

УДК 534-16

## ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ НЕСІВНОЇ КОНСТРУКЦІЇ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

Поліщук Л.К., Шенфельд В.Й., Вегера В.В., Хмара О.В.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

**Анотація.** Запропоновано метод визначення напружено-деформівного стану несівної конструкції стрічкового конвеєра та його екстремальних значень для виготовлення експериментальних зразків, за допомогою яких досліджується вплив умов і тривалість експлуатації на механічні властивості матеріалу, його корозійне розтріскування під напруженням та залишковий ресурс. Місця виникнення найбільших зусиль в елементах стрілових конструкцій визначали на її 3D моделі в процесі аналізу отриманих карт напружень методом скінченних елементів. Одержані закономірності щодо зміни механічних властивостей та корозійного розтріскування матеріалу несівної конструкції під навантаженням, створеним стрічковим конвеєром, що улаштований на цій конструкції, посприяють підвищенню точності оцінки залишкового ресурсу таких металоконструкцій.

**Ключові слова:** несівна конструкція, напружено-деформівний стан, метод скінченних елементів, зміна механічних властивостей, залишковий ресурс.

Для забезпечення високої продуктивності праці на багатьох виробництвах застосовуються підймально-транспортні машини, до складу яких входять стрілові конструкції, оснащені стрічковими конвеєрами, які утримуються під заданим кутом за допомогою відтяжок, закріплених на вантових опорах. Такі комплекси є найбільш економічно ефективними засобами механізації на кар'єрах відкритого видобування корисних копалин, переробних виробництвах тощо, а також для виконання транспортно-розвантажувальних робіт. Нерівномірність завантаження конвеєрів, а також невідповідність обертових ланок трансмісійних ліній комплексу обумовлюють виникнення змінних навантажень, що нерідко збуджують інтенсивні механічні коливання елементів механічної системи і створюють умови для втомного руйнування деталей і вузлів [1,2,3]. Через їх значні габарити та металомісткість економічно доцільною є їх тривала експлуатація, яка за синергетичної дії втомних напружень та корозивного середовища призводить до деградації механічних властивостей матеріалу конструкцій [4,5].

Деградація матеріалів найбільшою мірою проявляється в елементах конструкцій з максимальними напруженнями. Тому для виявлення найбільш навантажених елементів стріли проводимо аналіз напружено-деформованого стану несівної конструкції методом скінченних елементів із застосуванням обчислювального комплексу APM Structure 3D пакету APM Win Machine.

На рис. 1 зображена 3D модель стріли укладального конвеєра, яка складається з верхнього 1 та нижнього 2 поясів, скріплених поперечними стійками 3 та відкосами 4. Верхній та нижній пояси виготовлено з рівнополичного кутника L50-5, а стійки та відкоси - з L32-3 (ДСТУ 2251-93) (ГОСТ 8509-93)), які утворюють стрижневу систему стріли. Кріпиться стріла до буртоукладника за допомогою шарнірного з'єднання 5, а до пілона – через відтяжки шарнірами 6 і, таким чином, встановлюється під кутом  $16^\circ$  до горизонту. Після виконання статичного розрахунку отримано карти напружень деформованого стану конструкції (рис. 2), за допомогою яких встановлено числові значення напружень у стрижнях. Розглядаємо три випадки навантаження конвеєра: рівномірно розподілене стрічкою (рис. 2, а); збільшене у півтора рази щодо номінального (рис. 2, б); збільшене у 2 рази щодо номінального (рис. 2, в).

Встановлено, що найбільші значення напружень виникають у стрілі в місці кріплення відтяжок до шарнірів 6. На рис. 3 зображено вісім основних стрижневих елементів конструкції, які розташовані в області найбільших напружень стріли. Максимальні значення напружень у стрижнях наведені у табл. 1. Найменші (близькі до нуля) напруження виникають у поперечному стрижні

(точка А, рис. 2, а) відвантажувальної частини стріли, а найбільші – у стрижні 1 (точка Б, рис. 3) верхнього пояса 1 (рис. 1).

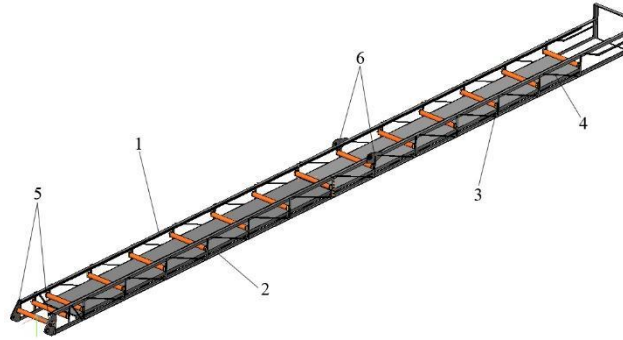
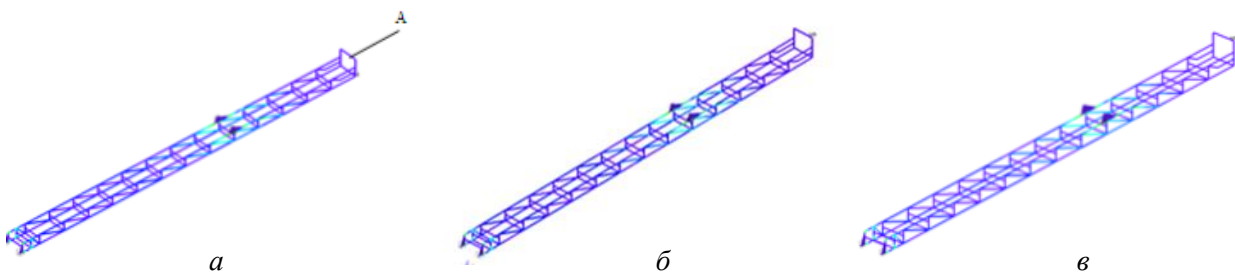


Рис.1. Стріла укладального конвеєра

Із найбільш та найменш навантажених елементів конструкції виготовляємо зразки для проведення експериментальних досліджень, що відповідають трьом станам металу: №1 – вихідний ( з елемента рами, на який практично не діяли експлуатаційні навантаження); №2 і 3 – експлуатований за дії розтягальних та стискальних циклічних напружень.



а - номінальне навантаження 1 т; б - навантаження 1,5 т;  
в - навантаження 2 т

Рис.2. Напружений стан стріли конвеєра

Встановлено, що найбільші значення напружень виникають у стрілі в місці кріплення відтяжок до шарнірів 6. На рис.3 зображено вісім основних стрижневих елементів конструкції, які розташовані в області найбільших напружень стріли. Максимальні значення напружень у стрижнях наведені у табл. 1. Найменші (близькі до нуля) напруження виникають у поперечному стрижні (точка А, рис. 2, а) відвантажувальної частини стріли, а найбільші – у стрижні 1 (точка Б, рис. 3) верхнього пояса 1 (рис. 1).

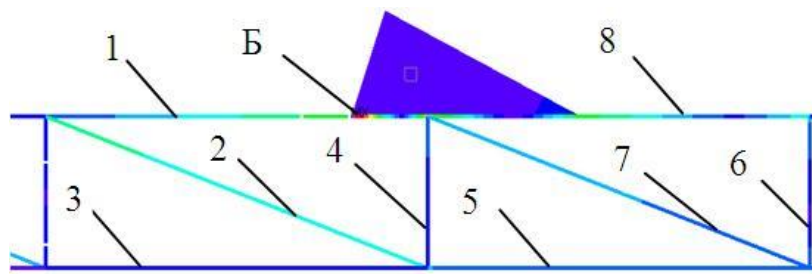


























Рис.3 Зона найбільших напружень в стрижнях конструкції

Таблиця 1 – Максимальні напруження у перерізах стрижнів

Навантаження 1т								
	№ стрижня							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Максимальне значення, МПа	119,5	33,57	10,85	9,486	21,73	9,134	25,26	41,69
Напруження у перерізі								
Навантаження 1,5т								
	№ стрижня							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Максимальне значення, МПа	255,9	87,15	23,02	40,42	48,77	40,64	59,51	97,72
Напруження у перерізі								
Навантаження 2т								
	№ стрижня							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Максимальне значення, МПа	322,7	92,02	28,24	43,08	59,67	61,74	68,11	122
Напруження у перерізі								

### Список літератури

1. Поліщук Л.К. Аналіз вільних коливань механічної системи стріли відвалоутворювача у вертикальній площині / Л.К. Поліщук, Є.В. Харченко // Вібрації в техніці та технологіях 3(63): 2011, с. 33-38.
2. Polishchuk L.K. Dynamics of adaptive drive of mobile machine belt conveyor / L.K. Polishchuk, O.V. Piontkevych // 22nd International Scientific Conference «МЕХАНИКА 2017», 19 May 2017: – Kaunas, 19 May 2017, P. 307 – 311.
3. Поліщук Л.К. Дослідження динаміки привода конвеєра зі змінним навантаженням / Л.К. Поліщук, О.О. Адлер // Вібрації в техніці та технологіях 3(55): 2009, с. 35-37.
4. Nykyforchyn H. Fatigue and Fracture of Materials and Structures / Hryhorii Nykyforchyn, Olha Zvirko // Contributions from ICMFM XX and KKMP2021, 15–17 September 2021: – Wroclaw, 10 May 2022, P. 253 – 258.
5. Hredil MI. Development of the Laboratory Method of Degradation of Steels for the Evaluation of their Resistance to Corrosion Cracking / MI Hredil, OI Zvirko, OT Tsyrlunyk, HM Nykyforchyn // Materials Science. – 2022. – № 57. – P. 840–845.

## DETERMINATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE BEARING STRUCTURE OF THE BELT CONVEYOR

Leonid Polishchuk, Valerii Shenfeld, Vladyslav Vehera, Oleh Khmara

**Abstract.** A method of determining the stress-strain state of the load-bearing structure of the belt conveyor and its extreme values for the manufacture of experimental samples is proposed, with the help of which the influence of conditions and the duration of operation on the mechanical properties of the material, its corrosion cracking under stress and residual life are investigated. The locations of the greatest forces in the elements of boom structures were determined on its 3D model in the process of analyzing the obtained stress maps using the finite element method. The obtained regularities regarding the change of mechanical properties and corrosion cracking of the material of the bearing structure under the load created by the belt conveyor arranged on this structure will contribute to increasing the accuracy of the assessment of the residual resource of such metal structures.

**Keywords:** load-bearing structure, stress-strain state, finite element method, change of mechanical properties, residual life.