

## МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ НАТЯЖНОЇ СТАНЦІЇ КОНВЕЄРА З КОНТРОЛЕМ ПОЛОЖЕННЯ СТРІЧКИ ТА НАТЯГУ НА ВАЛАХ

*В статті розглядається система контролю натягу барабану натяжної станції стрічкового конвеєра. Система здатна контролювати положення стрічки на натяжному валу та компенсувати її зсув вздовж нього. Розроблена модель натяжної станції у SolidWorks, визначено основні матеріали та розраховані навантаження, що діють на вали. При виборі двигунів звертали увагу на високий момент на валу двигуна при досить малих габаритах і живленні від мережі постійного струму. Високий момент забезпечує легке переміщення столика катка при досить великому зусиллі стрічки тому при запуску конвеєра значення натягу стрічки з пульта керування цілком буде знаходитись в допустимих межах. Також натяжна станція є повністю автоматизована і регулювання частоти і напрямку обертання повністю контролюється розробленою системою на базі плати ARDUINO, програмування якої здійснено за допомогою додатку Tinkercad.*

*Ключові слова: моделювання, натяжна станція, вал, Arduino*

O.M. SINYUK, S.L. HORIASHCHENKO, G.M. DRAPAK, Yu.V. KRAVCHIK  
Khmelnytsky National University

### SIMULATION OF THE AUTOMATED TENSIONING STATION OF THE CONVEYOR WITH CONTROL OF POSITION OF THE BELT AND TENSION ON SHAFTS

*The article considers the control system of the drum tension of the tension station of the belt conveyor. The system is able to control the position of the belt on the tension shaft and compensate for its displacement along it. Expensive components and parts were used in the design of this tensioning station, but its full automation justifies itself because it can work without an operator, in harmful and dangerous conditions for human health. Developed models in SolidWorks allow you to clearly see the exact design model of the tension station. In the process of designing the drive of the tension station, the type of transmission was chosen - it is the transmission of screw-nut friction. Selected materials for the screw - steel 45 and for the nut - bronze BrOTSS6-6-3. Adopted a square one-western right-hand carving. The geometric parameters of the screw were determined. In the above calculations, we chose a DC motor series PBV100M. Then the modeling of the working unit was carried out. When choosing a transmission, attention was paid to its reliability and accuracy, because the drum of the tension station, in our case, has to be shifted by a sufficiently short distance to ensure the continuous operation of the conveyor. Attention was also paid to the choice of engines. When choosing the motors of the PBV100M series, attention was paid to a fairly high torque on the motor shaft with a fairly small size and power supply from the DC network. The high moment provides easy movement of a table of a skating rink at rather big effort of a tape therefore at start of the conveyor value of a tension of a tape from the control panel is quite admissible. Also, the tension station is fully automated and the regulation of frequency and direction of rotation is fully controlled by a developed system based on the ARDUINO board, which is programmed using the app Tinkercad.*

*Key words: modeling, tension station, shaft, Arduino*

### Постановка проблеми

Натяжна станція призначена для натягу стрічки конвеєра [1]. Натяжні станції бувають різних типів, але призначення і принцип дії майже однакові. В залежності від габаритів і ступеню натягу станція приводиться в рух в ручну або електродвигуном. Рух здійснює через передачу гвинт-гайка або через черв'ячну передачу ведений барабан, який кріпиться на напрямляючі осях, рухається вперед-назад по осі паралельній площині руху стрічки [1, 2].

В даній системі існує багато різноманітних пристроїв, які реалізують селекцію видів в часі. Вузлом який буде проектуватися є передача гвинт-гайка.

Передача гвинт-гайка служить для перетворення обертаючого руху в поступовий рух, при цьому гайка і гвинт можуть мати або одне з названих рухів, або два рухи разом. В даному випадку гайка створює поступальний рух відносно гвинта. Передача гвинт-гайка широко використовується для створення великих сил (преси, домкрати, тиски та т.п.); для точних переміщень (механізми подачі верстатів, вимірювальні прилади, встановлювальні та регулюючі пристрої). Матеріали гвинта та гайки повинні складати антифрикційну пару, тобто бути зносостійкими, мати невисокий коефіцієнт тертя. Вибір марки матеріалу залежить від призначення матеріалу, умов роботи та способу обробки різьби. Для гвинтів рекомендуються сталі Ст5, 45, 50, 40ХГ та ін. В відповідальних передачах для підвищення зносостійкості використовують загартовування гвинтів з послідовним шліфуванням різьби [3].

Гайки відповідальних передач виготовляють із Бр010Ф1, Бр05Ц5С5 та ін., а в тихохідних передачах – із антифрикційних чавунів АЧВ-1, АЧС-3 та ін. Переваги: простота конструкції та виготовлення; компактність при високій навантажувальній спроможності; висока надійність; плавність та безшумність; великий вигреш в силі; можливість забезпечення повільних переміщень з великою точністю. Недоліки: підвищений знос різьби внаслідок великого тертя; низький к.к.д [3]

На збільшення зносу матеріалів впливає також характер роботи під навантаженням, а саме при збільшенні дотичної сили. Ця сила виникає внаслідок перекосу валів або зміщення навантаження відносно центра.

### Основні частини

Система яка здатна корегувати натяг та положення стрічки на валах може не тільки більш якісно транспортувати навантаження а й зменшити знос елементів натяжної станції. На рис.1 зображений

загальний вигляд натяжної станції, що пропонується. Всі елементи натяжної станції закріплюються на основі 1. Барабан 2 закріплюється на столі-катку 4, який в свою чергу здійснює поступальний рух вздовж основи 1, рух по напрямляючі здійснюється завдяки чотирьом металевим колесам 3. В столика-катка 4 кріпиться гайка для створення передачі гвинт-гайка. Гвинт 5 через муфту з'єднується з валом двигуна 6. При подаванні напруги на двигун 6 з пульта управління 7, вал двигуна 6 починає обертатися тим самим через муфту обертає гвинт 5, через передачу гвинт-гайка обертовий рух двигуна перетворюється в поступальний рух столика-катка 4, тим саме відбувається натяг або ослаблення стрічки конвеєра. Натяг стрічки контролюється пультом управління 7 автоматично. На основі 1 закріплений датчик натягу 8. Сигнал з датчика потрапляє на пульт управління де перетворюється за допомогою АЦП на цифровий сигнал і подається на мікроконтролер. Після обробки сигнал подається на ЦАП потім через підсилювач на два двигуни. Вали двигунів повинні обертатися з однаковою швидкістю для рівномірного натягу. Сила натягу контролює цей же датчик натягу 8. Якщо не буде торкатися ролика датчика то це буде сигналом для двигунів обиратися в іншу сторону тобто ослаблювати до певного натягу, значення якого буде запрограмоване пультом управління. В роботі стрічка може зміщуватися на барабані вправо чи вліво. Для запобігання цього на столик-катку розташовані датчики сходу стрічки 9. Робота датчиків базується на принципі роботи тахогенератора. При дотику до стрічки вона починає обтирати корпус датчика сходу, на пульт управління подається сигнал і через АЦП подається на мікроконтролер, після чого сигнал оброблюється і через ЦАП та підсилювач подається на двигун. Обертаючись двигун послаблює ту сторону з якої сходить стрічка (протилежну датчику сходу), після чого стрічка послаблюється внаслідок чого спрацьовує датчик натягу. Встановлення допоміжний пристроїв забезпечує повну автоматизацію даної натяжної станції. Блок схема автоматичного керування показана на рис.2.

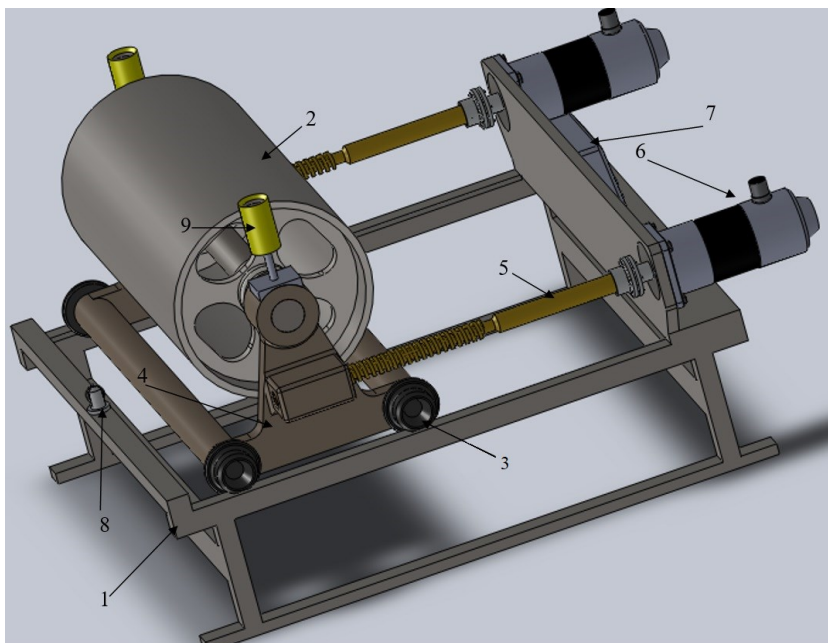


Рис.1 - Зовнішній вигляд натяжної станції конвеєра

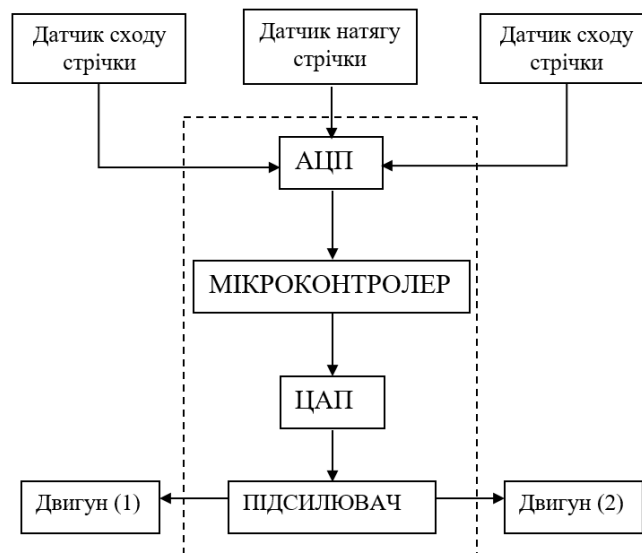


Рис.2 - Блок-схема роботи автоматичного керування натяжної станції

Об'єктом моделювання є передача гвинт-гайка. Математична модель приводу побудована у обертовій системі координат, що дозволило одною системою рівнянь представити станцію як машину з перетвореними координатами та фазами. Управління здійснюється проекцією та струмами, потягосцепленими й напрямками на координатних осях, що являє собою чотири координати стану:  $Y = (y_1, y_2, y_3, y_4)^T$ , де  $y_1$  – модуль потягосцеплення ротора приводу,  $y_2$  – проекція струму ротора на уявну вісь обертової системи координат,  $y_3$  – проекція струму статора на уявну вісь обертової системи координат,  $y_4$  – частота обертання ротора. В такому разі синтез регулювання швидкості руху конвеєра залежить від навантаженості та натягу стрічки.

У залежності від навантаження на електропривод потрібно визначити параметри передачі. Сила яка діє на діє на натяжну станцію  $F$ , хід натяжної станції  $L$ . Назначаємо матеріали для гвинта – сталь 45 і для гайки – бронза БрОЦС6-6-3. Приймаємо квадратну однозахідну праву різьбу. Для визначення середнього діаметру різьби гвинта і гайки  $d_2$  із розрахунку на зносостійкість приймаємо відношення висоти гайки до середнього діаметру різьби  $k = H / d_2$  і допускаємо тиск для різьби  $[q]$ . Для стійкості гвинта потрібно щоб виконувалася умова  $[F] \geq F_{KP} / S$ . Обираємо середній діаметр гвинта  $d_2 = 20$  мм. Висота профіля різьби  $h = 0.1d_2 = 2$  мм. Надійність гвинта забезпечена, так як в натяжній станції використовується два гвинта і діюча сила  $F = 2$  кН, що дорівнює допустимій  $[F] = 1кН$ .

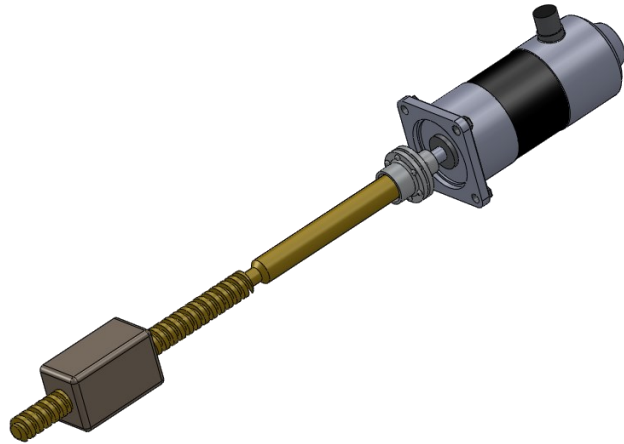
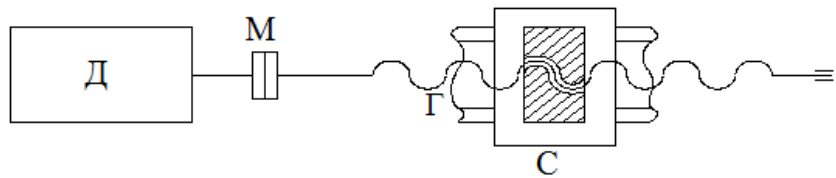


Рис 3. Вузол проектування



Д – двигун; М – муфта; Г – гвинт; С – столик каток.

Рис. 4. Фізична модель електромеханічної системи передачі гвинт-гайка:

Д – двигун; М – муфта; Г – гвинт; С – столик каток.

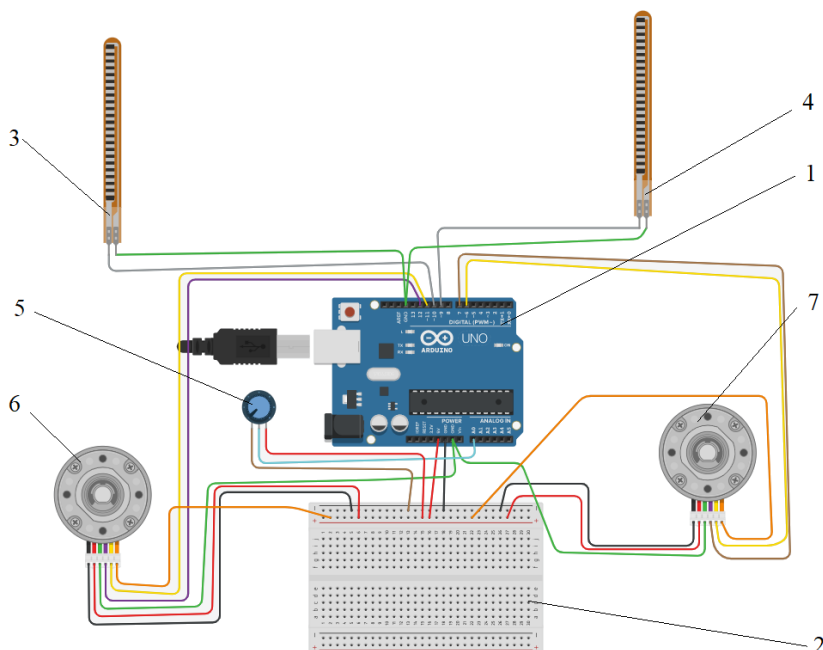


Рис. 5. Модель управління та контролю натягу на валах стрічкового конвеєру

Визначивши необхідні зусилля можемо приступити до розробки самої системи контролю положення стрічки та натягу на валах конвеєра (КПСНВ). Дана система базується на платі Arduino 1 (див. Рис.5) яка має макетну плату для монтажу. Для автоматизації були встановлені датчик натягу стрічки 3 та датчики сходу стрічки 4, 5. Плата здійснює керування електродвигунами 6,7. Програмування здійснювалось у програмному середовищі Tinkercad. Моделювання роботи створеної системи КПСНВ показало достатньо високу швидкодію переналадження положення валу конвеєра та його натягу.

### Висновки

В проектуванні даної натяжною станції використовувалися дорогі вузли і деталі, але її повна автоматизація виправдовує себе оскільки воно може працювати без оператора, в шкідливих і небезпечних умовах для здоров'я людини. Розроблені моделі в SolidWorks дозволяють наглядно побачити точну модель проектування натяжною станції. В процесі проектування приводу натяжною станції було обрано вид передачі – це передача гвинт-гайка тертям. Обраними матеріали для гвинта – сталь 45 і для гайки – бронза БрОЦС6-6-3. Прийняли квадратну одно західну праву різьбу. Визначено геометричні параметри гвинта. При приведених розрахунках обрано двигун постійного струму серії ПБВ100М. Після чого було проведене моделювання самого робочого вузла. При виборі передачі була звернута увага щодо її надійності і точності, оскільки барабан натяжною станції, в нашому випадку, доводиться зміщувати на досить малу відстань, для забезпечення безперервної роботи конвеєра. Також була звернута увага на вибір двигунів. При виборі двигунів серії ПБВ100М звернули увагу на досить високий момент на валу двигуна при досить малі габарити і живлення від мережі постійного струму. Високий момент забезпечує легке переміщення столика катка при досить великому зусиллі стрічки тому при запуску конвеєра значення натягу стрічки з пульта керування буде знаходитись в допустимих межах. Також натяжна станція є повністю автоматизована і регулювання частоти і напрямку обертання повністю контролюється розробленою системою на базі плати ARDUINO, програмування якої здійснено за допомогою додатку Tinkercad.

### Література

1. Курсове проектування приводів. Методичні вказівки для студентів механічних спеціальностей / І.М. Пастух, Ю.Ф. Добжанський, -Хмельницький: ТУП, 1999.-92 с.
2. Кондрахин В.П. Математическая модель для исследования нагрузок в двухскоростном многодвигательном приводе и тяговом органе скребкового забойного конвейера / В.П. Кондрахин, А.А. Мельник // Наукові праці ДонНТУ. Серія: гірничо-електромеханічна. – 2008. – Вип. 16 (142). – С. 132–140
3. ТЕХНІЧНА МЕХАНІКА, Електронний конспект лекцій. URL: [http://www.shevchenkove.org.ua/person\\_syte/Page/Metodrobota/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%20%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0/Dokument/%D0%A2%D0%9C%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/Lekzia/3.5.htm](http://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Page/Metodrobota/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%20%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0/Dokument/%D0%A2%D0%9C%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/Lekzia/3.5.htm)
4. Хачатрян С.А., Деревяшкин И.В. Математическая модель переходных процессов многоприводного ленточного конвейера // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 7-1. – С. 37-41; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11687>.
5. Дмитриева В.В., Куанг Пьей Аунг, Вин Зо Хтэй Поддержание величины тягового фактора ленточного конвейера с двухдвигательным приводом // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 10. – С. 20-28; URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35151>.
6. Щетинін В. Т. Навчальний посібник з дисципліни «Верстати з паралельної кінематики» / В. Т. Щетинін, О. Ф. Саленко, М. С. Хорольська. – Кременчук : Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2017. – 99 с.
7. Systems of vibration parameters automated control for diagnostics of equipment technical state// Serhiy Horiashchenko, Oleg Polishchuk, Marcin Łukasiewicz, Maciej Matuszewski and Vladimir Boykov// MATEC Web of Conferences; Les Ulis, 332, - 2021. [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2021/01/mateconf\\_diagnostyka2020\\_01013.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2021/01/mateconf_diagnostyka2020_01013.pdf)
8. Diagnosis of multilayer structures and composite parts by multifrequency phase detection/Janusz Musiał, Serhiy Horiashchenko, Kostyantyn Horiashchenko, Joanna Wilczarska// MATEC Web of Conferences; Les Ulis, 332, - 2021. les <https://search.proquest.com/openview/f07361e91e4186ecb0c165629de0f079/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2040549>
9. Стрельбицкий В.В. Экспериментальное исследования демфирующей способности рамы виброупрочняющей установки/ В.В. Стрельбицкий С.Л. Горященко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах/ – 2016 № 1 - С.27-30. <http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/5088/1/%D0%93%D0%9E%D0%A0%D0%AF%D0%A9%D0%95%D0%9D%D0%9A%D0%9E.pdf>
10. Стрельбицкий В.В. Некоторые результаты исследования толщины прослойки на демфирующую способность трехслойных балок / В.В. Стрельбицкий, С.Л. Горященко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015 – № 1 – С.182-186 [http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/4175/1/vott\\_2015\\_1\\_34.pdf](http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/4175/1/vott_2015_1_34.pdf)

## References

1. Kursove proektuvannya pryvodiv. Metodychni vказivky dlya studentiv mexanichnyx special"nostej / I.M. Pastux, Yu.F. Dobzhans"kyj,-Xmel"nyc"kyj: TUP, 1999.-92 s.
2. Kondraxyn V.P. Matematycheskaya model" dlya yssledovannya nahruzok v dvuxskorostnom mnohodvyhatel"nom pryvode y tyahovom orhane skrebkovoho zabojnoho konvejera / V.P. Kondraxyn, A.A. Mel"nyk // Naukovi praci DonNTU. Seriya: himycho-elektromexanichna. – 2008. – Vyp. 16 (142). – S. 132–140
3. TEXNICHNA MEXANIKA, Elektronnyj konspekt lekcij. URL: [http://www.shevchenkove.org.ua/person\\_syte/Page/Metodrobota/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%20%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0/Dokument/%D0%A2%D0%9C%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/Lekzia/3.5.htm](http://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Page/Metodrobota/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0%20%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0/Dokument/%D0%A2%D0%9C%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97/Lekzia/3.5.htm)
4. Xachatryan S.A., Derevyashkyn Y.V. Matematycheskaya model" perexodnyx processov mnohopryvodnoho lentochnoho konvejera // Mezhdunarodnyj zhurnal prykladnyx y fundamental"nyx yssledovanyj. – 2017. – № 7-1. – S. 37-41; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11687>.
5. Dmytryeva V.V., Kuanh P"ej Aunh, Vyn Zo Xtəj Podderzhanye velychyny tyahovoho faktora lentochnoho konvejera s dvuxdvyhatel"nym pryvodom // Sovremennye naukoemkye tehnolohyy. – 2015. – № 10. – S. 20-28; URL: <http://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35151>.
6. Shhetynin V. T. Navchal"nyj posibnyk z dyscypliny «Verstaty z paralel"noyi kinematyky» / V. T. Shhetynin, O. F. Salenko, M. S. Xorol"s"ka. – Kremenчук : Kremenчuc"kyj nacional"nyj universytet imeni Myxajla Ostrohrads"koho, 2017. – 99 s.
7. Systems of vibration parameters automated control for diagnostics of equipment technical state// Serhiy Horiashchenko, Oleg Polishchuk, Marcin Łukasiewicz , Maciej Matuszewski and Vladimir Boykov// MATEC Web of Conferences; Les Ulis, 332, - 2021. [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2021/01/mateconf\\_diagnostyka2020\\_01013.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2021/01/mateconf_diagnostyka2020_01013.pdf)
8. Diagnosis of multilayer structures and composite parts by multifrequency phase detection/Janusz Musiał, Serhiy Horiashchenko, Kostyantyn Horiashchenko, Joanna Wilczarska// MATEC Web of Conferences; Les Ulis, 332, - 2021. <https://search.proquest.com/openview/f07361e91e4186ecb0c165629de0f079/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2040549>
9. Strel"byckyj V.V. Eksperymental"noe yssledovannya dempfyruyushhej sposobnosti ramy vybrouprochnyayushhej ustanovky/ V.V. Strel"byckyj S.L. Horyashhenko // Vymiryuval"na ta obchyslyuval"na tehnika v tehnolohichnyx procesax/ – 2016 № 1 - C.27-30. <http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/5088/1/%D0%93%D0%9E%D0%A0%D0%AF%D0%A9%D0%95%D0%9D%D0%9A%D0%9E.pdf>
10. Strel"byckyj V.V. Nekotorye rezul"taty yssledovannya tolshhyny proslojky na dempfyruyushhuyu sposobnost" trexslujnyx balok / V.V. Strel"byckyj, S.L. Horyashhenko // Vymiryuval"na ta obchyslyuval"na tehnika v tehnolohichnyx processax. – 2015 – № 1 – S.182-186 [http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/4175/1/vott\\_2015\\_1\\_34.pdf](http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/4175/1/vott_2015_1_34.pdf)

Рецензія/Peer review : 16.02.2021 р.

Надрукована/Printed :10.03.2021 р.