

УДК 539.3:621.9

doi:10.20998/2413-4295.2020.03.03

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРУЖНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРМОВАНОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ НА МІЦНІСТЬ ГВИНТОВОГО З'ЄДНАННЯ З КРУГЛОЮ РІЗЬБОЮ

А. Ю. ДОВГОПОЛОВ^{1*}, С. С. НЕКРАСОВ¹, Д. О. ЖИГИЛІЙ²

¹ кафедра технології машинобудування верстатів та інструментів, Сумський державний університет, Суми, УКРАЇНА

² кафедра загальної механіки і динаміки машин, Сумський державний університет, Суми, УКРАЇНА

*e-mail: d_a_u_@ukr.net

АНОТАЦІЯ З метою дослідження впливу пружних характеристик армованого композиційного матеріалу на міцність роз'ємного гвинтового з'єднання з круглою різьбою, був проведений комплекс експериментів із його визначення. Оскільки, запропонована авторами в попередніх наукових працях скінченно-елементна імітаційна модель роз'ємного гвинтового з'єднання з круглою різьбою, була підтверджена експериментальним дослідженням, було вирішено використати її, для дослідження впливу пружних характеристик армованого композиту на міцність представленого гвинтового з'єднання з круглою різьбою. Дослідження проводилося із використанням імітаційної моделі гвинтового з'єднання в системі скінченно-елементного аналізу LS-DYNA. В нашому випадку армований матеріал вважався – односпрямованим ортотропним матеріалом, для якого згідно з розрахунковими залежностями С. М. Верещака, найбільший вплив на пружні характеристики має параметр ψ_1 – відносна площа арматури в площині перерізу в поздовжньому напрямку. Саме її було вирішено змінювати в дозволених межах, щоб отримати дані про вплив пружних характеристик на міцність гвинтового з'єднання в армованому композиті. Основні параметри гвинтового з'єднання для проведення дослідження вибирали за конкретною схемою, яка підходить для повного факторного експерименту за класичною схемою його виконання. У нашому випадку побудова матриці повного факторного експерименту була реалізована на двох рівнях за трьома факторами. Таким чином була реалізована матриця типу 2³. У зазначеному дослідженні глибина профілю різьби t змінювалася в межах $0,5 \leq t \leq 1,0$, крок різьби p – у межах $1,0 \leq p \leq 4,0$, а параметр ψ_1 – в межах $0,1 \leq \psi_1 \leq 0,7$. В результаті проведеного в роботі дослідження отримали, що максимальні показники міцності будуть для гвинтового з'єднання з такими основними геометричними параметрами: значення кроку - $p = 4$ мм, а значення глибини профілю різьби - $t = 0,8$ мм, значення відносного об'ємного вмісту арматури шару в поздовжньому напрямку - $\psi_1 = 0,7$. Значення максимальної сили яку витримає з'єднання із основними параметрами зазначеними вище, складатиме $R_{max} = 22,5$ кН.

Ключові слова: армовані композиційні матеріали (АКМ); роз'ємне гвинтове з'єднання; моделювання; міцність; кругла різьба; пружні характеристики

RESEARCH ON EFFECT OF FIBER REINFORCED COMPOSITE MATERIAL'S ELASTIC CHARACTERISTICS ON STRENGTH OF ROPE THREADED JOINT

A. DOVGOPOLOV^{1*}, S. NEKRASOV¹, D. ZHYHYLIY², A. NESHTA¹

¹ Department of Technology of machine building, machine tools and tools, Sumy State University, Sumy, UKRAINE

² Department of General mechanics and dynamics of machines, Sumy State University, Sumy, UKRAINE

ABSTRACT A series of experiments was conducted in order to investigate the influence of the elastic characteristics of the reinforced composite material on the strength of the detachable rope threaded joint. Since the finite element simulation model of the detachable rope threaded joint was confirmed by an experimental study, it was decided to use it to investigate the influence of the elastic characteristics of the reinforced composite on strength of the presented detachable rope threaded joint. The study is conducted using a simulation model of the threaded joint using a finite element analysis system LS-DYNA. The fibre reinforced material is considered to be a unidirectional orthotropic material, for which according to the calculated by Vereshchaka S. dependencies the greatest influence on the elastic characteristics of which has a parameter ψ_1 . It is the fiber area ratio in the cross-sectional plane along the longitudinal direction. This parameter is varied within the permitted limits to obtain data on the effect of elastic characteristics on the strength of the threaded joint in the reinforced composite. The basic parameters of the threaded joint are chosen according to a specific scheme, which is suitable for a full factorial experiment according to the classical execution scheme. The construction of the matrix of the full factor experiment is implemented at two levels by three factors. Thus, the type 2³ matrix was implemented. The thread depth t is varied within $0.5 \leq t \leq 1.0$, the thread pitch p – within $1.0 \leq p \leq 4.0$ and parameter ψ_1 – within $0.1 \leq \psi_1 \leq 0.7$. As a result of the study, it has been obtained that the maximum strength is for a threaded joint with the following basic geometric parameters: the thread pitch $p = 4$ mm, and the thread depth of the profile $t = 0.8$ mm, the value of the relative volumetric content of the reinforcement in the longitudinal layer direction $\psi_1 = 0.7$. So that the maximum force, which joint can withstand, is up to $R_{max} = 22.5$ kN.

Keywords: fibre-reinforced composite materials; detachable rope threaded joint; simulations; strength; rope thread; elastic characteristics

Вступ. Постановка проблеми

Сучасні потреби машинобудування і технічно передових галузей виробництва вимагають широкого

використання нових матеріалів. Застосування нових матеріалів у машинобудуванні дозволяє вивести виробництво на якісно новий рівень і підвищити його ефективність. У той самий час складання деталей

машин потребує великої кількості роз'ємних з'єднань, оброблення поверхонь яких мало досліджене, тому на цьому етапі розвитку використовують в основному нероз'ємні з'єднання деталей, виготовлених з армованих композиційних матеріалів (АКМ). Проведення досліджень, пов'язаних із формоутворенням поверхонь роз'ємних з'єднань деталей машин, дозволяє розширити використання армованих композитів у машинобудуванні. На сьогоднішній день, більшість досліджень проводять для визначення напружено-деформованого стану класичних нероз'ємних з'єднань деталей з АКМ, таких як болтові, заклепкові, клейові, детально результати деяких із них описані в працях [1-3].

Що ж стосується роз'ємних з'єднань деталей, виготовлених з АКМ то найбільш застосовуваними є гвинтові з'єднання, які мають свою специфіку виготовлення та застосування, але сама конструкція цього типу з'єднання являється роз'ємною [4].

Цей тип з'єднання деталей, виготовлених з армованих композитів, реалізується або за допомогою виготовлення різьби на поверхнях з'єднуваних деталей, або за допомогою розміщення в деталях з АКМ металевих кріпильних вставок в яких уже виконана різьба, через яку й відбувається подальше з'єднання. Конструкція різьби, якщо вона формоутворюється на деталі з армованого композита (її діаметр і профіль), відрізняється від конструкції стандартних типів різьб [5], а це, у свою чергу викликає додаткові труднощі під час її виготовлення. Саме тому більшість конструкцій, виготовлених з армованих композиційних матеріалів, що передбачають сполучення елементів за допомогою різьби, з'єднуються за допомогою металевих елементів з виконаною в них різьбою, які в подальшому заформовуються в цей матеріал.

Останніми роками була опублікована велика кількість наукових праць присвячених дослідженню різьбових вставок, заформованих в АКМ, на міцність. Серед яких L. Adam у роботі [6] провів експериментально-числове дослідження міцності цих вставок, заформованих у різні типи армованих композиційних матеріалів. Із його дослідження одержана залежність між результатами моделювання та експериментальними даними з точки зору кривих навантажень і прогнозування руйнування.

У науковій праці [7] проведено експериментально-числове дослідження різних типів руйнування склопластику в місцях заформовування вставок залежно від типу використовуваної матриці (епоксидної смоли). Аналогічне дослідження було проведене в роботі [8], але в цьому разі використовували композиційний матеріал, армований вуглецевими волокнами.

Що стосується дослідження міцності гвинтового з'єднання зі спеціальним профілем, в якому гвинтова поверхня формоутворюється на деталях з АКМ, то на сьогодні вони залишаються мало дослідженими. У роботі [9] авторами, було

проведено моделювання напружено-деформованого стану гвинтового з'єднання із круглою різьбою методом скінчено елементного аналізу, було встановлено, що отримані в результаті показники міцності на досить високому рівні. У свою чергу практична перевірка результатів описана авторами в роботі [10], в результаті якої були підтвердженні отримані при моделюванні високі показники міцності роз'ємного гвинтового з'єднання із круглою різьбою.

За рахунок того, що практична перевірка, підтвердила адекватність моделі запропонованої авторами в роботі [9], було вирішено провести дослідження впливу пружних характеристик армованого композиційного матеріалу на міцність гвинтового з'єднання з круглою різьбою із використанням імітаційної моделі з'єднання в системі скінчено елементного аналізу LS-DYNA.

Мета роботи

Дослідження впливу пружних характеристик армованого композиційного матеріалу на міцність гвинтового з'єднання з круглою різьбою із використанням імітаційної моделі з'єднання в системі скінчено елементного аналізу LS-DYNA.

Викладення основного матеріалу

Згідно з розрахунковими залежностями С. М. Верещаки в науковій праці [11] для односпрямованого ортотропного матеріалу найбільший вплив на пружні характеристики армованого композиту має параметр ψ_1 – відносна площа арматури в площині перерізу в поздовжньому напрямку, методика визначення якого за ASTM D3171-15 [12].

На основі адекватності запропонованої в роботі [9] імітаційної моделі авторами було вирішено провести дослідження впливу відносної площі арматури в площині перерізу в поздовжньому напрямку ψ_1 на несучу здатність гвинтового з'єднання з круглою різьбою (профіль різьби із зазначенням основних параметрів наведений на рис. 1).

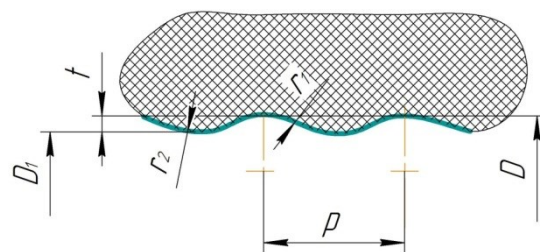


Рис. 1 – Основні параметри круглої внутрішньої різьби (p – крок різьби, t – глибина профілю, зовнішній D і внутрішній D_1 діаметри різьби та r_1 і r_2 – радіуси вершин і западин профілю відповідно)

Для проведення зазначеного моделювання, основні параметри гвинтового з'єднання для проведення дослідження вибирали за конкретною схемою, яка підходить для повного факторного експерименту за класичною схемою його виконання. У нашому випадку побудова матриці повного факторного експерименту була реалізована на двох рівнях за трьома факторами. Таким чином була реалізована матриця типу 2³. У зазначеному дослідженні глибина профілю різьби *t* змінювалася в межах 0,5 ≤ *t* ≤ 1,0, крок різьби *p* – у межах 1,0 ≤ *p* ≤ 4,0, а параметр ψ_1 – в межах 0,1 ≤ ψ_1 ≤ 0,7. Далі на підставі розрахункових залежностей С. М. Верещаки [13] були одержані пружні характеристики для відповідного значення відносної площі арматури в площині перерізу в поздовжньому напрямку ψ_1 , наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Пружні характеристики армованого матеріалу при зміні параметра ψ_1

$\psi_1 = 0,1$		
$E_1 = E_x$, ГПа	$E_2 = E_y$, ГПа	$E_3 = E_z$, ГПа
9,27	9,27	5,57
$\nu_{21} = \nu_{yx}$	$\nu_{31} = \nu_{zx}$	$\nu_{32} = \nu_{zy}$
0,20	0,26	0,26
$G_{12} = G_{xy}$, ГПа	$G_{23} = G_{yz}$, ГПа	$G_{31} = G_{zx}$, ГПа
1,82	1,67	1,67
$\psi_1 = 0,4$		
$E_1 = E_x$, ГПа	$E_2 = E_y$, ГПа	$E_3 = E_z$, ГПа
22,30	22,30	9,84
$\nu_{21} = \nu_{yx}$	$\nu_{31} = \nu_{zx}$	$\nu_{32} = \nu_{zy}$
0,11	0,19	0,19
$G_{12} = G_{xy}$, ГПа	$G_{23} = G_{yz}$, ГПа	$G_{31} = G_{zx}$, ГПа
3,43	2,37	2,37
$\psi_1 = 0,7$		
$E_1 = E_x$, ГПа	$E_2 = E_y$, ГПа	$E_3 = E_z$, ГПа
38,89	38,89	19,19
$\nu_{21} = \nu_{yx}$	$\nu_{31} = \nu_{zx}$	$\nu_{32} = \nu_{zy}$
0,10	0,21	0,21
$G_{12} = G_{xy}$, ГПа	$G_{23} = G_{yz}$, ГПа	$G_{31} = G_{zx}$, ГПа
8,21	4,00	4,00

Моделювання відбувалося методом скінченно-елементного аналізу з використанням імітаційної моделі, розробленої в роботі [9], зі зміною основних параметрів геометрії гвинтового з'єднання із круглою різьбою та армованого матеріалу відповідно до плану експерименту (табл. 2), в результаті були одержані значення максимальної сили для кожного конкретного випадку, занесені до табл. 2.

Залежність максимальної сили гвинтового з'єднання з круглою різьбою від основних параметрів геометрії та від пружних характеристик подана у вигляді формули (1), коефіцієнти якого одержані методом найменших квадратів за рахунок мінімізації функціонала:

$$R_{\max} = 4,54tp\psi_1 - 89,74t^2 - 0,77tp - 15,38t\psi_1 - 3,8p\psi_1 + 138,44t + 1,09p + 26,53\psi_1 - 42,78. \quad (1)$$

Таблиця 2 – План матриця експерименту, та значення максимальної сили отримані в результаті експерименту

№	x_1	x_2	x_3	<i>t</i>	<i>p</i>	ψ_1	R_{\max} , кН
1	-	-	-	0,5	1,0	0,1	6,45
2	+	-	-	1,0	1,0	0,1	7,44
3	-	+	-	0,5	4,0	0,1	8,12
4	+	+	-	1,0	4,0	0,1	8,64
5	-	-	+	0,5	1,0	0,7	16,84
6	+	-	+	1,0	1,0	0,7	14,58
7	-	+	+	0,5	4,0	0,7	15,76
8	+	+	+	1,0	4,0	0,7	17,12
9	0	0	0	0,75	2,5	0,4	17,48

Для одержання значення основних геометричних параметрів та пружних характеристик, за яких показники міцності будуть найвищими, необхідно знайти екстремуми функції (1). Провівши відповідні розрахунки, були визначені екстремуми функції. Відповідно до розрахунків максимальні показники міцності будуть для гвинтового з'єднання з такими основними геометричними параметрами: значення кроку різьби – *p* = 4 мм, а значення глибини профілю різьби – *t* = 0,8 мм, значення відносної площі арматури в площині перерізу в поздовжньому напрямку $\psi_1 = 0,7$.

На рис. 2 наведені графіки функції (1) залежності максимальної несучої здатності з'єднання від основних геометричних параметрів круглої різьби *p* – кроку різьби, та *t* – глибини профілю різьби і від значення відносної площі арматури в площині перерізу в поздовжньому напрямку ψ_1 (що максимально впливає на показники пружних характеристик армованого матеріалу). Графіки виконані у середовищі програмного продукту MatLab для демонстрації всіх допустимих значень одержаної функції.

Отримані графіки наглядно ілюструють, що максимальні показники міцності будуть для гвинтового з'єднання з такими основними геометричними параметрами: значення кроку різьби – *p* = 4 мм, а значення глибини профілю різьби – *t* = 0,8 мм, значення відносної площі арматури в площині перерізу в поздовжньому напрямку $\psi_1 = 0,7$.

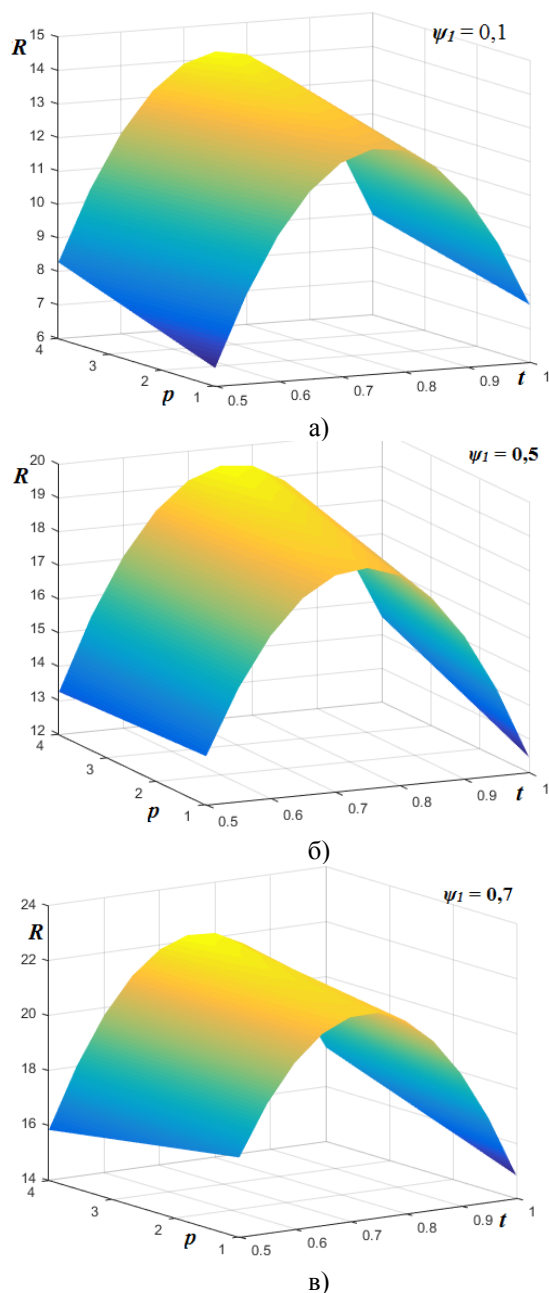


Рис. 2 – Графіки залежності максимальної сили (несучої здатності з'єднання) від основних геометричних параметрів (p , t) та від показника відносної площі арматури в площині перерізу в поздовжньому напрямку (ψ_1): а) $\psi_1=0,1$; б) $\psi_1=0,5$; в) $\psi_1=0,7$

Висновки

На підставі адекватності імітаційної моделі роз'ємного гвинтового з'єднання з круглою різьбою, в деталях, виготовлених з армованих композиційних матеріалів, (докладно про дану імітаційну модель описано в науковій праці [9]) авторами, було проведено дослідження впливу основних геометричних параметрів круглої різьби та пружних характеристик армованого композита, через параметр

ψ_1 – відносний об'ємний вміст арматури шару в поздовжньому напрямку на значення максимальної сили, яке витримає з'єднання (його несучої здатності).

В результаті дослідження отримали, що максимальні показники міцності будуть для гвинтового з'єднання з такими основними геометричними параметрами: значення кроку - $p = 4$ мм, а значення глибини профілю різьби - $t = 0,8$ мм, значення відносного об'ємного вмісту арматури шару в поздовжньому напрямку - $\psi_1=0,7$. Це значення приблизно складатиме $R_{max} = 22,5$ кН.

Список літератури

- Schürmann H. Konstruieren mit Faser-Kunststoff Verbunden. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. Ausgabe. 2007. № 2. URL: <https://www.springer.com/de/book/9783540721895> (дата звернення: 22.02.2019).
- Marannano G. Zuccarello B. Numerical experimental analysis of hybrid double lap aluminum-CFRP joints. *Compos. B. Eng.* 2015. № 71. P. 28-39. doi: 10.1016/j.compositesb.2014.11.025.
- Rhee K. Y. Yang H. A. A study on the peel and shear strength of aluminum / CFRP composites surface-treated by plasma and ion assisted reaction method. *Compos. Sci. Technol.* 2003. № 63 (1). P. 33-40. doi: 10.1177/0021998316636458.
- Sen F., Kemal A. Effects of Using Different Metal Materials on Stresses in Metal-Composite Hybrid Joints. *Cankaya University Journal of Science and Engineering (CUJSE)*, 2011. Vol. 8. № 1. P. 1-13.
- Воробей В. В. Сироткин О. С. *Соединения конструкций из композиционных материалов*. Л.: Машиностроение, 1985. 168 с.
- Adam L., Buvet C., Castanié B., Daidié A., Bonhomme E. Discrete ply model of circular pull-through test of fasteners in laminates. *Compos. Struct.* 2012. №94(10). P 18-32. doi: 10.1016/j.compstruct.2012.05.008.
- Catalanotti G., Camanho P. P., Ghys P., Marquez A. T. Experimental and numerical study of fastener pull-through failure in GFRP laminates. *Compos. Struct.* 2011. №94(1). P 28-38. doi: 10.1016/j.compstruct.2011.06.021.
- Elder D. J., Verdaasdonk A. H., Thomson R. S., Fastener pull-through in a carbon fibre epoxy composite joint. *Compos. Struct.* 2008. № 86. P. 1-3. doi: 10.1016/j.compstruct.2008.03.041.
- Довгополов А. Ю., Некрасов С. С., Жигилій Д. О. Моделивання напружено-деформованого стану роз'ємного з'єднання в деталях з армованих композиційних матеріалів методом СЕА. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. Харків: НТУ «ХПІ»*. 2019. № 5 (1330). С. 10-17. doi: 10.20998/2413-4295.2019.05.02.
- Довгополов А. Ю., Некрасов С. С. Дослідження міцності роз'ємного різьбового з'єднання з великим кроком у деталях з армованих композиційних матеріалів. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. Харків: НТУ «ХПІ»*. 2018. № 16 (1292). С. 22-26. doi: 10.20998/2413-4295.2018.16.04.
- Верещака С. М. Упругие постоянные и обобщенные характеристики жесткости материала слоистой структуры. *Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч.*

тр. Темат. вып.: Динамика и прочность машин. Харьков : НТУ «ХПИ». 2008. № 36. С. 29-40.

12. ASTM D3171-15, Standard Test Methods for Constituent Content of Composite Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.
13. Верещака С. М. *Механіка композиційних матеріалів: навчальний посібник*. Суми : Вид-во СумДУ, 2013. 160 с.

References (transliterated)

1. Schürmann H. Konstruieren mit Faser-Kunststoff Verbunden. *Springer-Verlag*, 2007, no. 2. Available at: <https://www.springer.com/de/book/9783540721895> (Accessed: 22 February 2019).
2. Marannano G. Zuccarello B. Numerical experimental analysis of hybrid double lap aluminum-CFRP joints. *Compos. B. Eng.*, 2015, Vol. 71, pp. 28-39, doi: 10.1016/j.compositesb.2014.11.025.
3. Rhee K. Y. Yang H. A. A study on the peel and shear strength of aluminum / CFRP composites surface-treated by plasma and ion assisted reaction method. *Compos. Sci. Technol.*, 2003, Vol. 63 (1), pp. 33-40, doi: 10.1177/0021998316636458.
4. Sen F., Kemal A. Effects of Using Different Metal Materials on Stresses in Metal-Composite Hybrid Joints. *Cankaya University Journal of Science and Engineering (CUJSE)*, 2011, Vol. 8(1), pp. 1-13.
5. Vorobey V. V. Sirotkin O. S. *Soedineniya konstrukcij iz kompozicionnykh materialov* [Construction joints in composite materials] L., Engineering, 1985. 168 p.
6. Adam L., Buvet C., Castanié B., Daidié A., Bonhomme E. Discrete ply model of circular pull-through test of fasteners in laminates. *Compos. Struct.* 2012, no. 94(10), pp. 18-32, doi: 10.1016/j.compstruct.2012.05.008.
7. Catalanotti G., Camanho P. P., Ghys P., Marquez A. T. Experimental and numerical study of fastener pull-through failure in GFRP laminates. *Compos. Struct.*, 2011, no. 94(1), pp. 28-38, doi: 10.1016/j.compstruct.2011.06.021.
8. Elder D. J., Verdaasdonk A. H., Thomson R. S., Fastener pull-through in a carbon fibre epoxy composite joint. *Compos. Struct.* 2008, no. 86, pp. 1-3, doi: 10.1016/j.compstruct.2008.03.041.
9. Dovhopolov A. Y., Nekrasov S. S., Zhyhylii D. O., *Modeliuvannia napruzhenno-deformovanoho stanu roziemnoho ziednannia v detaliakh z armovanykh kompozytsiinykh materialiv metodom SEA* [Strain-stress states simulation of detachable joint for reinforced composites by FEM] *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Seriya: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh, 2019, no. 5 (1330), pp. 10-17. doi: 10.20998/2413-4295.2019.05.02.
10. Dovhopolov A. Y., Nekrasov S. S. *Doslidzhennia mitsnosti roziemnoho rizbovoho ziednannia z velykym krokom u detaliakh z armovanykh kompozytsiinykh materialiv* [Research into strength of the thread detached connection with a large pitch of thread in designs made of reinforced composite material] *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Seriya: Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh, 2018, no. 16 (1292), pp. 22-26. doi: 10.20998/2413-4295.2018.16.04.
11. Vereschaka S. M. *Uprugie postoyannye i obobshchennye harakteristiki zhestkosti materiala sloistoy strukturyi* [Elastic constant and generalized characteristics of the stiffness of the material of the layered structure] *Vestnik Nats. tehn. un-ta «HPI»: sb. nauch. tr. Temat. vyip.: Dinamika i prochnost mashin*, 2008, no. 36, pp. 29-40.
12. ASTM D3171-15, Standard Test Methods for Constituent Content of Composite Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.
13. Vereschaka S. M. *Mekhanika kompozytsiinykh materialiv : navchalnyi posibnyk* [Mechanics of composite materials], Sumy, Edition SumDU, 2013. 160 p.

Відомості про авторів (About authors)

Довгополов Андрій Юрійович – викладач, Сумський державний університет, кафедра Технологія машинобудування верстати та інструменти (ТМВІ), м. Суми, Україна; e-mail: d_a_y_@ukr.net.

Andriy Dovgopolov – lecturer, Sumy State University, postgraduate Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools, Sumy, Ukraine; e-mail: d_a_y_@ukr.net.

Некрасов Сергій Сергійович – кандидат технічних наук, Сумський державний університет, доцент кафедри Технологія машинобудування верстати та інструменти (ТМВІ), м. Суми, Україна; e-mail: nekrasovss@gmail.com.

Sergiy Nekrasov – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Associate Professor, Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools, Sumy, Ukraine, e-mail: nekrasovss@gmail.com.

Жигилій Дмитро Олексійович – кандидат технічних наук, Сумський державний університет, старший викладач кафедри Загальної механіки та динаміки машин (ЗМ і ДМ), м. Суми, Україна, e-mail: zhigiliy.d@gmail.com.

Dmytro Zhyhylii – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Associate Professor, Department of General Mechanics and Dynamics of Machines, Sumy, Ukraine; e-mail: zhigiliy.d@gmail.com.

Будь ласка, посилайтеся на цю статтю наступним чином:

Довгополов А. Ю., Некрасов С. С., Жигилій Д. О. Дослідження впливу пружних характеристик армованого композиційного матеріалу на міцність гвинтового з'єднання з круглою різьбою. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПИ». 2020. № 1 (3). С. 19-24. doi:10.20998/2413-4295.2020.03.03.

Please cite this article as:

Dovgopolov A., Nekrasov S., Zhyhylii D. Research on effect of fiber reinforced composite material's elastic characteristics on strength of rope threaded joint. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 1 (3), pp. 19-24, doi:10.20998/2413-4295.2020.03.03.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Довгополов А. Ю., Некрасов С. С., Жигилий Д. О. Исследование влияния упругих характеристик армированного композиционного материала на прочность винтового соединения с круглой резьбой. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 1 (3). С. 19-24. doi:10.20998/2413-4295.2020.03.03.

АННОТАЦИЯ С целью исследования влияния упругих характеристик армированного композиционного материала на прочность разъемного винтового соединения с круглой резьбой, был проведенный комплекс экспериментов из его определения. Поскольку, предложенная в научном труде [9] конечно-элементная имитационная модель разъемного винтового соединения с круглой резьбой, была подтверждена экспериментальным исследованием (более детально [10]), было решено использовать ее, для исследования влияния упругих характеристик армированного композита на прочность представленного винтового соединения с круглой резьбой. Исследование проводилось с использованием имитационной модели винтового соединения в системе закончено элементного анализа LS - DYNA. В нашем случае армированный материал считался, однонаправленным ортотропным материалом, для которого согласно расчетным зависимостям С. М. Верещак [11] наибольшее влияние на упругие характеристики которого имеет параметр ψ_1 - относительная площадь арматуры в плоскости перереза в продольном направлении, именно ее было решено изменять в разрешенных пределах, чтобы получить данные о влиянии упругих характеристик на прочность винтового соединения в армированном композите. Основные параметры винтового соединения для проведения исследования выбирали по конкретной схеме, которая подходит для полного факторного эксперимента по классической схеме его выполнения. В нашем случае построение матрицы полного факторного эксперимента было реализовано на двух уровнях за тремя факторами. Таким образом была реализованная матрица типа 2^3 . В отмеченном исследовании глубина профиля резьбы t изменялась в пределах $0,5 \leq t \leq 1,0$, шаг резьбы p - в пределах $1,0 \leq p \leq 4,0$, а параметр ψ_1 - в пределах $0,1 \leq \psi_1 \leq 0,7$. В результате проведенного в работе исследования получили, что максимальные показатели прочности будут для винтового соединения с такими основными геометрическими параметрами: значение шага $p = 4$ мм, а значение глубины профиля резьбы $t = 0,8$ мм, значение относительного объемного содержания арматуры слоя в продольном направлении $\psi_1 = 0,7$. Значение максимальной силы, которую выдержит соединение с основными параметрами, отмеченными выше, будет следующим $R_{max} = 22,5$ кН.

Ключевые слова: армированные композиционные материалы (АКМ); разъемное винтовое соединение; моделирование; прочность; круглая резьба; упругие характеристики

Надійшла (received) 22.02.2020