

ВПЛИВ РЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ ІНЕРТНОГО ВОЛОКНИСТОГО НАПОВНЮВАЧА НА КОНСТРУКЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИ СТИСНЕННІ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ ЗА УМОВ НАВАНТАЖЕННЯ ШИННИХ ВИРОБІВ

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ

Узагальнення факторів впливу на конструкційні властивості при стисненні дозволило відзначити механізм поєднання механічного та фізичного контакту матриця-волокно та запропонувати метод графоаналітичного прогнозування рельєфу поверхні інертного волокна для термопластичних полімерних композитів.

Згідно з попередніми дослідженнями, виконаних у поєднанні з досвідом вітчизняних шинників під керівництвом проф. Бурмістра М.В. [1], наведено доцільність дооснащення традиційного колісного рушія аварійною опорою, яку запропоновано створити із термопластичного полімерного матеріалу, що забезпечує можливості багаторазового перероблення після застосування за умови прийнятного відтворення кінематики та комфортності аварійного пересування транспортного засобу при пошкодженні пневматичної шини.

Інтерес по відношенню до дослідження у якості термопластичного полімерного матеріалу для створення аварійної опори, а саме: поліпропілену (ПП), обумовлено на підставі попередньо проведених порівняльних випробувань з традиційною гумою, поліамідом та поліетиленом низької густини відносно їх фізичних та конструкційних властивостей. За умов навантаження аварійної опори неприйнятність окремих полімерних матеріалів полягає у наступному: для гуми у її реактопластичній природі, що нівелює, можливість багаторазової та енергозберігаючої технології перероблення, та недостатніх пружно-жорстких властивостях, тоді як серед термопластичних матеріалів для поліаміду завеликою є густина та для поліетилену замалим є довготривалий опір [2,3]. Обраний термопластичний матеріал ПП має суттєві переваги, однак не може бути безпосередньо використаним для створення аварійної опори без вирішення проблем відносно пошуку прийнятних засобів зменшення пружно-жорстких властивостей та підвищення поглинаючої здатності при збереженні спроможності до довготривалого опору.

На підставі попереднього здійснення розрахунків відносно умов навантаження аварійної опори для дооснащення традиційного колісного рушія з вантажною шиною 365/80R20 TL 140K [4,5], поєднання окремо здобутих експериментальних даних

відносно характеру впливу волокнистого наповнювача на властивості полімерних композитів [6,7] та проведення аналізу доволі обмежених літературних даних відносно дії на них стиснення [8–10], доцільним є пошук прийнятних для практичного застосування засобів цілеспрямованого впливу на зміну конструкційних властивостей полімерних композиційних матеріалів за умови збереження їх термопластичної природи.

Поширеною є практика дослідження композиційних матеріалів з метою загального покращення конструкційних властивостей, тобто передбачаючи підвищення чисельного рівня показників, завдяки застосуванню особливого сполучення матеріало-технологічних заходів. Однак, як свідчить приклад розв'язання науково-практичної задачі створення термопластичних полімерних композитів для аварійної опори колісного рушія вантажного транспортного засобу, традиційний підхід на загальне покращення властивостей не завжди відповідає потребі. На підставі конструкційно-технологічних міркувань пропонується до розгляду підхід створення цілеспрямованого балансу зростання/зниження чисельного рівня показників з метою набуття достатньої відповідності конструкційних властивостей умовам науково-практичної задачі.

Відштовхуючись від прагнення забезпечити аварійній опорі мінімально можливу масу та максимально можливу комфортність при прийнятній кінематиці та достатньому опорі зсуву шини на ободі, враховуючи при цьому бажання зберегти здатність до багаторазового перероблення, ґрунтовним виглядає напрям створення для неї термопластичних полімерних композитів (ТПК) у складі полімерної матриці (ПМ) [3,11] та волокнистого наповнювача (ВН) [8–10]. Досліджений раніше комплекс суттєвих переваг за конструкційними властивостями при стисненні обумовлює доцільність використання у якості ПМ саме термопластичний

ПП, який характеризується унікальним сполученням між мінімально можливим рівнем показника густини (ρ , кг/м³) та навіть занадто великим рівнем показника умовний модуль пружності (E , МПа), дозволяє переглянути поширену практику створення композиційних полімерних матеріалів. Застосування саме ВН у якості прийнятного фактора для цілеспрямованого впливу на зміну конструкційних властивостей композитів при стисненні обумовлено суто практичними міркуваннями – значний вплив за незначною кількістю та прийнятною технологічністю.

Для систематизації результатів дослідження впливу на конструкційні властивості при стисненні присутності ВН у складі ТПК пропонується надати їх за двома видами вмісту: масового ($C_{\text{ТПК}}$, мас. %), який зручно застосовувати при виготовленні композитів та об'ємного ($V_{\text{ТПК}}$, об. %), який дозволяє розглядати композити у якості механічної системи. Згідно з цим:

$$C_{\text{ТПК}} = C_{\text{ПМ}} + C_{\text{ВН}} \text{ та } V_{\text{ТПК}} = V_{\text{ПМ}} + V_{\text{ВН}}$$

де $C_{\text{ТПК}}$ та $V_{\text{ТПК}}$ – масовий та об'ємний вміст ТПК, який дорівнює 100 мас. % та 100 об. %; $C_{\text{ПМ}}$ та $V_{\text{ПМ}}$ – масовий та об'ємний вміст ПМ; $C_{\text{ВН}}$ та $V_{\text{ВН}}$ – масовий та об'ємний вміст ВН.

На підставі попередньо проведених досліджень [6, 7] для моделювання ТПК були обрані наступні об'єкти (таблиця): термопластичний полімер ПП у якості ПМ та окреме або у суміші необроблене анідне волокно (АНВ) або/та базальтове волокно (БВ) у якості ВН.

Добре відомо про суттєвий вплив на конструкційні властивості при розтязі полімерних армованих композитів низки факторів: природи волокнистого наповнювача, його геометрії, схеми армування, кількості та взаємодії з ПМ [8–10], однак про наявність таких залежностей при їх стисненні невідомо. Для дослідження ТПК при стисненні вибір у якості ВН саме АНВ та БВ обумовлено наявністю суттєвої різниці рельєфу поверхні, відповідно, майже гладкого та доволі шершавого при близькому їх діаметрі (таблиця). Застосування інертних ВН, для яких відсутня прихильності до хімічної взаємодії з ПП, надає можливість здійснення дослідження конструкційних властивостей при стисненні на здатних до багаторазової перероблення ТПК.

Дотримуючись раніше узагальнених вимог

оцінки придатності ТПК для аварійної опори безпечного колісного рушія вантажного транспортного засобу [5], розглянемо вплив ВН на конструкційні властивості при стисненні за наступних умов навантаження модельних зразків:

- форма – циліндр;
- співвідношення висота/діаметр – $h/d=1,22$;
- відносна деформація – $\epsilon=2,5\%$;
- частота навантаження – $\nu=5$ Гц;
- цикли навантаження за умов $\epsilon=2,5\%$ та $\nu=5$ Гц за $N=1$ та 18000 цикл., що за гарантійних зобов'язань відповідає сполученню показників аварійного кочення – термін та швидкість ($t_{\text{а.к.}}=1$ год та $V_{\text{а.к.}}=40$ км/год);
- тривалість навантаження за умов $\epsilon=2,5\%$ протягом $t=3600$ с, що надає змогу прогнозувати продовж гарантійних зобов'язань (термін гарантований $t_{\text{гар.}}=5$ рік.) забезпечення рівня показника релаксація напруження ($\sigma(t_{\text{гар.}}) \geq 0,1$ МПа).

Для модельних зразків ТПК змінними факторами є тільки вміст та рельєф поверхні ВН, який спеціально обрано достатньо протилежним – гладким та шершавим. При моделюванні композитів передбачаємо для ВН з гладким рельєфом, тобто АНВ, існування умовно однакового рівня розрахункової і фактичної площі поверхні та для ВН з шершавим рельєфом, тобто БВ, у цьому співвідношенні суттєво перевищує рівень фактичної площі поверхні. Тому доцільним є припущення відносно виникнення специфічного характеру взаємодії ПМ-ВН у відповідності до поверхні контакту, з огляду на що пропонується розглянути результати.

Враховуючи значну різницю обраного АНВ та БВ у якості ВН за чисельним рівнем показника ρ при майже однакових геометричних параметрах (таблиця), доцільним є надання ТПК за масовим і об'ємним вмістом ВН (рис. 1,а і 1,б).

На чисельний рівень показника ρ модельних ТПК ніяким чином не впливає рельєф поверхні ВН. Однак порівняння композитів, у складі яких застосовано ВН з різним за рівнем показника ρ , потребує розгляду окрім вмісту масового (C , мас. %) та об'ємного (V , об. %), ще й за рівнем розрахункової і фактичної площі поверхні можливого контакту ПМ-ВН.

Співвідношення між рівнем показника ρ для АНВ та БВ складає приблизно 1:2 (таблиця), що за однаковим рівнем масового вмісту ВН, наприклад, $C_{\text{ВН}}=10$ мас. %, відповідає для АНВ– $V_{\text{АНВ}}=$

Фізичні і геометричні властивості складових та їх масовий і об'ємний вміст дослідних ТПК

Складові ТПК	Густина складових (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
ПМ – поліпропілен (ПП)	900	–	100–70/100–75	90–80/92
ВН – анідне волокно (АНВ)	1140	13	0–30/0–25	–
ВН – базальтове волокно (БВ)	2300	14	–	0–30/0–14
				0–20/0–8

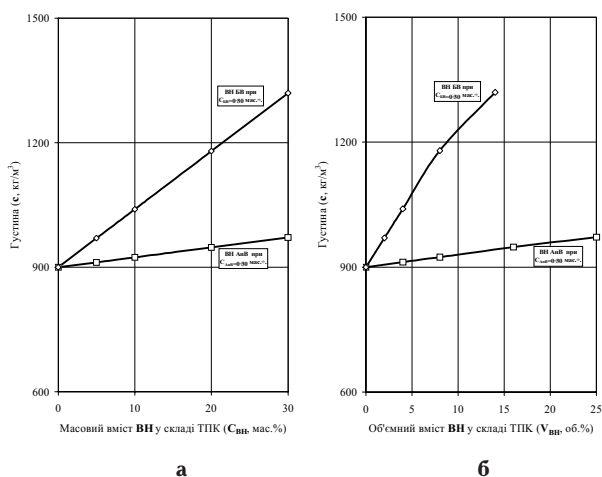


Рис. 1. Вплив присутності ВН, окремо анідного волокна (АнВ) та базальтового волокна (БВ), у складі ТПК за однаковим (а) масовим (C_{ВН}, мас.%) та (б) об'ємним (V_{ВН}, об.%) вмістом на показник густина (ρ, кг/м³)

=8 об.% та БВ–V_{БВ}=4 об.%. Обрані ВН мають майже однаковий рівень показника d (таблиця), на підставі чого припустимо наявність однакового рівня їх розрахункової площі поверхні. Співвідношення між рівнем V_{АнВ}:V_{БВ} доцільно відповідає умовам між рівнем розрахункової площі поверхні АнВ:БВ, яке складає 2:1. За візуальним оцінюванням припустимо для ВН з гладким рельєфом, яке моделює АнВ, рівень площі поверхні розрахункової і фактичної однаковий, та для ВН з шершавим рельєфом, яке моделює БВ, рівень площі поверхні фактичний значно перевищує розрахунковий. При настільки значній різниці у рівні показника ρ, моделюючих ВН об'єктів дослідження, впливу їх присутності у складі ТПК доцільно розглядати за вмістом масовим (C_{ВН}, мас.%), прийнятним відносно технологічних питань, та об'ємним (V_{ВН}, об.%), доцільним при дослідженні конструкційних питань.

Вплив присутності у ТПК окремо АнВ та БВ на зміну пружно-жорстких властивостей, відтворюючи кінематику аварійного кочення (ε=2,5%, ν=5 Гц при N=1 та 18000 цикл.) [8], розглянемо відносно показника E за масовим і об'ємним вмістом ВН (рис. 2, а і 2,б).

На чисельний рівень показника E при стисненні модельних ТПК, на відміну від очікувань за аналізом властивостей при розтязі [11–14], рельєф поверхні ВН впливає різноманітно. Підвищення масового чи об'ємного вмісту ВН у складі ТПК поступово стримує прояву тенденцій до зміни рівня показника E. В залежності від здійснення динамічного стиснення рівень показника E на початку втомлення зменшується при ВН з гладким рельєфом та збільшується при ВН з шершавим рельєфом, тоді як після втомлення обидві залежності починають демонструвати принципово однакову тенденцію до зменшення. За аналізом цих обставин можливе наступне припущення відносно механізму утворення контакту ПМ-ВН:

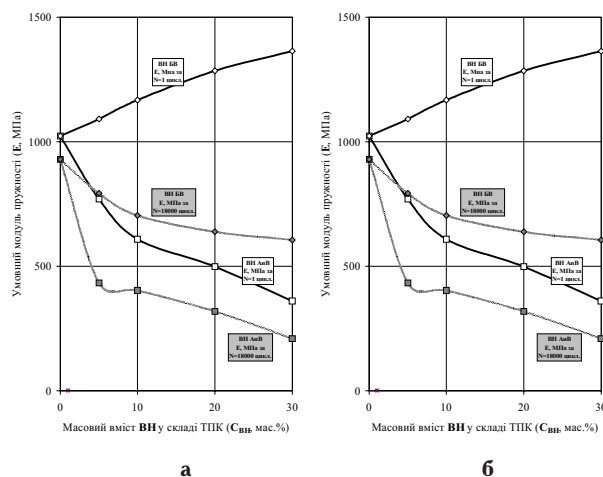


Рис. 2. Вплив присутності ВН, окремо анідного волокна (АнВ) та базальтового волокна (БВ), у складі ТПК за однаковим (а) масовим (C_{ВН}, мас.%) та (б) об'ємним (V_{ВН}, об.%) вмістом на показник умовний модуль пружності (E, МПа) на початку стомлення (N=1 цикл.) та після стомлення (N=18000 цикл.) при стисненні за показниками відносна деформація ε=2,5% та частота навантаження ν=5 Гц

– ВН з гладким рельєфом при зростанні вмісту призводить до наявності принципово однакових, незалежно від циклів навантаження, тенденцій зміни рівня E, обумовлених погіршенням спроможності до прояви фізико-механічного зв'язку на початку стомлення та незначним його зменшенням після стомлення, що сповільнює термомеханічну деструкцію складових композиту;

– ВН з шершавим рельєфом при зростанні вмісту призводить до наявності принципово протилежних, залежно від циклів навантаження, тенденцій зміни рівня E, обумовлених переходом співвідношення зв'язку від механіко-фізичного до фізико-механічного (за об'ємним вмістом ВН з гладким рельєфом на початку стомлення має якісне та майже кількісне рівняння), що незважаючи на підвищений рівень фактичної площі поверхні контакту все ж таки сповільнює термомеханічну деструкцію складових композиту.

Вплив присутності у складі ТПК окремо АнВ та БВ на зміну поглинаючої здатності, відтворюючи комфортність аварійного кочення (ε=2,5%, ν=5 Гц при N=1 та 18000 цикл.) [8], розглянемо до показника гістерезис (Γ) за масовим і об'ємним вмістом ВН (рис. 3,а і 3,б).

Присутність ВН у складі ТПК при стисненні теж змінює рівень показника Γ відповідно до рельєфу поверхні АнВ чи БВ, але на відміну від розглянутого вище показника E, принципова різниця у прояві тенденцій відноситься до стану композитів після динамічного стомлення. 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 по-

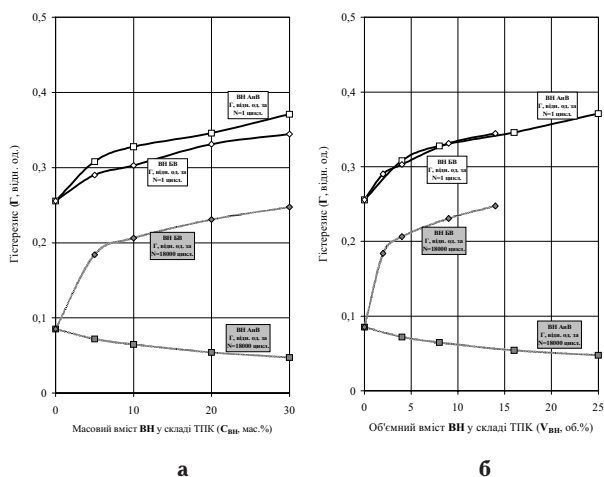


Рис. 3. Вплив присутності ВН, окремо анідного волокна (АнВ) та базальтового волокна (БВ), у складі ТПК за однаковим (а) масовим ($C_{ВН}$, мас.%) та (б) об'ємним ($V_{ВН}$, об.%) вмістом на показник гістерезис (Γ , відн. од.) на початку стомлення ($N=1$ цикл.) та після стомлення ($N=18000$ цикл.) при стисненні за показниками відносна деформація $\epsilon=2,5\%$ та частота навантаження $\nu=5$ Гц

чатку 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.

Вище було інтерпретовано вплив рельєфу поверхні та вмісту ВН відносно показника E для ТПК при стисненні припущенням механізму утворення контакту ПМ-ВН на підставі варіювання співвідношенням зв'язку від механіко-фізичного до фізико-механічного. Згідно з наданим припущенням розглянемо його прийнятність при інтерпретації суттєво більш багатофакторного показника Γ , при розрахунку якого показник E є лише одним з них:

— ВН з гладким рельєфом при зростанні вмісту призводить до наявності принципово протилежних, залежно від циклів навантаження, тенденції зміни рівня Γ , обумовлених погіршенням здатності до відновлення фізико-механічного зв'язку на початку стомлення (за об'ємним вмістом якісно та кількісно дорівнює ВН з шершавим рельєфом) та покращенням відновлення після стомлення, що вказує на можливість утворення ситуативного динамічного балансу зв'язку між складовими композиту;

— ВН з шершавим рельєфом при зростанні вмісту призводить до наявності принципово однакових, незалежно від циклів навантаження, тенденції зміни рівня Γ , обумовлених погіршенням здатності до відновлення механіко-фізичного зв'язку (за об'ємним вмістом ВН різниця рівня на початку та після стомлення майже однакова), що при наявності підвищеного рівня фактичної площі поверхні контакту вказує на поступове активування

термомеханічної деструкції складових композиту.

Вплив присутності у ТПК окремо АнВ та БВ на зміну довготривалого опору, який, згідно з науково-практичною постановкою задачі дослідження потрібно незалежно від стану колісного руштя забезпечити утримання від зсуву шини на ободі ($\epsilon=\text{const}$, $\sigma(t_{\text{гар.}}) \geq 0,1$ МПа при $t_{\text{гар.}}=5$ рік) [8], розглянемо відносно чисельного рівня показника релаксація напруження ($\sigma(t)$, МПа). Доцільність здійснення наступних досліджень при рівні показника $\epsilon=2,5\%$, на відміну від попередньо застосованого $\epsilon=5,0\%$ при дослідженні з вибору матеріалу ПМ [6], обумовлена надзвичайно високим рівнем показника E для ПП, тобто наявністю достатньо високого рівня показника у навіть при у двічі меншому деформуванні ТПК. З урахуванням наведених особливостей розглянемо рівень показника $\sigma(t)$ для ТПК з АнВ та для ТПК з БВ за масовим і об'ємним вмістом ВН (рис. 4, а і 4,б).

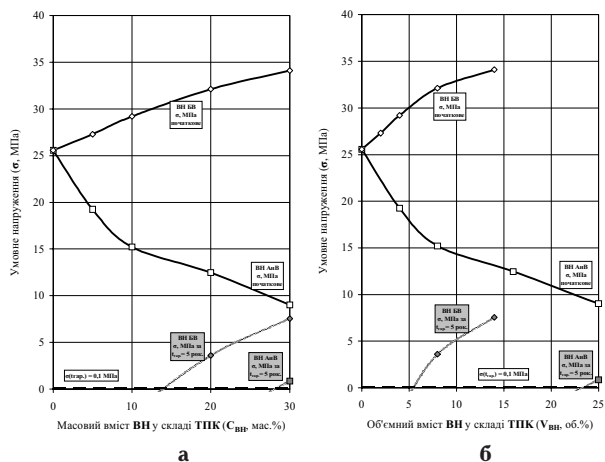


Рис. 4. Вплив присутності ВН, окремо анідного волокна (АнВ) та базальтового волокна (БВ), у складі ТПК за однаковим (а) масовим ($C_{ВН}$, мас.%) та (б) об'ємним ($V_{ВН}$, об.%) вмістом на показник умовне напруження (σ , МПа) з фіксованим рівнем показника відносна деформація $\epsilon=2,5\%$ при стисненні, де горизонтальною пунктирною лінією означено достатній чисельний рівень показника умовне напруження за термін гарантований $\sigma(t_{\text{гар.}})=0,1$ МПа

Присутність ВН у складі ТПК при стисненні змінює рівень показника $\sigma(t)$ відповідно до рельєфу поверхні АнВ чи БВ на початку навантаження, що відповідає впливу на показник E на початку стомлення. Підвищення масового чи об'ємного вмісту ВН у складі ТПК поступово, відповідно до показника E , стримує прояв тенденцій до зміни рівня показника $\sigma(t)$ на початку навантаження, тобто проявляє протилежні тенденції — до зменшення при ВН з гладким рельєфом та збільшення при ВН з шершавим рельєфом. В залежності від здійснення статичного стиснення протягом обумов-

леного часу рівень показника $\sigma(t)$ після навантаження проявляє однакові тенденції до збільшення при ВН з гладким рельєфом чи ВН з шершавим рельєфом.

Вище було інтерпретовано вплив рельєфу поверхні та вмісту ВН відносно показника E та Γ для ТПК при стисненні на початку та після динамічного стомлення за механізмом утворення контакту ПМ-ВН з варіюванням співвідношення зв'язку від механіко-фізичного до фізико-механічного. Незважаючи на суттєво інші умови статичного навантаження доцільно розглянути прийнятність наданого механізму при інтерпретації результатів досліджень залежностей $\sigma(t)$, оскільки на початку навантаження вони корелюються з залежностями для показника E також на початку стомлення:

– ВН з гладким рельєфом при зростанні вмісту призводить до наявності принципово протилежних тенденцій зміни рівня $\sigma(t)$, обумовлених погіршенням спроможності до прояву фізико-механічного зв'язку на початку навантаження та зростанням спроможності до збереження зв'язку після навантаження (поступово зменшується різниця рівня на початку та після навантаження при порівнянні за однаковим вмістом ВН), що вказує теж на сповільнення термомеханічної деструкції складових композиту;

– ВН з шершавим рельєфом при зростанні вмісту призводить до наявності принципово однакових тенденцій зміни рівня $\sigma(t)$, обумовлених підвищенням спроможності до прояву механіко-фізичного зв'язку на початку навантаження та зростанням спроможності до збереження зв'язку після навантаження (майже не змінюється різниця рівня на початку та після навантаження при порівнянні за однаковим вмістом ВН), що при наявності підвищеного рівня фактичної площі поверхні контакту вказує на зростання активності термомеханічної деструкції складових композиту.

Тим самим, систематизація результатів дослідження впливу рельєфу поверхні та вмісту ВН на конструкційні властивості при стисненні модельних ТПК за різноманітних умов навантаження аварійної опори безпечного колісного рушія вантажних транспортних засобів дозволяє узагальнити як механізм поєднання механічного та фізичного контакту ПМ-ВН. Узагальнення у вигляді наданого механізму тільки за результатами вимірювання під впливом присутності у ПП ТПК окремо АНВ та БВ, тобто за відношенням до ПМ хімічно-інертних ВН з рельєфом тільки гладким чи тільки шершавим, має безсумнівне наукове значення. Однак з метою поглиблення наукового уявлення та надання безсумнівного практичного значення, пропонується розглянути можливість застосування наданого механізму при інтерпретації результатів дослідів за тих же умов ТПК з сумішшю хімічно-інертних ВН.

Оскільки досліджується науково-практичний

напрямок, що передбачає створення здатного до багаторазового перероблення термопластичного полімерного композиту для виготовлення аварійної опори колісного рушія, доцільно розглянути наведені вище показники при стисненні (ρ , E , Γ та $\sigma(t)$) відносно загальноприйнятого технологічного виміру [16] у складі ТПК суміші ВН за масовим вмістом ($C_{ВН}$, мас. %). З цього приводу, для спрощення виконання порівняння пропонується надати залежності для композитів з окремим ВН, які надати тонкими лініями, та з сумішшю ВН, які надати товстими лініями. Варіювання співвідношення при створенні суміші ВН здійснювати за умови дотримання незмінним рівня їх сумарного об'ємного вмісту ($V_{ВН} = \text{const} = 08 \text{ об. \%}$).

З урахуванням наведених особливостей розглянемо рівень показників ρ , E , Γ та $\sigma(t)$ для ТПК з сумішшю АНВ та БВ за масовим вмістом ВН (рис. 5,а; 5,б; 5,в та 5,г).

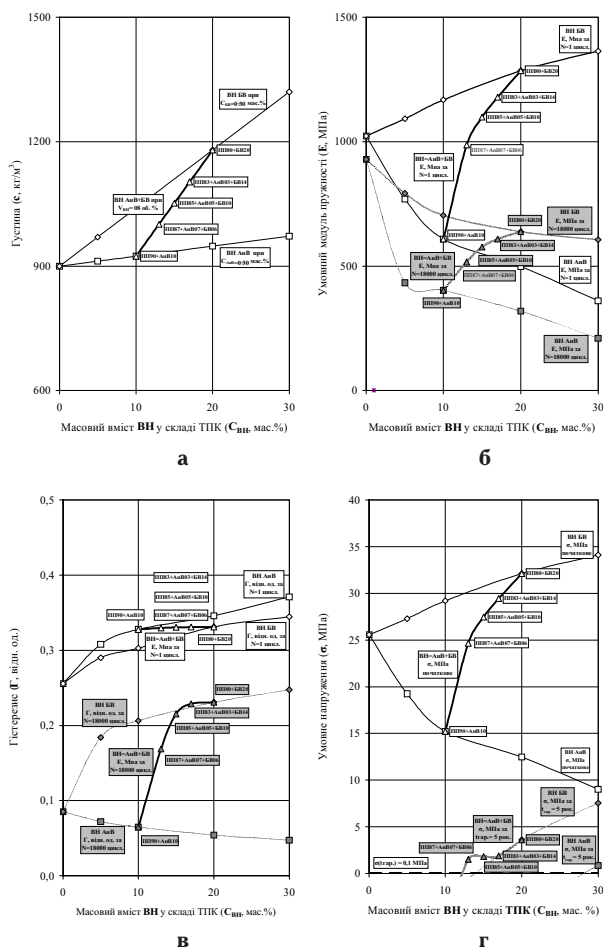


Рис. 5. Вплив суміші ВН (АНВ + БВ) у складі ТПК за масовим вмістом $C_{ВН}$, мас. ч. при рівні об'ємного вмісту $V_{ВН} = 08 \text{ об. \%}$ на показники: (а) густина (ρ , кг/м^3); (б) умовний модуль пружності (E , МПа) та (в) гістерезис (Γ , відн. од.) на початку та після стомлення $\epsilon = 2,5\%$ та $n = 5 \text{ Ц.}$; (г) умовне напруження ($\sigma(t)$, МПа) на початку та після навантаження $\epsilon = 2,5\%$ та $t_{\text{гар}} = 5 \text{ рік}$, де пунктирна лінія $\sigma(t_{\text{гар}}) = 0,1 \text{ МПа}$

Присутність окремо чи сумішню А_нВ та БВ у складі ТПК за умови дотримання рівня $V_{ВН} = \text{const} = 08$ об. % передбачає варіювання за $V_{ВН} = 10 - 20$ мас. % (таблиця), що, як було наведено вище, пов'язано з різницею майже вдвічі за рівнем показника с суміші ВН (рис. 5,а). Зменшення А_нВ та збільшення БВ вмісту у суміші сприяє зростанню рівня площі контакту ПМ-ВН як загального, так і за різницею між розрахунковою та фактичною складовою.

Враховуючи наведені вище обставини, поступова зміна за масовим вмістом складу ТПК: (ПП90+А_нВ10, ПП87+А_нВ07+БВ06, ПП85+А_нВ05+БВ10, ПП83+А_нВ03+БВ14, ПП80+БВ20) відповідає об'ємному вмісту суміші ВН гладкий : шершавий $\approx 2:1, 1:1, 1:3$, що надає прояву принципово однакових тенденцій сповільнення:

– показник Е (рис. 5,б), рівень якого на початку втомлення зростає більш суттєво, ніж після втомлення та призводить до підвищення різниці між ними, за вимогою до зменшення рівня пружно-жорстких властивостей у суміші доцільно мати переважно ВН з гладким рельєфом;

– показник Г (рис. 5,в), рівень якого на початку втомлення більш стабільний, ніж після втомлення та призводить до зменшення різниці між ними, за вимогою до збільшення рівня поглинаючої здатності у суміші доцільно мати переважно ВН з шершавим рельєфом;

– показник $\sigma(t)$ (рис. 5,г), рівень якого на початку навантаження зростає більш суттєво, ніж після навантаження та призводить до підвищення різниці між ними, за вимогою на збереження рівня довготривалого опору у суміші доцільно мати близьке співвідношення ВН;

– показник с (рис. 5, а), рівень якого залежить лише від фізичних властивостей об'єктів дослідження та не залежить від рельєфу їх поверхні, за наданих обставин доцільно обрати суміш $VН \approx 1:1$, що за масовим вмістом відповідає складу ТПК \rightarrow ПП85+А_нВ05+БВ10.

Таким чином, дослідження властивостей ТПК, що виконані на зразках з однаковим походженням складових і технології виготовлення при стисненні у різноманітних умовах вимірювання, демонструє поєднання, за обставинами змінюючи пріоритет, механічного та фізичного зв'язку у контакт ПМ-ВН, наданого окремо чи сумішню. Наведені фактори впливу на пружно-жорсткі властивості, поглинаючу здатність та довготривалий опір надають підстави узагальнити їх як механізм поєднання механічного та фізичного контакту ПМ-ВН та запропонувати метод графоаналітичного прогнозування рельєфу поверхні інертного ВН у складі ТПК з прийнятним для науково-практичного використання комплексом конструкційних властивостей при стисненні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Материало-конструкционный* подход к созданию аварийной опоры колесного движителя / Вербас В.В., Науменко А.П., Бурмистр М.В., Башганик П.И., Науменко М.А. // *Вопр. химии и хим. технологии.* – 2009. – №6. – С.58-63.
2. Науменко М.О., Башганик П.И., Бурмистр М.В. Дослідження прийнятності застосування термопластичних полімерних композиційних матеріалів при створенні сучасних шинних виробів // *Композиционные материалы в промышленности: Тез. Докл. XXXI Междунар. конф.* – Киев-Ялта, 2011. – С.61-65.
3. Науменко М.О., Башганик П.И., Бурмистр М.В. Порівняльні дослідження конструкційних властивостей при стисненні гуми та термопластичних полімерів в умовах навантаження шинних виробів // *Геотехнічна механіка.* – 2011. – Вип.96. – С.10-25.
4. Науменко М.А., Башганик П.И., Бурмистр М.В. Модель аварийной опоры безопасного колесного движителя // *TRANS-MECH-ART-CHEM: Тез. докл. VII Международной научно-практ. конф. студентов и молодых ученых.* – Москва, 2010. – С.242-244.
5. Науменко М.О., Башганик П.И., Бурмистр М.В. Моделирование условий навантаження при дослідженні полімерних матеріалів для створення аварійної опори // *Вопр. химии и хим. технологии.* – 2011. – № 6. – С.86-91.
6. Науменко М.О., Башганик П.И., Бурмистр М.В. Пошук композиційних полімерних матеріалів для аварійної опори колісного рушія // *Хімія та хімічна технологія: Тез. доп. I Міжнародної (III Всеукраїнської) конф. студентів, аспірантів та молодих вчених.* – Київ, 2008. – С.176.
7. Науменко М.О., Башганик П.И., Бурмистр М.В. Вплив присутності волокнистого наповнювача на пружно-жорсткі властивості при стисненні термопластичних полімерних композитів // *Сучасні проблеми хімії: Тез. доп. XII Всеукраїнської конф. студентів та аспірантів.* – Київ, 2011. – С.84.
8. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров: Пер. с англ. Ред. А.Я. Малкина. – М.: Химия, 1976. – 416 с.
9. Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций: Пер. с англ. П.Г. Бабаевского. – М.: Химия, 1978. – 312 с.
10. Любин Дж. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн.: Пер. с англ. Ред. Б.Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988. – 448 с.
11. Науменко М.О., Башганик П.И., Бурмистр М.В. Конструкційні властивості при стисненні термопластичних полімерів за умов навантаження шинних виробів // *Хімія та хімічні технології 2011: Тез. доп. II Міжнародної наук. конф. молодих вчених.* – Львів, 2011. – С. 40-41.
12. Суберляк О.В., Башганик П.И. Технологія перероблення полімерних та композиційних матеріалів. – Підручник. – Львів: вид-во Растр-7, 2007. – 376 с.

Надійшла до редакції 30.01.2012