

Юліана Гупало¹, Іван Бельмас², Олена Білоус³, Ганна Танцура⁴

¹аспірантка кафедри технології машинобудування та зварювання
Дніпровський державний технічний університет (Кам'янське, Україна)

E-mail: uliana.gupalo@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7906-5402>

²доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування та зварювання
Дніпровський державний технічний університет (Кам'янське, Україна)

E-mail: belmas09@meta.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2112-0303>

³кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри галузеве машинобудування
Дніпровський державний технічний університет (Кам'янське, Україна)

E-mail: bilouselena66@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6398-8843>

⁴кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Галузеве машинобудування
Дніпровський державний технічний університет (Кам'янське, Україна)

E-mail: hannaivan71@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8672-1153>

АНАЛІЗ ДОПУСТИМИХ ВІДХИЛЕНЬ ВУЗЛІВ ПРИЄДНАННЯ ВАНТОВОГО КАНАТУ ДО СПОРУДИ

На основі метода механіки шаруватих композитних матеріалів була створена модель, яка здатна оцінити вплив дефектів приєднання канату до залізобетонного покриття будівлі на його напружено деформований стан. Отримані розрахунки дають можливість визначити допустиму похибку приєднання кінців канату до споруди, що суттєво сприяє підвищенню безпеки експлуатації загалом. Вони надають можливість визначити допустиму похибку приєднання кінців канату до споруди та сприяють підвищенню безпеки експлуатації останньої. Результати отримані методами механіки композитних матеріалів з використанням моделювання в системі Mathcad, що дозволяє вважати їх достатньо достовірними.

Ключові слова: допустимі відхилення; напружено-деформований стан; вантовий канат; кут повороту; внутрішні сили навантаження.

Бібл.: 15.

Актуальність теми досліджень. Одним із напрямів сучасного капітального будівництва є зменшення витрат на виготовлення будівельної продукції та підвищення надійності її основних елементів. Для скорочення термінів виробництва виготовлення конструкцій здійснювати з плоских залізобетонних елементів з'єднаних у просторову конструкцію вантами.

Постановка проблеми. Зменшення кількості часу на виробництво основних елементів будівництва дозволяє створити матеріали незначної маси для перекриття із зазначеними розмірами у плані споруд. Проте неодмінно постає завдання прорахунку проектних вузлів приєднання вантових канатів до будівельних блоків, щоб вирішити питання надійності та довготривалості експлуатації споруд.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Залізобетонні конструкції з покриттям вантових канатів є збірною схемою [1], тому основна увага повинна приділятися розрахункам з'єднувальних вузлів та елементів між собою. Більшість сучасних досліджень проводиться стосовно напружено-деформованого стану конструкції [2; 3] та навантаження окремих елементів [4]. Вивчається також застосування в залізобетонних конструкціях плоских покриттів [5-7].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проведений аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що питання розрахунку вузлів приєднання вантових канатів до залізобетонних елементів є недостатньо визначеним та таким, що потребує ретельного вивчення.

Метою статті є розробка методики визначення допустимих відхилень від проектних вузлів приєднання, вплив дефектів на напружено-деформований стан вантових канатів на основі теоретичних досліджень для підвищення міцності будівельних матеріалів і будівельних конструкцій загалом.

Виклад основного матеріалу. Згідно з тим, що з'єднувальними елементами слугують вантові канати необхідно збільшити експлуатаційний термін їх використання. Для цього, на нашу думку, необхідно захистити його структуру від корозії, тобто факторів агресивного впливу навколишнього середовища. Реалізація цього можлива шляхом розміщення його в еластичну оболонку, матеріалом якої буде поліуретан, гума або інші еластичні матеріали. Тяговим елементом такого канату має бути трос. Троси виготовляють з дротів, тому зменшення діаметра дроту супроводжується зростанням межі міцності тросу, за рахунок збільшення кількості дротів у тросі. Плоскі гумотросові канати гнучкі та постачаються намотаними в декілька шарів. Вантовий канат можна виготовити на місці його монтажу шляхом склеювання в декілька шарів шматків гумотросових канатів. Конструкція двошарового гумотросового канату обґрунтована в роботі [8].

Практично було доведено, що термін роботи гумотросових канатів зрівноважування перевищує такий термін для звичайних канатів у 6 разів [8]. Вплив умов використання гумотросових канатів та стрічок на їх напружено-деформований стан (НДС) достатньо повно досліджені в роботах [9-15].

Відповідно до технології виготовлення троси канату скручуються. З метою врівноважування моменту скручування канату кількість тросів у ньому парна. Троси різного напрямку скручування розташовані почергово. Канат складений із системи паралельних, регулярно розташованих в декількох площинах – тросів. Оболонка канату практично не деформується в напрямку, нормальному тросам. Вона деформується практично лише на зсув у напрямку тросів. Напруження в елементах канату в межах допустимих навантажень прямо пропорційні деформаціям. Розміри вузла приєднання канату до споруди малі відносно розмірів канату.

Відхилення місця розташування вузлів приєднання канату до конструкції призводить до повороту осі канату відносно положення передбаченого проектом. Відхилення пов'язане з поворотом вузла приєднання теж призводить до того самого наслідку. Поворот осі канату відносно проектного розташування можна вважати критерієм оцінки точності монтажу вантового канату. Відхилення місця розташування вузлів приєднання канату до конструкції приводить до повороту осі канату відносно положення передбаченого проектом. Відхилення пов'язане з поворотом вузла приєднання теж призводить до того самого наслідку. Поворот осі канату відносно проектного розташування можна вважати критерієм оцінки точності монтажу вантового канату.

Поворот канату відносно вузла приєднання в загальному випадку можна розглядати як поворот у площині канату та за межами його площини. Лінійність задачі дозволяє розглядати окремо кожен із цих згинів. Структурна схожість побудови перерізу канату у двох напрямках дозволяє знайти рішення для одного з двох можливих згинів канату.

Приймемо такі спрощення. Троси в канаті не вагомні, регулярно паралельно розташовані в обмеженому просторі, абсолютно жорсткі на згин, взаємодіють через пружне середовище, у якому виникають лише напруження зсуву. Деформування елементів канату відбувається в межах закону Гука. Канат не вагомий, навантажений силою спрямованою вздовж осі канату. Усі шари мають однакову кількість тросів. Усі троси, що розташовані в площинах нормальних до площини згину, деформуються однаково, згідно цього приймаємо, що вантовий канат одношаровий. Переміщення, внутрішні сили, навантаження тросів канату з розташуванням тросів в одному шарі визначимо за залежностями [7]:

$$u_i = \sum_{m=1}^{M-1} (A_m e^{\beta_m x} + B_m e^{-\beta_m x}) \cos(\mu_m(i-0,5)) + \frac{D_0}{EF} + \chi; \quad (1)$$

$$p_i = EF \sum_{m=1}^{M-1} (A_m e^{\beta_m x} - B_m e^{-\beta_m x}) \beta_m \cos(\mu_m(i-0,5)) + D, \quad (2)$$

де A_m , B_m , χ – сталі величини; E , F – зведений модуль пружності троса на розтяг та площа його перерізу; D – зусилля що припадає на трос канату; i – номер тросу ($1 \leq i < M^j$); μ_m , β_m – характеристичні показники;

$$\beta_m = \sqrt{2 \frac{G k_G b}{h E F} (1 - \cos(\mu_m))}; \mu_m = \frac{\pi m}{M},$$

де $b=1$ – крок розташування шарів тросів в канаті; h – відстань поміж тросами; G – модуль зсуву матеріалу оболонки канату; k_G – коефіцієнт що враховує вплив форми гуми поміж тросами на жорсткість при взаємному зсуві суміжних тросів.

Відомі переміщення тросів, їх взаємні відстані в канаті дозволяють визначати значення максимальних тангенсів кутів зсуву гуми поміж тросами.

$$\gamma_i^J = \frac{u_i^J - u_{i+1}^J}{h}, \quad (1 \leq i \leq M^J - 1).$$

Нехай кути нахилу обох кінців канату за абсолютними значеннями рівні – відповідають максимально допустимому куту. Тангенс допустимого кута γ . Гранична умова:

$$x = \pm \frac{L}{2}; u_i = \pm \gamma \left(i - \frac{M}{2} \right) (h + d). \quad (3)$$

Задамо (3) як функцію на осі номерів тросів.

$$u_i = \pm \gamma (h + d) \frac{2}{M-1} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{j=1}^M j \cos(\mu_m (j-0,5)) \cos(\mu_m (i-0,5)). \quad (4)$$

Підставимо (4) в (1). Отримаємо

$$A_m = \pm \gamma (h + d) \frac{2}{(M-1) e^{\beta_m \frac{L}{2}}} \sum_{j=1}^M j \cos(\mu_m (j-0,5)) - B_m e^{-\beta_m L}, \quad (5)$$

$$\chi = - \frac{P L}{2 E F}. \quad (6)$$

Врахуємо (5) та (6). Тоді отримаємо:

$$p_i = E F \sum_{m=1}^{M-1} \left(\begin{array}{l} \left(\pm \gamma (h + d) \frac{2 e^{-\beta_m \frac{L}{2}}}{(M-1)} \sum_{j=1}^M j \cos(\mu_m (j-0,5)) e^{\beta_m x} \right) \times \\ \left(-B_m (e^{-\beta_m x} + e^{-\beta_m L} e^{\beta_m x}) \right) \end{array} \right) + P, \quad (7)$$

$$u_i = \sum_{m=1}^{M-1} \left(\begin{array}{l} \left(\pm \gamma (h + d) \frac{2 e^{\beta_m x}}{(M-1) e^{\beta_m \frac{L}{2}}} \sum_{j=1}^M j \cos(\mu_m (j-0,5)) + \right) \times \\ \left(+B_m (e^{-\beta_m x} - e^{-\beta_m L} e^{\beta_m x}) \right) \end{array} \right) + \frac{P \left(x - \frac{L}{2} \right)}{E F}. \quad (8)$$

Деформування перерізу $x=0$ залежні від сполучення знаків напрямку кута нахилу осі канату до проєктного. У разі протилежних напрямів поворотів плоский нормальний переріз канату до навантаження залишається плоским і після навантаження. Цьому випадку відповідає така умова, коли

$$x=0 \quad u_i = const. \quad (9)$$

У випадку однакових напрямів поворотів обох кінців канату маємо умову, коли

$$x=0 \quad p_i = const. \quad (10)$$

З умови (9) та виразу переміщень (8) маємо значення вектору невідомих сталих для випадку протилежних напрямів поворотів перерізів приєднання канату до споруди.

$$B_m = \mp \frac{2 \gamma (h+d) \sum_{j=1}^M j \cos(\mu_m (j-0,5))}{(M-1)(1-e^{-\beta_m L}) e^{\beta_m \frac{L}{2}}}. \quad (11)$$

Відповідно, вирази розподілу сил (7) та (8) переміщень набувають наступних форм.

$$p_i = \pm 2\gamma E F \frac{(h+d)}{(M-1)} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{j=1}^M \left(\begin{array}{l} \sum_{j=1}^M j \cos(\mu_m (j-0,5)) e^{-\beta_m \frac{L}{2}} \times \\ \times \left(e^{\beta_m x} + \frac{(e^{-\beta_m x} + e^{-\beta_m L} e^{\beta_m x})}{(1-e^{-\beta_m L})} \right) \times \\ \times \beta_m \cos(\mu_m (i-0,5)) \end{array} \right) + P, \quad (12)$$

$$u_i = \pm 2\gamma \frac{(h+d)}{(M-1)} \sum_{m=1}^{M-1} \left(\begin{array}{l} \sum_{j=1}^M j \frac{\cos(\mu_m (j-0,5))}{e^{\beta_m \frac{L}{2}}} \times \\ \times \left(e^{\beta_m x} + \frac{(e^{-\beta_m x} - e^{-\beta_m L} e^{\beta_m x})}{(1-e^{-\beta_m L})} \right) \times \\ \times \cos(\mu_m (i-0,5)) \end{array} \right) + \frac{P \left(x - \frac{L}{2} \right)}{E F}. \quad (13)$$

Для випадку однакових напрямів поворотів обох кінців канату (10), значення вектора сталих:

$$B_m = \mp \gamma (h+d) \frac{2 \sum_{j=1}^M j \cos(\mu_m (j-0,5))}{(M-1)(1+e^{-\beta_m L}) e^{-\beta_m \frac{L}{2}}}, \quad (14)$$

Порівняння (11) та (14) показує, що за різних граничних умов значення вектора B_m визначене за виразом (14) менше, ніж визначене вище за (11). Відповідно, за абсолютними значеннями, переміщення тросів та сили їх навантаження більші в разі протилежних напрямів поворотів кінців приєднання канату до споруди.

Дефекти приєднання вантового канату спричиняють локальне збурення напружено-деформованого стану. Екстремальних значень напруження набувають в перерізі дії чинника що спричинив збурення. Таким чинником є подовження тросів. Найбільше подовження мають крайні троси шарів. Для крайнього (першого) троса й визначимо допустимий тангенс повороту $[\gamma]$ кінця вантового канату з умови міцності його тросів та еластичного прошарку. Знак напрямку повороту опустимо.

$$[\gamma] \leq \frac{[P] - P}{2EF \frac{(h+d)}{(M-1)} \sum_{m=1}^{M-1} \sum_{j=1}^M \left(\sum_{j=1}^M j \cos(\mu_m(j-0,5)) + \frac{2}{(1-e^{-\beta_m L})} \right) e^{-\beta_m \frac{L}{2}} \times \left(e^{\beta_m \frac{L}{2}} \beta_m \cos\left(\frac{\mu_m}{2}\right) \right)}, \quad (15)$$

$$[\gamma] \leq \frac{[\Delta](M-1)}{2 \sum_{m=1}^{M-1} \left(\sum_{j=1}^M j \cos(\mu_m(j-0,5)) \left(\cos\left(\frac{\mu_m}{2}\right) - \cos\left(\frac{3\mu_m}{2}\right) \right) \right)}, \quad (16)$$

де $[P]$ – допустиме навантаження на один трос канату, $[\Delta]$ – допустимий зсув еластичного матеріалу розташованого поміж тросами.

Висновки. Методом механіки шаруватих композитних матеріалів побудована модель у замкненій формі, побудовані рішення. Встановлено вплив дефектів його приєднання до залізобетонного покриття будівлі на напружено деформований стан вантового канату. Сформульовані вирази для визначення допустимого повороту перерізу приєднання канату до будівельної конструкції. Уточнено механізм впливу характеру приєднання канату до споруди на його напружено-деформований стан.

Кут повороту приєднання канату до споруди впливає на його напружено-деформований стан. Внаслідок розрахунку складання похибок відхилення вузлів приєднання залізобетонного покриття, протилежні напрями поворотів перерізів канату свідчать, що дані конструкції є більш небезпечні. Отримано вирази для визначення допустимих відхилень вузлів приєднання вантового канату до будівельної конструкції. Вони надають можливість визначати допустиму похибку приєднання кінців канату до споруди та сприяють підвищенню безпеки експлуатації останньої. Результати отримані методами механіки композитних матеріалів з використанням моделювання в системі Mathcad, що дозволяє вважати їх достатньо достовірними.

Список використаних джерел

1. Стороженко Л. І. Дослідження напруженого стану елементів вузлових з'єднань структурно-вантових сталезалізобетонних покриттів на основі результатів моделювання умов їх роботи / Л. І. Стороженко // Містобудування та територіальне планування. – 2016. – № 61. – С. 343-345.
2. Гасій Г. М. Напружено-деформований стан структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій покриття / Г. М. Гасій // Проблеми сучасного будівництва : матеріали Всеукраїнської інтернет-конференції молодих учених і студентів. – Полтава, 2012. – С. 121-122.
3. De Sousa Jr. J. B. Numerical analysis of composite steel-concrete columns of arbitrary cross section / De Sousa Jr. J. B., Caldas R. B. // Journal of structural engineering. – 2005. – Vol. 131, № 11. – Pp. 1721–1730.
4. Storozhenko L.I Experimental research of strain-stress state of ferrocement slabs of composite reinforced concrete structure elements / L. I. Storozhenko, G. M. Gasii // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – Vol. 6. – Pp. 40–42.
5. Дослідження і проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій / Л. І. Стороженко, В. М. Тимошенко, О. В. Нижник, Г. М. Гасій, С. О. Мурза. – Полтава : АСМІ, 2008. – 262 с.
6. Стороженко Л. І. Просторові сталезалізобетонні структурно-вантові покриття : монографія / Л. І. Стороженко, Г. М. Гасій, С. А. Гапченко. – Полтава : ТОВ «АСМІ», 2015. – 218 с.
7. Стороженко Л. І. Результати експериментальних досліджень сталезалізобетонного структурного покриття / Л. І. Стороженко, В. М. Тимошенко, Г. М. Гасій // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне. – 2008. – № 16. – С. 376-381.
8. Колосов Д. Л. Обґрунтування параметрів та конструкцій двошарових гумотросових конвеєрних стрічок для гірничих підприємств : дис... канд. техн. наук: 05.05.06. / Д. Л. Колосов. – Дніпропетровськ, 2002. – 164 с.

9. Бельмас І. В. Розподіл зусиль в причепному пристрої плоского тягового органу / І. В. Бельмас, Л. Д. Колосов // Математичне моделювання. – 2008. – № 1(18). – С. 33-35.
10. Ропай В. А. Шахтные уравновешивающие канаты : монография / В. А. Ропай. – Днепропетровск : Национальный горный университет, 2016. – 263 с.
11. Напряженное состояние плоской резинотросовой ленты на барабане подъемно-транспортной машины / І. В. Бельмас, Д. Л. Колосов, Н. А. Даніяров, А. І. Танцура, А. Ж. Карсакова // Труды университета. Карагандинский технический университет. – Казахстан, 2013. – № 3. – С. 75-77.
12. Бельмас І. В. Исследование напряженно-деформированного состояния резинотросового каната на участке перехода к трубчатой форме / І. В. Бельмас, Д. Л. Колосов, О. Л. Колосов // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2014. – № 12. – С. 48-55.
13. The stress-strain state of the flat rope of hoisting engine with considering their technical state / I. Belmas, D. Kolosov, O. Dolgov, G. Tantsura // Innovations in science and education: challenges of our time. Collection of scientific papers. – London : LASHE, 2017. – Pp. 191-196.
14. Бельмас І. В. Взаємодія гумотросового канату з приводним барабаном. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки) / І. В. Бельмас, Д. Л. Колосов, О. І. Білоус. – Каменське : ДДТУ, Тематичний випуск. Машини і пластична деформація металу, 2018. – С. 168-173.
15. Zabolotny K. Definition of rating loading in spires of multilayer winding of rubber-rope cable / K. Zabolotny, Y. Panchenko // New Techniques and technologies in Mining. – 2010. – Pp. 223-229.

References

1. Storozhenko, L.I., & Hasii, H.M. (2016). Doslidzhennia napruzhenoho stanu elementiv vuzlovykh ziednan strukturno – vantovykh stale zalizobetonnykh pokryttiv na osnovi rezultativ modeliuвання umov yikh roboty [Investigation of the stress state of the elements of nodal joints of structural-cable steel reinforced concrete coatings based on the results of modeling the conditions of their work]. *V Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia – Urban Planning and Spatial Planning*, (61), 343-345.
2. Hasii, H.M. (2012). Napruzhenno-deformovanyi stan strukturno-vantovykh stalezalizobetonnykh konstruksii pokryttia [Stress-deformed state of structural-cable reinforced concrete structures of the coating]. *Problemy suchasnoho budivnytstva: Materialy Vseukrainskoi internet-konferentsii molodykh uchenykh i studentiv – Problems of modern construction: materials of the All-Ukrainian Internet conference of young scientists and students* (pp. 121-122).
3. De Sousa, Jr. J.B., & Caldas, R.B. (2005). Numerical analysis of composite steel-concrete columns of arbitrary cross section. *Journal of structural engineering*, 131(11), 1721–1730.
4. Storozhenko, L.I., & Gasii, G.M. (2014). Experimental research of strain-stress state of ferrocement slabs of composite reinforced concrete structure elements. *Metallurgical and Mining Industry*, (6), 40-42.
5. Storozhenko, L.I., Tymoshenko, V.M., Nyzhnyk, O.V., Hasii, H.M., & Murza, S.O. (2008). *Doslidzhennia i proektuvannia stalezalizobetonnykh strukturnykh konstruksii [Research and design of reinforced concrete structural structures]*. ASMI.
6. Storozhenko, L.I., Hasii, H.M., & Hapchenko, S.A. (2015). *Prostorovi stalezalizobetonni strukturno-vantovi pokryttia [Spatial reinforced concrete structural-cable coverings]*. ASMI.
7. Storozhenko, L.I., Tymoshenko, V.M., & Hasii, H.M. (2008). Rezultaty eksperymentalnykh doslidzhen stalezalizobetonnoho strukturnoho pokryttia [Results of experimental studies of reinforced concrete structural coating]. *Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy – Resource-saving materials, structures, buildings and structures*, (16), 376-381.
8. Kolosov, D.L. (2002). *Obgruntuvannia parametriv ta konstruksii dvosharovykh humotrosovykh konveiernykh strichok dlia hirnychkykh pidpriemstv [Substantiation of parameters and constructions of two-layer rubber-rope conveyor belts for mining enterprises]* [PhD, Dnipropetrovskiyi natsionalnyi hirnychiy universytet].
9. Belmas, I.V., & Kolosov, L.D. (2008). Rozpodil zusyly v prycheptomu prystroi ploskoho tiahovoho orhanu [Rozpodil zusyly in the trailer attachment of a flat traction body]. *Matematychni modeliuвання – Mathematical modeling*, 1(18), 33-35.
10. Ropai, V.A. (2016). *Shakhtnye uravnovesivayushchiye kanaty [Mine balancing ropes]*. Natsionalnyi gornyi universitet.

11. Belmas, I.V., Kolosov, D.L., Daniyarov, N.A., Tancura, A.I. & Karsakova, A.Zh. (2013). Napriazhennoe sostoianie ploskoi rezinotrosovoi lenty na barabane podemno-transportnoi mashiny [Stress state of a flat rubber-cable belt on the drum of a hoisting and transport machine]. *Trudy universiteta – Proceedings of the University. Karaganda technical university*, (3), 75-77.

12. Belmas, I.V., Kolosov, D.L., & Kolosov, O.L. (2014). Issledovanie napriazhenno-deformirovannogo sostoianiiia rezinotrosovogo kanata na uchastke perekhoda k trubchatoi forme [Investigation of the stress-strain state of a rubber-rope in the section of transition to a tubular form]. *Vestnik PNIPU. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo – Vestnik PNIPU, no. Geology. Oil and gas and mining*, (12), 48-55.

13. Belmas, I., Kolosov, D., Dolgov, O., & Tantsura, G. (2017). The stress-strain state of the flat rope of hoisting engine with considering their technical state. *Innovations in science and education: challenges of our time. Collection of scientific papers* (pp. 191-196).

14. Belmas, I.V., Kolosov, D.L., & Bilous, O.I. (2018). Vzaiemodiia humotrosovoho kanatu z pryvodnym barabanom [Interaction of the rubber rope with the drive drum]. *Collection of scientific works of the Dnieper State Technical University (technical sciences)* (pp. 168-173).

15. Zabolotny, K., & Panchenko, Y. (2010). Definition of rating loading in spires of multilayer winding of rubber-rope cable. *New Techniques and technologies in Mining* (pp. 223-229).

Отримано 03.02.2022

UDC 624.016: 624.07.001.5

Yuliana Hupalo¹, Ivan Belmas², Olena Belous³, Anna Tantsuna⁴

¹Graduate Student of the Department of Mechanical Engineering and Welding Technology
Dnipro State Technical University (Kamyanske, Ukraine)

E-mail: uliana.gupalo@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7906-5402>

²Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering and Welding Technology
Dnipro State Technical University (Kamyanske, Ukraine)

E-mail: belmas09@meta.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2112-0303>

³PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering
Dnipro State Technical University (Kamyanske, Ukraine)

E-mail: bilouselena66@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6398-8843>

⁴PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering
Dnipro State Technical University (Kamyanske, Ukraine)

E-mail: hannaivan71@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8672-1153>

ALGORITHM FOR DETERMINING PERMISSIBLE DEVIATIONS OF CABLE ROPE CONNECTION NODES TO STRUCTURE

One of the directions of modern capital buildings is reduce the cost of manufacturing construction products and increase the reliability of its basic elements. In order to reduce the production time, manufacturing construction products should be made of flat reinforced concrete elements connected to the spatial structure by cables.

Due to the reduction of the amount of time for the production of the main elements of construction, it becomes possible to produce materials of low weight for the overlapping with the specified dimensions in the plan of structure. The main factor of safe operation is the calculation of the nodes connecting the cable ropes to structure.

Analysis of recent achievements and publications has shown that the problem of determining the stress-strain state of the cable rope is not solved, in the scientific literature insufficiently studied the effects of nodes on the state of the entire prefabricated structure.

The aim of the article is study the influence of defects on the stress-strain state of cable ropes and develop a method for determining allowable fluctuations of load and displacement forces between ropes for design nodes of connection.

Based on the method of mechanics of layered composite materials, a model is built, the influence of defects of its connection to the stable reinforced concrete floor of building on stress-strain state of cable rope is established. Expressions for determining the permissible rotation of the cross-section of the connected rope to the structure are formed. The mechanism of influence of the nature of rope connection to the structure on its stress-strain state is specified.

The expressions for determination of admissible deviations of knots of connection of a cable rope to a building design are received. This makes it possible to determine the permissible error of connecting the ends of the rope to the structure, which improves operational safety. The results can be considered reliable because they are obtained by methods of mechanics of composite materials using analytical results in a closed form.

Keywords: permissible deviations; stress-strain condition; cable-stayed rope; rotation angle; internal load forces.

References: 15.