \leq 1,5 \text{ МПа}$; б – частота навантаження (v , Гц) при швидкості аварійного кочення $V_{а.к.} = 40 \text{ км/год}$; в – гістерезис (Γ , відн. од.) при терміні аварійного кочення $t_{а.к.} = 1 \text{ год.}$; г – релаксація умовного напруження ($\sigma(t)$, МПа) протягом $t_{гар.} = 5 \text{ років}$ при гарантованому напруженні $\sigma_{гар.}(t_{гар.}) \geq 0,1 \text{ МПа}$

Рис. 2 – Конструкційні показники при приведенні різниці геометричних параметрів модельної призми та стандартних об'єктів дослідження

За літературними та експериментальними даними [10-21] встановлено прийнятний для динамічного навантаження при стисненні рівень показника умовне напруження контакту ($\sigma_{\text{конт.}} \leq 1,5$ МПа) матеріалу шини, дотримання якого дозволяє уникнути її руйнування протягом пересування у аварійному стані та зберегти можливість подальшої експлуатації після проведення відповідного ремонту. Згідно критерію $\sigma_{\text{конт.}} = 1,5$ МПа розрахунковий рівень показника відносна деформація складає $\varepsilon_{\text{оп.}} = 2,5$ %, що може бути надано як потрібний рівень показника умовний модуль пружності $E_{\text{оп.}} = 59,2$ МПа для матеріалу аварійної опори.

Однак рівень показника за модельною призмою не може бути безпосередньо застосовано для порівняння з рівнем цих же показників за стандартними випробуваннями полімерних матеріалів при стисненні (форма зразка – циліндр; співвідношення висота/діаметр – $h/d = 1,22$; швидкість навантаження – $u = 100$ мм/хв.), адже об'єкти та умови дослідження значно відрізняються за геометричними параметрами та швидкістю навантаження.

Нівелювати різницю геометричних параметрів об'єктів дослідження при стисненні, тобто здійснити приведення до стандартних зразків, пропонується введенням до розрахунків універсального параметра геометричний фактор ($\lambda = h/d^*$, надаючи взаємозв'язок між висотою та приведеним діаметром, розрахованим від площі основи у разі її відмінності за формою від круга) та універсального рівняння геометричного фактора ($E(\lambda_2) = E(\lambda_1)^{-q\lambda}$, надаючи взаємозв'язок між складовими геометричного фактора). При цьому доведено, що напрямок геометричного приведення показників $E_{\text{оп.}} \leftrightarrow E_{\text{зр.}}$ не впливає на результат.

Відомим є суттєвий вплив показника швидкість навантаження на рівень показника E полімерного матеріалу. Враховуючи це, відтворення достатньо наближених умов навантаження при дослідженні матеріалу для розробки аварійної опори передбачає потребу означити відповідний експлуатації рівень показника швидкість навантаження (рис. 2, б).

Безпечний колісний рушій передбачає пересування вантажного транспорту у стаціонарному стані при рівні показника максимальна швидкість кочення $V_{\text{с.к.}} = 110$ км/год., яке не передбачає навантаження аварійної опори, та у аварійному стані при рівні показника швидкість аварійного кочення $V_{\text{а.к.}} = 40$ км/год., який забезпечує саме аварійна опора. Розрахований рівень показників $\varepsilon = 2,5$ % та $E_{\text{оп.}} = 59,2$ МПа відповідає стандартному рівню показника швидкість навантаження $u = 100$ мм/хв., а рівень показника швидкість аварійного кочення $V_{\text{а.к.}} = 40$ км/год. відповідає рівню показників частота навантаження $\nu \approx 5$ Гц та швидкість навантаження $u \approx 1400$ мм/хв.

Надані умови навантаження матеріалу аварійної опори відносно пружно-жорстких властивостей, прогнозуючи зміну кінематики, та поглинаючої здатності, прогнозуючи зміну комфортності, колісного рушія у аварійному стані (рис. 2, в) продовж рівня показника термін аварійного кочення ($t_{\text{а.к.}} = 1$ год.), який розглядається в межах рівня показника термін гарантований ($t_{\text{гар.}} = 5$ рок.), уникаючи зсув шини на ободі, що забезпечує довготривалий опір.

Приклад довготривалого навантаження при стисненні традиційного матеріалу шинних виробів, гуми, демонструє вплив характерних для полімерів релаксацийних процесів. Спроможність уникнути зсув шини на ободі потребує надання достатнього рівня показника умовне напруження продовж дії терміна гарантованого ($\sigma_{\text{гар.}}(t_{\text{гар.}}) \geq 0,1$ МПа), для аналізу якого застосовано (рис. 2, г) показник збіг напруження (Z , відн. од.).

З цього приводу, придатність матеріалу для аварійної опори безпечного колісного рушія вантажного транспорту повинна бути досліджена, моделюючи експлуатаційні вимоги, в умовах навантаження при стисненні з наступним сполученням факторів впливу на дослідні зразки:

- швидкість навантаження – $v = 100 \div 1400$ мм/хв. (еквівалент показників швидкості аварійного кочення – $V_{a.к.} = 4 \div 40$ км/год. або частота навантаження – $\nu = 1 \div 5$ Гц);
- цикли навантаження за умов $\varepsilon = 2,5$ % та $\nu = 5$ Гц – $N = 1 \div 18\,000$ цикл. (сполучення показників аварійного кочення: термін та швидкість – $t_{a.к.} = 1$ год. та $V_{a.к.} = 40$ км/год.);
- тривалість навантаження за умов $\varepsilon = 2,5$ % протягом $t = 3600$ с (прогнозування сполучення показників: термін та напруження – $t_{гар.} = 5$ рок. та $\sigma_{гар.} = 0,1$ МПа).

Інтерес до використання в якості термопластичного полімерного матеріалу аварійної опори доцільно зосередити саме на поліпропілені (ПП), що обумовлено результатами проведених порівняльних випробувань з гумою, поліамідом (ПА) та поліетиленом (ПЕ) відносно їх фізичних та конструкційних властивостей [9, 22-24]. Функціональна прийнятність матеріалу означена балами 1 ÷ 4, а при наявності 0 його використовувати недоцільно (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняння за фізичними та конструкційними властивостями полімерних матеріалів

Умови дослідження	Гума	Термопластичні полімерні матеріали		
		ПА	ПЕ	ПП
Фізичні властивості, функціональні бали				
Густина	2	1	3	4
Температура переробки	1	4	2	3
Фізичні бали	3	5	5	7
Конструкційні властивості, функціональні бали				
Показник E при стисненні $\varepsilon = 0,5 \div 7,5$ % та $v = 100$ мм/хв.	0	3	2	4
Показник E при стисненні $\varepsilon = 2,5$ % та $\nu = 1 \div 5$ Гц	0	3	2	4
Показник E при стисненні $\varepsilon = 2,5$ %, $\nu = 5$ Гц, $N = 1 \div 18\,000$ цикл.	0	2	3	4
Показник G при стисненні $\varepsilon = 2,5$ % та $\nu = 1 \div 5$ Гц	4	2	1	3
Показник G при стисненні $\varepsilon = 2,5$ %, $\nu = 5$ Гц, $N = 1 \div 18\,000$ цикл.	4	2	1	3
Показник $\sigma_{гар.}(t_{гар.})$ при стисненні $\varepsilon = 2,5$ % та $v = 100$ мм/хв.	0	4	0	3
Конструкційні бали	8	16	9	21
Загальна прийнятність, бали	недоцільно	21	недоцільно	28

За умов навантаження аварійної опори неприйнятним є наступне: для гуми це реактопластична природа, що унеможлиблює спроможність багаторазової переробки, та недостатній рівень пружно-жорстких властивостей; для поліаміду це завелика густина; для поліетилену це замалий довготривалий опір. Обраний термопластичний матеріал ПП має суттєві переваги, однак не може бути безпосередньо використаним для створення аварійної опори без вирішення конструкційно-технологічних проблем відносно пошуку прийнятних засобів прогнозованого впливу на зменшення пружно-жорстких властивостей та підвищення поглинаючої здатності при збереженні достатнього довготривалого опору.

Здобуття прийняттого рівня конструкційно-технологічних властивостей при стисненні ПП пропонується здійснити завдяки створенню на його основі термопластичного полімерного композиту (ТПК) у складі означеної полімерної матриці (ПМ) та волокнистого наповнювача (ВН). Збереження привабливих технологічних властивостей ТПК, тобто можливості до багаторазової переробки, передбачається використання інертного ВН, який не має схильності до хімічної взаємодії з ПМ.

На підставі попередньо здійснених розрахунків відносно умов навантаження аварійної опори для дооснащення традиційного колісного рушія з вантажною шиною 365/80R20 TL 140K [8, 9, 21], проведення аналізу обмежених літературних даних відносно дії на полімерних композитів стиснення [10-15] та здобутих експериментальних даних [16-29], здійснено дослідження можливості створення прийняттого за конструкційно-технологічними властивостями термопластичного полімерного композиту багаторазової переробки.

Для досягнення поставленої мети були використані методи емпіричного дослідження (стандартні та модельні фізико-механічні випробування в умовах короткочасного та довготривалого статичного і динамічного навантаження при стисненні). За конструкційними властивостями при стисненні доцільно використати у якості ПМ саме ПП, який характеризується унікальним сполученням між мінімально можливим рівнем показника густина (ρ , кг/м³) та занадто великим рівнем показника умовний модуль пружності (E , МПа), що дозволяє переглянути поширену практику створення композиційних полімерних матеріалів. З цього приводу стає можливим застосування навіть інертного ВН, зберігаючи здатність до багаторазової переробки, в якості фактору впливу на зміну конструкційних властивостей композитів при стисненні, що, до того ж, обумовлено прийнятною технологічністю.

На відміну від достатньо відомих залежностей при розтягу, залежності при стисненні ТПК потребують їх встановлення та осмислення, що передбачає систематизацію дослідження, уникаючи різниці рівня показника ρ , відносно вмісту: масового ($C_{ТПК}$, мас. %), як технологічну систему, і об'ємного ($V_{ТПК}$, об. %), як механічну систему:

$$C_{ТПК} = C_{ПМ} + C_{ВН} \quad i \quad V_{ТПК} = V_{ПМ} + V_{ВН}$$

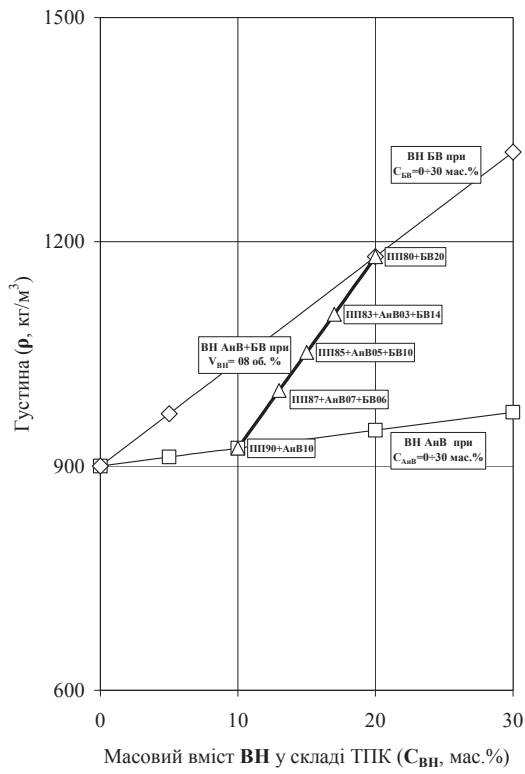
На підставі попередньо проведених досліджень [30-37] для моделювання ТПК обрані (табл. 2) близькі за діаметром інертні ВН – анідне волокно (АнВ), полімерна природа якого обумовлює гладкий рельєф поверхні і майже однаковий рівень показника ρ з ПП, та базальтове волокно (БВ), мінеральна природа якого обумовлює шершавий рельєф поверхні і майже у двічі більший рівень показника ρ з ПП.

Таблиця 2 – Фізичні і геометричні властивості складових ТПК за масовим і об'ємним вмістом

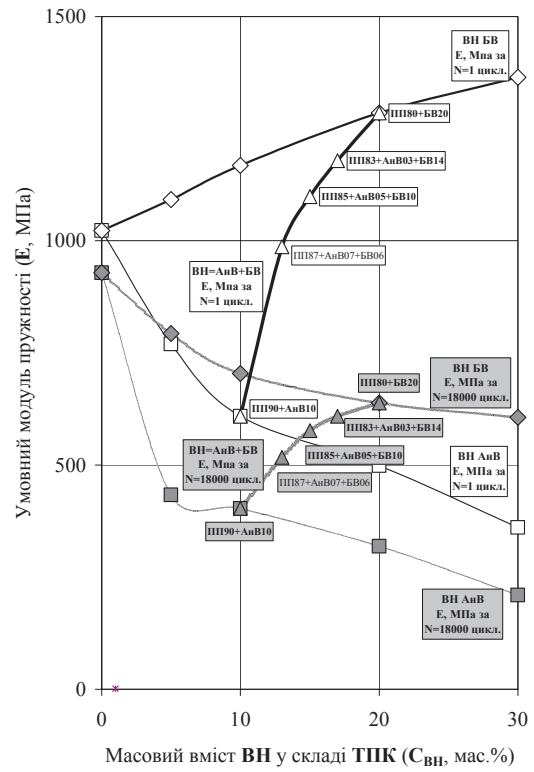
Складові ТПК	Густина (ρ , кг/м ³)	Діаметр ВН (d , мкм)	Вміст ТПК масовий / об'ємний (C , мас. % / V , об. %)	
			ТПК з окремим ВН	ТПК з сумішшю ВН
ПП	900	–	100÷70/100÷75	90÷80/92
АнВ	1140	13	0÷30/0÷25	–
БВ	2300	14	–	0÷30/0÷14
				0÷20/0÷08

З урахуванням наведених особливостей розглянемо рівень показників ρ , E , G та $\sigma(t)$ для ТПК при окремому та у суміші вмісті масовому і об'ємному АнВ та БВ (рис. 3).

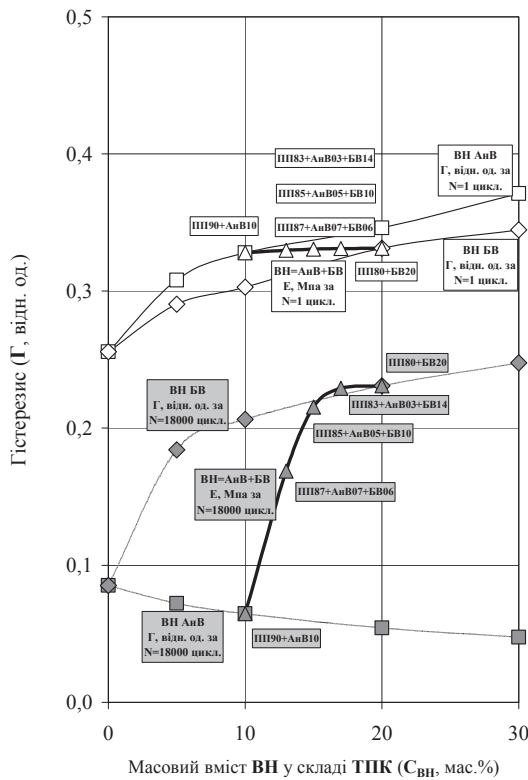
Окреме та у суміші застосування АнВ та БВ у складі ТПК дозволило виявити вплив стану рельєфу поверхні інертного ВН на пружно-жорсткі властивості, поглинаючи здатність і довготривалий опір при стисненні та узагальнити його як механізм поєднання механічного та фізичного контакту:



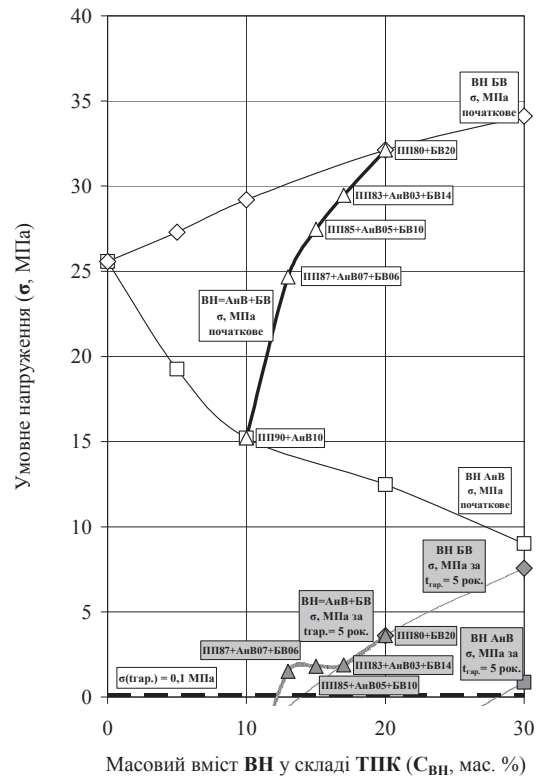
а



б



в



г

Рис. 3 – Масовий вміст C_{BN} , мас. % у складі ТПК окремо АнВ чи БВ та їх суміші (АнВ + БВ) при рівні об'ємного вмісту $V_{BN} = 0,8$ об. % на показники: а – густина (ρ , kg/m^3); б – умовний модуль пружності (E , МПа); в – гістерезис (Γ , відн. од.) на початку та після стомлення стисненням $N = 1 \div 18\,000$ цикл., $\epsilon = 2,5\%$ та $\nu = 5$ Гц; г – релаксація умовного напруження ($\sigma(t)$, МПа) на початку та після навантаження стисненням $u = 100$ мм/хв., $\epsilon = 2,5\%$ та $t_{зар} = 5$ рок., де пунктирна лінія $\sigma_{зар.}(t_{зар.}) = 0,1$ МПа

- ВН з гладким рельєфом утворює переважно фізико-механічний зв'язок з ПМ, що сповільнює термомеханічну деструкцію складових ТПК. На це вказує, при зростанні вмісту ВН, принципово однакові тенденції зміни рівня E , незалежно від циклів навантаження, та принципово протилежні тенденції зміни рівня G , залежно від циклів навантаження, σ та $\sigma_{зар.}(t_{зар.})$;
- ВН з шершавим рельєфом утворює перехідне співвідношення від механіко-фізичного до фізико-механічного зв'язку з ПМ, що активує термомеханічну деструкцію складових ТПК. На це вказує принципово протилежні тенденції зміни рівня E , залежно від циклів навантаження, та принципово однакові тенденції зміни рівня G , незалежно від циклів, σ та $\sigma_{зар.}(t_{зар.})$;
- ВН з гладким та шершавим рельєфом утворює, залежно від співвідношення між ними, проміжний характер фізико-механічного зв'язку з ПМ, що, відповідно, створює проміжний вплив на термомеханічну деструкцію складових ТПК.

Дослідження дійсності наведених залежностей було здійснено на спеціально створених модельних ТПК, які було армовано окремо та у суміші попередньо апретованим АНВ та БВ, що передбачає утворення хімічного зв'язку ПМ-ВН. При однаковому вмісті ВН, як і слід було очікувати, згідно до вмісту застосованого апрету змінюється, з наявністю оптимуму, рівень конструкційних показників модельних ТПК суттєво змінюється, демонструючи тенденцію до зростання E , зменшення G та підвищення опору $\sigma(t)$, тобто утворюючи менш гнучкий матеріал. Така тенденція має місце навіть незважаючи на зміну рельєфу поверхні ВН, який з підвищенням застосування кількості апрету, змінюється від шершавого до гладкого. Наявність наданих залежностей, вочевидь, надає особливої значимості саме стану рельєфу поверхні ВН при створенні комплексу властивостей ТПК для виготовлення аварійної опори. Нажаль таке сполучення рівня конструкційних показників, які надаються на наявність хімічного зв'язку ПМ-ВН, не відповідає попередньо наведеним вимогам до матеріалу аварійної опори та, до того ж, створює технологічні проблеми при переробці та утилізації.

Прагнучи надати прийнятний комплекс властивостей конструкційних, зменшуючи рівень показника E , збільшуючи рівень показника G та зберігаючи достатній рівень показника $\sigma(t)$ при мінімальному рівні показника ρ , та технологічних, забезпечуючи можливість багаторазової переробки при екологічності виробництва, експлуатації та утилізації, доцільно для ТПК знайти прийнятний засіб надання цілеспрямованої зміни стану рельєфу поверхні ВН, тобто спробувати створити новий тип наповнювача – ВН з прогнозованим рельєфом.

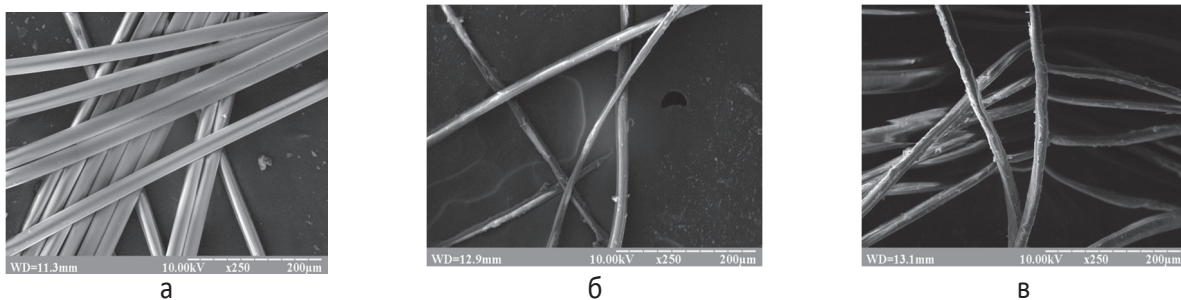
Зрозуміло, що за мінімальним рівнем показника ρ доцільно здійснити вибір інертного ВН полімерної природи у якості основи для створення прогнозованого рельєфу поверхні, який попередньо гладкий. При цьому принципово неприйнятним є застосування засобів механічного чи хімічного пошкодження поверхні, тому запропоновано здійснити прогнозування рельєфу нанесенням на поверхню полімерного апрету (А), який, незалежно від кількості багаторазової переробки композиту, повинен залишатися хімічно активним до ВН та інертним до ПМ.

Спроба звичайним способом здійснити апретування полімерної природи ВН з гладким рельєфом, яке передбачає дроблення філаментів на фрагменти обумовленої довжини з подальшою обробкою розчином апрету та його структуруванням, дозволяє створити відповідний за рельєфом до основи шар, тобто поверхня також залишається гладкою. Вочевидь, що традиційний спосіб не задовольняє потрібним вимогам. Тому запропоновано, на відміну від звичайного засобу, обробку розчином

та здійснення структурування апрету, робити на поверхні обраних у якості основи полімерних філаментів з гладким рельєфом фрагментарно.

Враховуючи науково-практичну направленість роботи на створення аварійної опори колісного рушія, проведення досліджень передбачає застосування у складі ТПК виключно загальнодоступних та поширених у виробництві складових, що надає можливість поширити їх область застосування та значно спростити промислове освоєння майбутнього виробу. За цих обставин у якості об'єктів дослідження для створення композитів обрано: ПМ – поліпропілен (ПП), оскільки серед поширених термопластичних полімерів має найменший рівень показника густина при найбільш привабливому сполученні показників конструкційних властивостей; ВН – анідне з гладким рельєфом поверхні (АНВ), яке є основою для прогнозованого рельєфу поверхні, а також анідне з фрагментарно нанесеними краплинами апрету на основі резорцин-формальдегідної смоли (АНВ+А), який незалежно від переробки є хімічно активним до АНВ та інертним до ПП [38-40], забезпечуючи надання поверхні прогнозованого рельєфу (рис. 4 та рис. 5).

Наведені мікрофотографії (рис. 4) надають візуальне уявлення відносно технологічних можливостей прогнозованого варіювання рельєфом поверхні АНВ, а надана систематизація (АНВ \rightarrow АНВ+А₁ \rightarrow АНВ+А₂) дозволяє інтерпретувати результати здійснених досліджень ТПК відносно комплексу конструкційних показників ρ , E , Γ та $\sigma(t)$ (рис. 5).

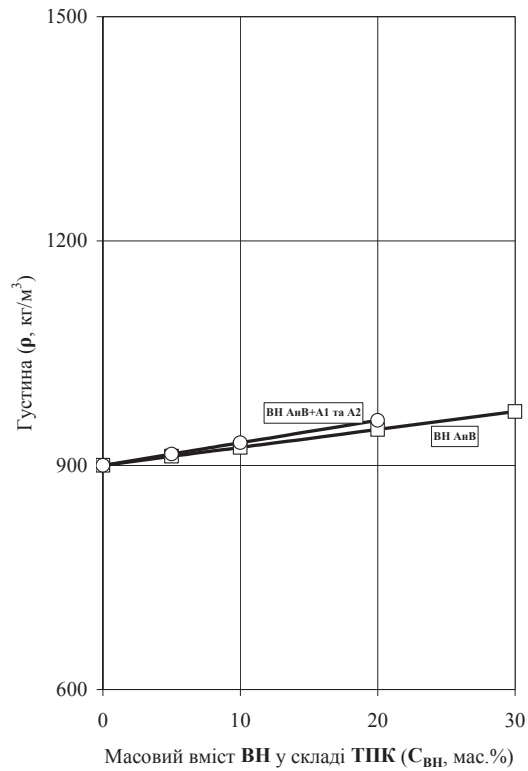


а – гладкий рельєф без апрету (АНВ); б – шершавий рельєф з окремими краплинами апрету (АНВ+А₁); в – шершавий рельєф з спектром краплин апрету (АНВ+А₂)

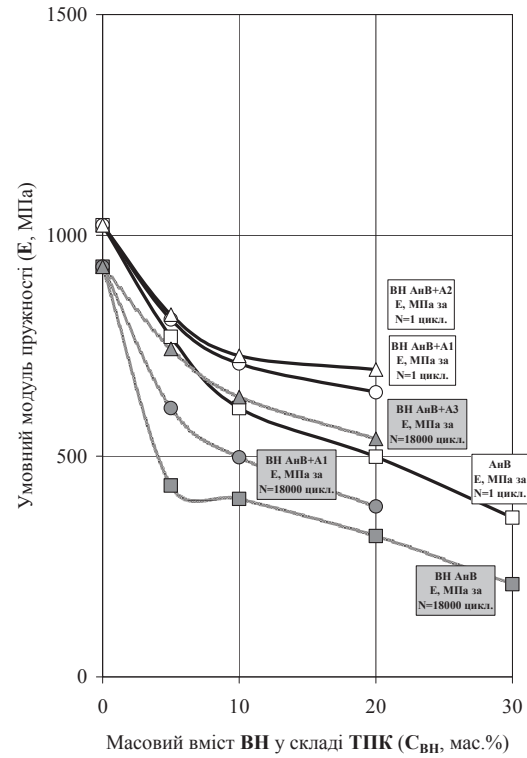
Рис. 4 – Мікрофотографії стану рельєфу поверхні інертного ВН при збільшенні 250 разів, здобуті на растровому електронному мікроскопі (РЕМ-106І) у вторинних електронах за напруженням прискорення 10000 В, силі току 105 мА і залишковому тиску $6,7 \cdot 10^{-4}$ Па

На рівень показника густини (рис. 5, а) майже не впливає присутність у складі ТПК при однаковому вмісті АНВ, АНВ+А₁ та АНВ+А₂, що обумовлено несуттєвим рівнем показника ρ для ВН з прогнозованим рельєфом від наявності на його поверхні полімерного апрету.

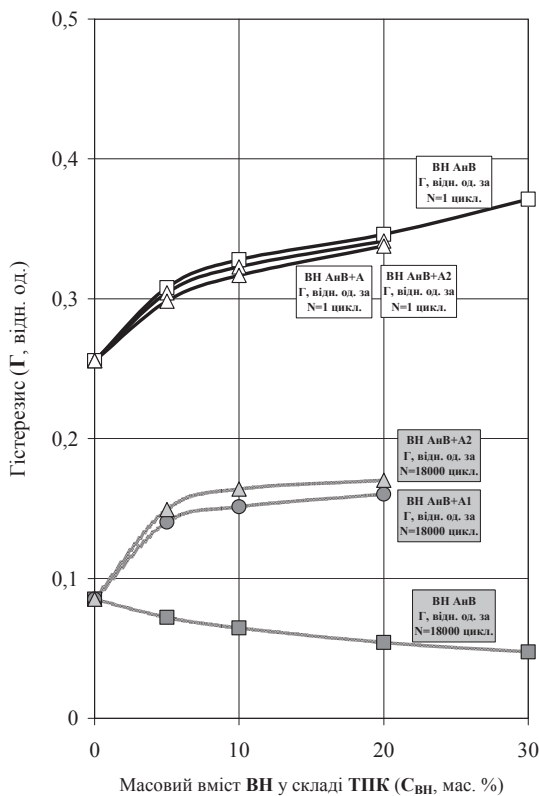
Відповідно (рис. 5, б) до наведеної послідовності розташування АНВ, АНВ+А₁ та АНВ+А₂ збільшується шершавість їх рельєфу поверхні, однак навіть для останнього з них, вона значно поступається шершавості рельєфу поверхні раніше розглянутого мінерального ВН, тобто БВ. Тому не викликає подиву наявність загальної тенденції до поступового зменшення рівня показника E при стисненні модельних ТПК з підвищенням масового вмісту обробленого апретом полімерного ВН, яка не залежить від статичних чи динамічних умов навантаження. При цьому чисельний рівень показника E знаходиться у пропорційній залежності від шершавості рельєфу поверхні та вмісту ВН з прогнозованим рельєфом. Надані залежності відповідають умовам прояви означеного вище механізму поєднання механічного та фізичного контакту ПМ-ВН, а характер впливу на чисельний рівень показника E до та після стомлення ТПК надає підстави вважати можливим існування оптимуму технологічних параметрів при створенні апретом прогнозованої шершавості рельєфу для полімерного ВН.



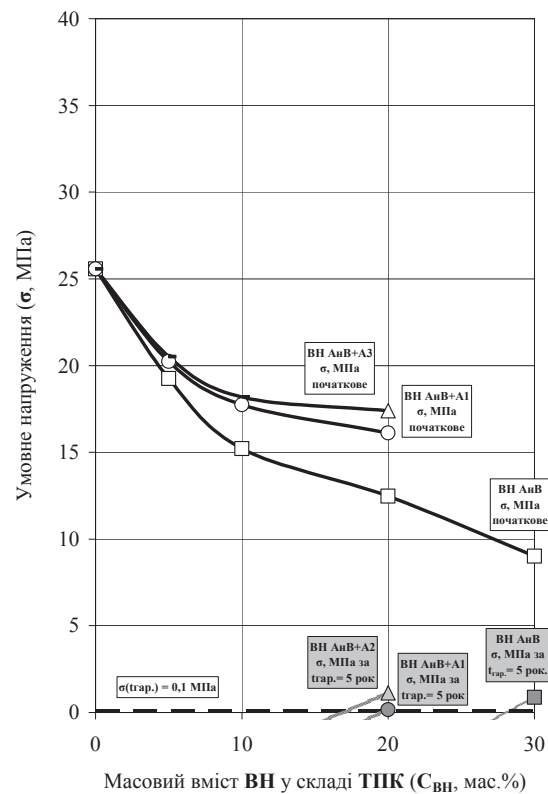
а



б



в



г

Рис. 5 – Масовий вміст $C_{\text{ВН}}$, мас. % у складі ТПК за зростанням шершавості рельєфу інертного ВН (АНВ \rightarrow АНВ+А₁ \rightarrow АНВ+А₂) на показники: а – густина (ρ , kg/m^3); б – умовний модуль пружності (E , МПа); в – гістерезис (Γ , відн. од.) на початку та після стомлення стисненням $N = 1 \div 18\,000$ цикл., $\epsilon = 2,5\%$ та $\nu = 5$ Гц; г – релаксація умовного напруження ($\sigma(t)$, МПа) на початку та після навантаження стисненням $u = 100$ мм/хв., $\epsilon = 2,5\%$ та $t_{\text{зар.}} = 5$ рок.; пунктирна лінія – $\sigma_{\text{зар.}}(t_{\text{зар.}}) = 0,1$ МПа

Очікуваною виглядає проява тенденції на зростання чисельного рівня показника Γ у відповідності до послідовності розташування $АнВ$, $АнВ+А_1$ та $АнВ+А_2$ (рис. 5, в), що надані за умови збільшення шершавості рельєфу обробленої апретом поверхні полімерного ВН. При цьому, незалежно від умов здійснення виміру до чи після стомлення, проява тенденції на зростання рівня показника Γ настає за значно меншим вмістом полімерного ВН з A ніж для мінерального ВН з шершавим рельєфом (рис. 3, а), та, відповідно, при значно меншому рівні показника ρ для ТПК. Однак на відміну від характеру зміни показника E умови здійснення виміру до та після стомлення має для рівня показника Γ модельних ТПК при стисненні відмічено принципово різними тенденціями зміни значення. Підвищення масового чи об'ємного вмісту ВН у складі ТПК також поступово стримує прояв тенденцій до зміни рівня показника Γ . В залежності від здійснення динамічного стиснення рівень показника Γ на початку стомлення однаково збільшується незалежно від рельєфу ВН, навіть майже співпадаючи кількісно при наданні за об'ємним вмістом, однак після стомлення проявляє протилежні тенденції - до зменшення при ВН з гладким рельєфом та збільшення при ВН з шершавим рельєфом.

При цьому (рис. 5, г) зберігається достатній рівень показника $\sigma(t)$ для ТПК. Незважаючи на те, що прийнятний рівень показника $\sigma(t)$ відтворюється при більшому вмісті ВН полімерного ніж мінерального, все ж рівень показника ρ для ТПК також залишається суттєво меншим.

Тим самим, на підставі аналізу експериментальних досліджень ТПК з вмістом окремо чи у суміші ВН полімерної та мінеральної природи, було сформульовано теоретичне передбачення відносно можливості набуття прийнятного комплексу властивостей конструкційних (зменшення рівня показника E , збільшення рівня показника Γ та зберігання достатнього рівня показника $\sigma(t)$ при мінімальному рівні показника ρ) та технологічних (забезпечення можливості багаторазової переробки при екологічності виробництва, експлуатації та утилізації). Здобуто експериментальне підтвердження наведених теоретичних передбачень впливу на властивості ТПК полімерного ВН з прогнозованим рельєфом, що обґрунтовує доцільність створення прийнятних засобів поширення нового типу наповнювача.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Науменко, А.П. Материаловедческая составляющая эксплуатации пневматических шин после потери давления [Текст] / А.П. Науменко, М.В. Бурмистр, П.И. Баштаник, М.А. Науменко // Эластомеры: материалы, технология, оборудование, изделия: Тез. VI Украинской междунар. науч.-техн. конф. резинщиков. – Днепропетровск, 25-29.09.2006. – С. 27.
2. Науменко, А.П. Материаловедческий подход к безопасной эксплуатации эластичной шины колесного движителя [Текст] / А.П. Науменко, М.В. Бурмистр, П.И. Баштаник, М.А. Науменко // Вопр. химии и хим. технологии. – 2007. – № 5. – С. 144-151.
3. Науменко М.О. Пошук композиційних полімерних матеріалів для аварійної опори колісного рушія [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр // З хімії та хімічної технології: Тез. I Міжнар. (III Всеукр.) конф. студ., аспір. та мол. вчених. – Київ, 19-21.04.2008. – С. 176.
4. Вербас, В.В. Функциональная модель безопасной конструкции колесного движителя с аварийной опорой [Текст] / В.В. Вербас, А.П. Науменко, М.В. Бурмистр, П.И. Баштаник, М.А. Науменко // Вопр. химии и хим. технологии. – 2008. – № 2. – С. 82-87.
5. Науменко, М.А. Моделирование полимерного композиционного материала для аварийной опоры [Текст] / М.А. Науменко, П.И. Баштаник, М.В. Бурмистр // Хімія та сучасні технології: Тез. IV Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених. – Дніпропетровськ, 22-24.04.2009. – С. 169.
6. Naumenko M. Wheel bearing engine [Text] / M. Naumenko, P. Bashtanyk, M. Burmistr // Trans-Mech-Art-Chem: Mat. 6th International Student's Scientific Conference. – Radom, 11-14.05.2009. – Pp. 202-205.
7. Вербас В.В. Материало-конструкционный подход к созданию аварийной опоры колесного движителя [Текст] / В.В. Вербас, А.П. Науменко, М.В. Бурмистр, П.И. Баштаник, М.А. Науменко // Вопр. химии и хим. технологии. – 2009. – № 6. – С. 58-63.
8. Науменко, М.А. Модель аварийной опоры безопасного колесного движителя [Текст] / М.А. Науменко, П.И. Баштаник, М.В. Бурмистр // Trans-Mech-Art-Chem: Тез. VII Междунар. науч.-практ. конф. студ. и мол. ученых. – Москва, 18-20.05.2010. – С. 242-244.
9. Вербас, В.В. К формированию расчётно-экспериментальной модели безопасного колесного движителя

- [Текст] / В.В. Вербас, А.П. Науменко, М.В. Бурмістр, П.І. Баштаник, М.А. Науменко // Вопр. хімії і хім. технології. – 2010. – №3. – С. 89-94.
10. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров [Текст] / Д.В. Ван Кревелен / А.Я. Малкина. – М.: Химия, 1976. – 416 с.
 11. Нильсен, Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций [Текст] / Л. Нильсен. – М.: Химия, 1978. – 312 с.
 12. Браутман, Л.И. Поверхности раздела в полимерных композитах [Текст] / Л.И. Браутман. – М.: Химия, 1978. – Т. 6. – 296 с.
 13. Прикладная механика ячеистых пластмасс [Текст]. – М.: Мир, 1985. – 360 с.
 14. Любин, Дж. Справочник по композиционным материалам [Текст] / Дж. Любин. – М.: Машиностроение, 1988. – 448 с.
 15. Джур, Є.О. Полімерні композиційні матеріали в ракетнокосмічній техніці [Текст] / Є.О. Джур, Т.А. Манько і ін. – К.: Вища освіта, 2003. – 399 с.
 16. Науменко, М.А. Проявление наноструктуры полимерных композиционных материалов при механических испытаниях [Текст] / М.А. Науменко, М.В. Бурмістр, Е.А. Дзюра, А.П. Науменко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 86. – С. 159-165.
 17. Науменко, М.О. Моделювання умов навантаження при стисненні зразків полімерних композитів шинних виробів [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр, В.А. Шатов, О.Г. Чеботарь, В.Г. Макарова // Эластомеры: материалы, технология, оборудование, изделия: Тез. VIII Украинской с междунар. участием научн.-техн. конф. резинщиков. – Днепропетровск, 27.09-01.10.2010. – С.100-101.
 18. Науменко, М.О. Діагностика полімерних наноструктур неруйнівним навантаженням [Текст] / М.О. Науменко, М.В. Бурмістр, Є.А. Дзюра, О.П. Науменко // Ярмарок інновацій. Інвестиції в нанотехнології: Тез. Міжнар. конф. – Харків, 18-19.12.2010. – С. 52.
 19. Науменко, М.А. Влияние геометрического фактора на конструкционные свойства при сжатии полимерных композиционных материалов [Текст] / М.А. Науменко, П.И. Баштаник, М.В. Бурмістр, В.Г. Макарова // Вопр. хімії і хім. технології. – 2011. – № 1. – С. 66-70.
 20. Науменко, М.О. Дослідження властивостей полімерних композиційних матеріалів в залежності від швидкості навантаження стисненням [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр // Хімія та сучасні технології: Тез. V Міжнар. наук.-техн. конф. студ., аспір. та мол. вчених. – Дніпропетровськ, 22-24.04.2011. – С. 234.
 21. Науменко, М.О. Моделювання умов навантаження при дослідженні полімерних матеріалів для створення аварійної опори безпечного колісного рушія [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр, О.П. Науменко // Вопр. хімії і хім. технології. – 2011. – № 6. – С. 86-91.
 22. Науменко, М.О. Порівняльні дослідження конструкційних властивостей при стисненні гуми та термопластичних полімерів в умовах навантаження шинних виробів [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 96. – С. 10-25.
 23. Науменко, М. Конструкційні властивості при стисненні термопластичних полімерів за умов навантаження шинних виробів [Текст] / М. Науменко, П. Баштаник, М. Бурмістр // Хімія та хімічні технології, ССТ-2011: Тез. II Міжнар. наук. конф. мол. вчених. – Львів, 25-27.11.2011. – С. 48-49.
 24. Naumenko, M. Matrix and fibrous filler for creation thermoplastic polymer composites tire products [Text] / M. Naumenko, P. Bashtanyk, M. Burmistr // Trans-Mech-Art-Chem: Тез. VIIth Polish-Ukrainian Conf. – Radom, 24-27.09.2012. – P. 53.
 25. Науменко, М.О. Дослідження прийнятності застосування термопластичних полімерних композиційних матеріалів при створенні сучасних шинних виробів [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр // Композиционные материалы в промышленности: Тез. XXXI Ежегодной междунар. конф. – Киев-Ялта, 6-10.06.2011. – С.61-65.
 26. Науменко, М.А. Применимость термопластичного полимерного композита одного состава при создании аварийной опоры безопасного колесного двигателя [Текст] / М.А. Науменко, П.И. Баштаник, М.В. Бурмістр // Trans-Mech-Art-Chem: Тез. VIII Междунар. науч.-практ. конф. студ. и мол. ученых. – Днепропетровск, 11-13.04.2012. – С. 20-21.
 27. Науменко, М.О. Дослідження прийнятності застосування термопластичних полімерних композиційних матеріалів при створенні сучасних шинних виробів [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр // Композиционные материалы в промышленности: Тез. XXXII Ежегодной междунар. конф. – Киев-Гурзуф, 06-10.06.2012. – С.61-65.
 28. Науменко, М.О. Термопластичний композит аварійної опори для кочення колісного рушія з пошкодженою шиною [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр // Наука і бізнес – основа розвитку економіки: Тез. Міжнар. наук.-практ. форуму. – Дніпропетровськ, 11-12.10.2012. – С. 54-56.
 29. Науменко, М.А. Материало-технологические составляющие термопластичного композита аварийной опоры колесного двигателя [Текст] / М.А. Науменко // Химическая технология и биотехнология новых материалов и продуктов: Тез. РХО им. Д.И. Менделеева в рамках Междунар. химич. ассамблеи ICA-2012. – Москва, 24-25.10.2012. – С. 90-91.
 30. Науменко, М. Вплив складу поліволокнутого наповнювача на конструкційні властивості полімерних композиційних матеріалів [Текст] / М. Науменко, П. Баштаник, М. Бурмістр // Хімія та хімічні технології, ССТ-2010: Тез. I Міжнар. наук. конф. мол. вчених. – Львів, 25-27.11.2010. – С. 40-41.
 31. Науменко, М.О. Вплив присутності волокнистого наповнювача на пружно-жорсткі властивості при стисненні термопластичних полімерних композитів [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр // Сучасні

- проблеми хімії: Тез. XII Всеукр. конф. студ. та аспір. – Київ, 18-20.05.2011. – С. 84.
32. Науменко, М.О. Дослідження поглинаючої здатності термопластичних полімерних композитів за умов навантаження аварійної опори безпечного колісного рушія [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр // Эффективность сотовых конструкций в изделиях авиационно-космической техники: Тез. IV Международ. науч.-практ. конф. – Днепропетровск, 3-6.06.2011. – С. 163-164.
 33. Науменко, М.О. Вплив рельєфу поверхні інертного волокнистого наповнювача на конструкційні властивості при стисненні термопластичних полімерних композитів за умов навантаження шинних виробів [Текст] / М.О. Науменко // Вопр. химии и хим. технологии. – 2012. – № 2. – С. 86-91.
 34. Науменко, М.О. Дослідження впливу вторинної переробки на конструкційні властивості при стисненні волоконнаповнених термопластичних полімерних композитів [Текст] / М.О. Науменко // 3 актуальних питань хімії: Тез. X Всеукраїнська конф. мол. вчених та студ. – Харків, 17-19.04.2012. – С. 85.
 35. Науменко, М.О. Прийнятність здобуття волокнистого наповнювача з полімерного корду для створення термопластичних полімерних композитів шинних виробів [Текст] / М.О. Науменко, П.І. Баштаник, М.В. Бурмістр, Saoudi Rachida // Эластомеры: материалы, технология, оборудование, изделия: Тез. VIII Украинской с международ. участием науч.-техн. конф. резинщиков. – Днепропетровск, 24.-28.09.2010. – С. 121-123.
 36. Патент України № 89324. Поліамідна композиція [Текст] / М.Я. Кузьменко, М.В. Бурмістр, П.І. Баштаник, О.М. Кузьменко, С.Ю. Коляда, М.О. Науменко // МПК (2009) кл. C08 77/00, C08K 9/00 кл. C08K 5/544 (2009.01). Пр. 11.01.2010, Опубл. Б.П.В. 2010. – № 1.
 37. Патент України № 95354. Застосування алкоксіамінотитанатів як апрету для армуючого наповнювача та поліамідна композиція [Текст] / М.Я. Кузьменко, О.М. Кузьменко, С.М. Кузьменко, П.І. Баштаник, М.А. Федорова, М.О. Науменко // МПК (2010) кл. C08L 23/12, C08K 7/02 кл. C08K 5/54, C03C 25/24. Пр.25.07.2011, Опубл. Б.П.В. 2011. – № 4.
 38. Аверко-Антонович, Ю.О. Технология резиновых изделий: Учеб. Пособие для вузов [Текст] / Ю.О. Аверко-Антонович, Р.Я. Омельченко, Н.А. Охотина, Ю.Р. Эбич / Под ред. П.А. Кирпичникова. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
 39. Сырицын, Л.М. Производство шинного корда и технология его обработки [Текст] / Л.М. Сырицын, И.Л. Шмурак / Под ред. Л.М. Сырицына. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2006. – 400 с.
 40. Суберляк, О.В. Технология переробки полімерних та композиційних матеріалів [Текст] / О.В. Суберляк, П.І. Баштаник. – Львів: Растр-7, 2007. – 376 с.

УДК 622.647.2

Кирия Р.В., Максютенко В.Ю., Мищенко Т.Ф.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЛЕНТЫ ПО РОЛИКООПОРАМ КОНВЕЙЕРА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ИЗГИБОМ ЛЕНТЫ

Розглянуто питання про фізичну сутність опору руху стрічки з вантажем по роликкооперах стрічкових конвеєрів при невеликих натягненнях стрічки. На основі принципу Вольтера визначено коефіцієнт опору руху в'язкопружної пластини по жорстких циліндрах, розташованих на однаковій відстані один від одного. Встановлено, що коефіцієнт опору залежить від натягнення і швидкості стрічки конвеєра і не залежить від погонного навантаження і відстані між роликкооперами. Одержані результати досліджень порівнювалися з експериментом.

DETERMINATION OF COEFFICIENT OF RESISTANCE TO MOTION OF RIBBON ON ROLL SETS OF CONVEYER DUE TO BEND OF RIBBON

A question about physical essence of resistance to motion of ribbon with a load on roll sets of band conveyers at the small pulls of ribbon is considered. The coefficient of resistance to motion of visco-elastic plate on the hard cylinders located on identical distance from each other is obtained on the basis of Voltera's principle. It is found that the coefficient of resistance depends on the pull and speed of ribbon of conveyer and doesn't depend on distance between roll sets. These results of research are compared with the experiment.

Вопросами определения сопротивления движению ленты с грузом по роликкооперам ленточного конвейера занимались многие исследователи. При этом выделяются три основные составляющие силы сопротивления движению ленты и груза по роликкооперам. Это силы сопротивления от вращения роликов, от сжатия ленты при качении роликов по ленте конвейера, от изгиба ленты и деформации груза. При этом, как полагают многие исследователи, составляющая от изгиба ленты и деформации груза наиболее существенна и составляет 40-70 % от общей силы сопротивления [1-3].