

ІНЖЕНЕРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА БАЗІ CAE ТЕХНОЛОГІЙ СЕРЕДОВИЩА SOLIDWORKS

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто використання CAE технологій середовища SolidWorks у інженерних дослідженнях деталей машин. Обґрунтовано позитивний ефект від використання сучасних CAE технологій, які дозволяють економити час та кошти на інженерні розрахунки і проєктування деталей машин.

Ключові слова: CAE технології, SolidWorks, деталі машина.

Abstract

The use of CAE technologies of the SolidWorks environment in engineering studies of machine parts is considered. The positive effect of the use of modern CAE technologies, which allow to save time and money on engineering calculations and design of machine parts, is substantiated.

Keywords: CAE technologies, SolidWorks, machine parts.

Вступ

Сучасні тенденції розвитку інженерії безумовно досягнуто використанням комп'ютеризованих систем інженерного аналізу (Computer-Aided Engineering, CAE) [1-6]. CAE технологія надає можливість інженерам проводити складні дослідження та аналізувати нові конструкції деталей машин безпосередньо на етапі їх проєктування [7-12]. У цьому контексті середовище SolidWorks виступає як один з провідних інструментів, який надає інженерам широкі можливості для виконання CAE-досліджень. Дослідження деталей машин на базі CAE технологій в середовищі SolidWorks відіграє ключову роль у вирішенні важливих завдань інженерної практики, забезпечуючи високу якість та надійність виробів [13-20].

Важливим етапом в проєктування деталей машин є використання математичних моделей [21-25], однак для підвищення точності математичних моделей їх варто підкріплювати експериментальними проміжними даними [26-29]. Експериментальні дослідження є високоякісним процесом, тому використання CAE технологій дозволить економити на виготовленні зразків та отримати очікувані результати з високою точністю [30-37].

Результати дослідження

SolidWorks – це інтегроване програмне забезпечення для автоматизованого проєктування та розрахунку деталей машин, розроблене корпорацією Dassault Systemes SolidWorks Corp. Цей програмний продукт дозволяє інженерам та дизайнерам створювати складні та деталізовані тривимірні моделі, здійснювати проєктування збірок та створювати креслення для різних галузей промисловості, таких як машинобудування, автомобілебудування, медична техніка, аерокосмічна промисловість та інші. SolidWorks надає широкі можливості для вирішення різноманітних виробничих завдань: концепційного проєктування, детального аналізу, створення документації та менеджменту усього життєвого циклу виробу.

CAE технологія – це широка категорія модулів або програмних пакетів, призначених для інженерних розрахунків, аналізу та симуляції фізичних процесів. Обчислювальна складова цих пакетів зазвичай ґрунтується на числових методах для розв'язання диференціальних рівнянь, таких як метод скінченних елементів, метод скінченних об'ємів, метод скінченних різниць та інші.

В середовищі SolidWorks присутні модулі з CAE технологіями, які вирішують наступні завдання:

1. Проведення інженерних досліджень над деталями машин, що дозволяє забезпечити високу точність і надійність отриманих результатів, сприяючи полегшенню процесу дослідження та аналізу.

2. Проведення розрахунків на міцність, теплопередачу, аеродинаміку та інші важливі параметри деталей машин, що сприяє не лише удосконаленню їх конструкції, а й покращенню їх функціональності та загальної ефективності [38-40].

3. Забезпечення інтеграції CAE технологій у середовище SolidWorks з використанням зручного та доступного інтерфейсу, що дозволяє інженерам швидко та ефективно аналізувати різноманітні аспекти деталей машин, сприяючи розробці раціональних рішень.

4. Скорочення часу, який необхідний для проведення інженерних розрахунків та проектування деталей машин, що в свою чергу призводить до зменшення термінів розробки нових виробів та зниження витрат на цей процес.

5. Підвищення якості та надійності продукції, що дозволяє зменшити ризики збою та відмови виробів в експлуатації. Це є критичним аспектом для забезпечення задоволення потреб клієнтів, збереження репутації підприємства та забезпечення його конкурентоспроможності.

Найпотужнішою технологією CAE в середовищі SolidWorks є модуль SolidWorks Simulation. Він дозволяє виконувати різноманітні види аналізу, такі як механічний, тепловий, статичний динамічний, розриву, контакту, падіння та оптимізації конструкції. Також популярними є модулі: аналіз напружень та деформацій виробів під час процесу лиття пластмаси (SolidWorks Plastics), розрахунків гідродинаміки та теплопередачі течій рідини та газів (SolidWorks Flow Simulation).

Приклади використання модуля SolidWorks Simulation показано на наступних ілюстраціях: на рис. 1 наведено результати роботи статичного аналізу деталей машин під дією розподіленого навантаження: 1, а – еюра еквівалентних напружень по Мізесу; 1, б – еюра розподілу коефіцієнту запасу міцності; на рис. 2 наведено результати частотного аналізу деталі машин, де показано резонансні частоти в позиціях 1, 8 та 20 із впливом від 23% до 27% масової участі.

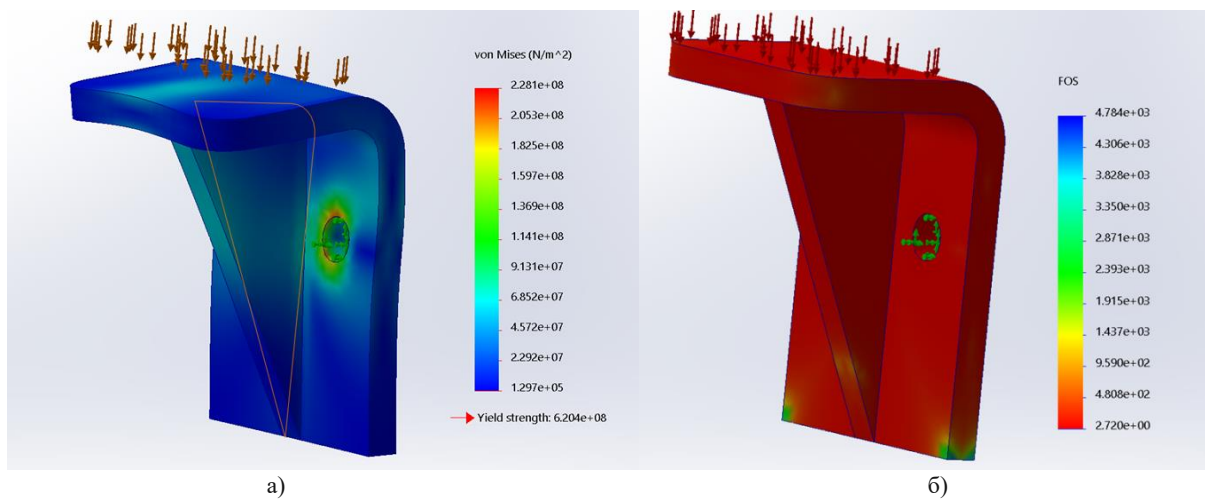


Рисунок 1 – Епюра результатів розрахунку статичного аналізу

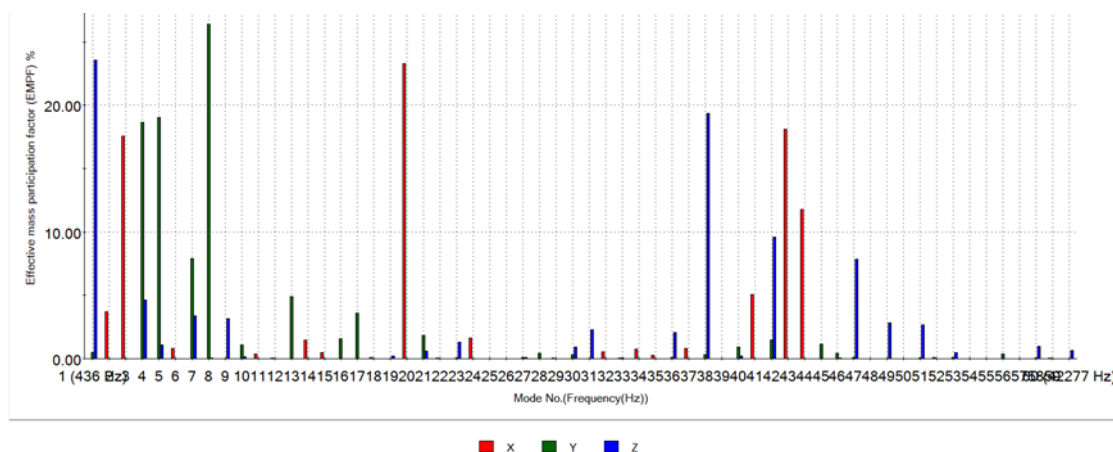


Рисунок 2 – Графік частоти коефіцієнту масової участі

На рис. 3, а показано вплив теплового потоку на збірку з радіатором, а на рис. 3, б показано аналіз деталі під час падіння.

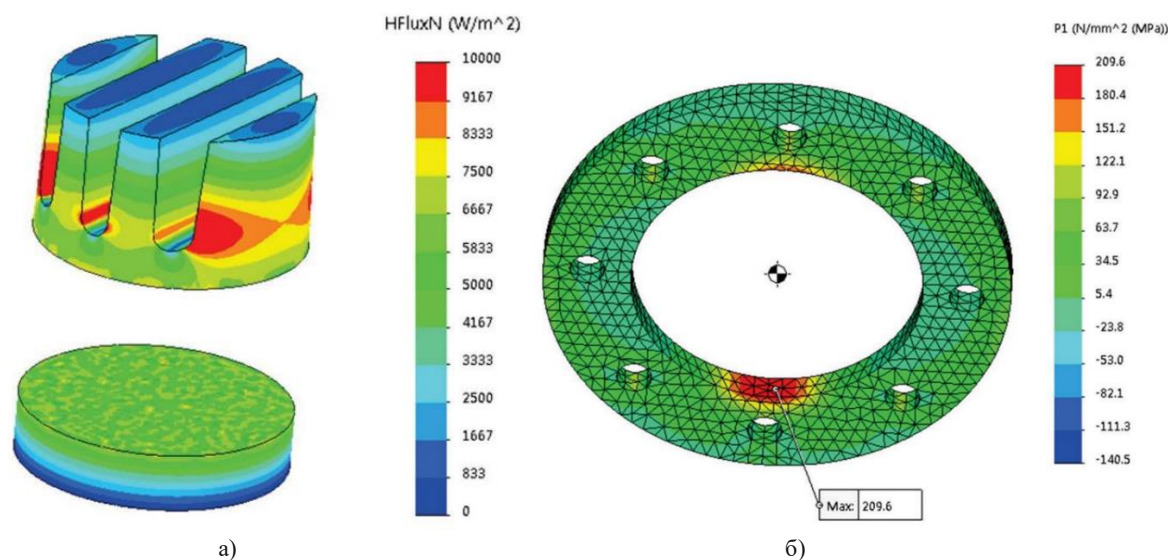


Рисунок 3 – Термічний аналіз радіатора а) та інженерний аналіз деталі під час падіння б)

Висновки

Використання САЕ технологій у середовищі SolidWorks для інженерних досліджень деталей машин є не лише доцільним, але й необхідним кроком у сучасній інженерній практиці. Сучасні САЕ технології дозволяють економити час та кошти на інженерні розрахунки і проектування, а також забезпечують високу якість та надійність виробів. Інтеграція САЕ технологій у процес дослідження деталей машин в середовищі SolidWorks підвищує ефективність роботи інженерних команд, сприяє розвитку нових інноваційних рішень і відкриває нові можливості для подальшого прогресу у сфері машинобудування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Буткалюк І.Б. CAD/CAE аналіз елементів фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [Електронний ресурс] / І. В. Буткалюк, А. М. Гуцалюк, Б. В. Васишишен, О. В. Піонткевич // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023 р. – Електрон. текст. дані. – 2023. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2023/paper/view/17391>.
2. Покращення фізико-механічних характеристик елементів приводу подрібнювача за допомогою CAD/CAE-систем [Електронний ресурс] / А. Д. Барановський, А. М. Гуцалюк, Б. В. Васишишен, О. В. Піонткевич // Матеріали LI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 31 травня 2022 р. – Електрон. текст. дані. – 2022. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2022/paper/view/15983>.
3. Petrov O. Improvement of the hydraulic units design based on CFD modeling. / O. Petrov, L. Kozlov, D. Lozinskiy, O. Piontkevych// In: Lecture Notes in Mechanical Engineering XXII, 2019. – P. 653–660. DOI: 10.1007/978-3-030-22365-6_65
4. Березюк О.В. Аналітичне дослідження вдосконаленої математичної моделі вібраційного приводу доущільнення ТПВ у сміттєвозі // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2020. – № 1. – 11 с. – Режим доступу до журналу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/590/557>
5. Березюк О.В. Аналітичне дослідження математичної моделі вібраційного гідроприводу пресування твердих побутових відходів // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – 2008. – № 38. – С. 96-102.

6. Березюк О.В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу повороту важеля маніпулятора на операції завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 3. – С. 93-98.

7. Kozlov L. Optimization of Design Parameters of a Counterbalance Valve for a Hydraulic Drive Invariant to Reversal Loads / L. Kozlov, L. Polishchuk, O. Piontkevych, V. Purdyk, O. Petrov, V. Tverdome, A. Tungatarova // *Mechatronic Systems*, W. Wójcik, S. Pavlov, and M. Kalimoldayev, eds., Vol. 1, Routledge, London, 2021 pp. 137–148. DOI: 10.1201/9781003224136-12

8. Polishchuk, L. & Khmara, O. & Piontkevych, O. & Adler, O. & Tungatarova, A. & Kozbakova, A. Dynamics of the conveyor speed stabilization system at variable loads. *Informatyka, Automatyka, Pomiaru W Gospodarce i Ochronie Środowiska*. 2022. Vol. 12. No. 2. P. 60-63. DOI: 10.35784/iargos.2949

9. Піонткевич О. В. Математична модель гідроприводу фронтального навантажувача з гальмівним клапаном / О. В. Піонткевич. – Вінниця : Вісник машинобудування та транспорту, 2015. – №2. – С. 83 – 90.

10. Лозінський Д.О. Оптимізація електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків / Д.О. Лозінський, Л.Г. Козлов, О.В. Піонткевич, О.І. Кавецький // Вісник машинобудування та транспорту, 2023. – №17(1). – С. 87-91. DOI: 10.31649/2413-4503-2023-17-1-87-91

11. Піонткевич О.В. Про лазерний технологічний комплекс на машинобудівному підприємстві / О. В. Піонткевич, С. І. Сухоруков, О. В. Сердюк, В. М. Домославський // Вісник машинобудування та транспорту, 2022. - № 16(2). – С. 96-100. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2022-16-2-96-100>

12. Kozlov L. Optimization of design parameters of the counterbalance valve for the front-end loader hydraulic drive / L. Kozlov, Yu. Burennikov, O. Piontkevych, O. Paslavskaya // *Proceedings of 22nd International Scientific Conference «МЕХАНИКА 2017»*. – Kaunas University of Technology, Lithuania, 19 May 2017. – P. 195 – 200.

13. Савуляк В.І., Березюк О.В. Вплив матеріалів напрямних плити для пресування відходів на динаміку гідроприводу // *Вібрації в техніці та технологіях*. – 2003. – № 3. – С. 52-54.

14. Березюк О.В. Вплив основних параметрів вібраційного гідроприводу на показники вібрації в процесі ущільнення твердих побутових відходів // *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій*. – 2009. – № 8. – С. 380-387.

15. Березюк О.В. Методика інженерних розрахунків параметрів обладнання для зневоднення твердих побутових відходів у сміттєвозі // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – № 2. – С. 73-81. – <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-73-81>

16. Розрахунок тензора моменту інерції стріли фронтального навантажувача [Текст] / Л. Г. Козлов, О. В. Піонткевич, С. І. Котик, В. П. Б. Мбуїм // *Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування»*, Вінниця, 27-29 грудня 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – С. 64-66

17. Піонткевич О. В. Підвищення ефективності багаторежимного гідроприводу фронтального навантажувача [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.02 / Олег Володимирович Піонткевич ; Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". – Київ, 2019. – 27 с. – Бібліогр.: с. 19-22

18. Дослідження амплітудно-частотної характеристики багаторежимного гідроприводу фронтального навантажувача [Електронний ресурс] / О. В. Піонткевич, Л. Г. Козлов, О. В. Рижих, І. С. Мицик // *Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9925>.

19. Піонткевич О. В. Вплив параметрів системи керування гідроприводом мобільної робочої машини на динамічні характеристики [Текст] / О. В. Піонткевич // Вісник машинобудування та транспорту. – 2016. – № 2(4). – С. 68–76.
20. Савуляк В.І., Березюк О.В. Дослідження динаміки приводу плити для пресування твердих побутових відходів // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2002. – № 4. – С. 83-86.
21. Березюк О.В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза // Промислова гідравліка і пневматика. – 2011. – № 34(4). – С. 80-83.
22. Березюк О.В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 4. – С. 81-86.
23. Березюк О.В. Науково-технічні основи проектування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: автореф. дис. д-ра техн. наук. – Хмельницький, 2021. – 46 с.
24. Березюк О.В., Сторожук С.Б., Коц І.В. Математичне моделювання вібраційного гідроприводу плити пресування твердих побутових відходів // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2006. – № 40. – С. 20-25.
25. Буренніков Ю.А. Математичне моделювання системи управління гідроприводом з пропорційним керуванням / Ю.А. Буренніков, Л.Г. Козлов, С.В. Репінський, О.В. Петров, Д.О. Лозінський // Вісник Східно-українського національного університету імені Володимира Даля. – 2007. – № 3 (109). Частина 1. – С. 20 – 26
26. Polishchuk L. K., Piontkevych O. V., Dynamics of adaptive drive of mobile machine belt conveyor, 22nd International Scientific Conference «МЕCHANІКА 2017», Kaunas University of Technology, 19 May 2017, 307-311
27. Kozlov L. The experimental stand for determining the characteristics of the hydraulic drive control system with the multifunctional counterbalance valve / L. Kozlov, O. Piontkevych, N. Semichasnova, D.D. Ubidia Rodrigues. – ВНТУ: II Міжнародна науково-технічна конференція «Гідро-та пневмоприводи машин», 2016. – С. 119 – 120.
28. Лозінський Д. О. Дослідження ступеня герметичності керованого зворотного клапана пропорційного електрогідравлічного розподільника / Д. О. Лозінський, В. Г. Пилявець. – Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2015. – № 3. – С. 109 – 113.
29. Дерібо О.В. Електрогідравлічний стежний привод пристрою для обробки поверхневим пластичним деформуванням / О.В. Дерібо, О.В. Сердюк, І.О. Сивак // Вісник Вінницького політехнічного інституту: ВНТУ. – 2010. – №6. – С. 76-79
30. Березюк О.В. Планування багатofакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 3 (55). – С. 92-97.
31. Козлов Л. Г. Гідропривод з гідрозамком / Л. Г. Козлов, О. В. Піонткевич. – Пат. 107185 Україна, МПК Е 02 F 9/22, № u201511543; Опубл. 25.05.2016, Бюл. № 10. – 8 с.
32. Коцюбівська К.І. Апроксимації експериментальних даних кубічними сплайн-функціями / К.І. Коцюбівська, В.І. Клочко, С.І. Сухоруков, А.В. Чубатюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2006. - №3. – С. 21-30.
33. Сухоруков С.І. Сучасні перспективи розвитку систем автоматизованого проектування технологічної оснастки / С.І. Сухоруков, О.В. Петров, Д.С. Осіпов // Вісник Хмельницького національного університету, 2011. - №6. – С. 156-159.
34. Сердюк О.В. Наружено-деформований стан в осередку деформації при вдавлюванні тороїдального ролика / О.В. Сердюк, І.О. Сивак, М.А. Карватко // Наукові нотатки, Луцьк: ЛНТУ, 2013. - №40. – С. 251-256.
35. Огородніков В.А. Штамповка листових заготовок та створення безпечних конструкцій / В. А. Огородніков, Т. Ф. Архіпова, В. А. Макаров, С. І. Сухоруков // Вісник машинобудування та транспорту, 2019. - №2. – С.65-71.

36. Лозінський Д.О. Ротаційна витяжка осесиметричних деталей з використанням пропорційного електрогідравлічного приводу / Д.О. Лозінський, І.О. Сивак, Є.І. Шевчук, В.Г. Пилявець // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2015. - №4. – С. 21-24.

37. Lozinskyi D. O. Application of feedback elements in proportional electrohydraulic directional control valve with independent flows control. / D. O. Lozinskyi, O. V. Petrov, N. S. Semichasnova, K. Gromaszek, M. Kalimoldayev, G. Borankulova // Mechatronic Systems 1. Applications in Transport, Logistics, Diagnostics and Control, 2021. pp. 127-136. DOI: 10.1201/9781003224136-11

38. Лозінський Д.О. Дослідження пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків та системою стеження / Д.О. Лозінський, І.С. Михайловський, А.О. Наконечна // Вісник машинобудування та транспорту, 2016. - № 1. – С. 52–58.

39. Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський Оптимізація системи управління гідророзподільником з електрогідравлічним регулюванням // Вісник ВПІ. – № 6. – 2005. – С. 225 – 229

40. Козлов Л.Г. Особливості конструкцій гідророзподільників для гідросистем чутливих до навантаження / Л.Г. Козлов, Д.О. Лозінський, В.А. Ковальчук, Ю.В. Дзись // Вінницький національний аграрний університет, 2009.

Ящук Дмитро Андрійович – студент групи 2ПМ–226, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dimaghd123@gmail.com

Побережець Владислав Ярославович – студент групи 2ПМ–226, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vladpoberezhets@gmail.com.

Рижих Олександра Вікторівна - студентка групи 1ПМ–23м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: aleks.briskier13@gmail.com.

Піонткевич Олег Володимирович — к-т техн. наук, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: piontkevych@vntu.edu.ua.

Yashchuk Dmytro A. - student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dimaghd123@gmail.com

Poberezhets Vladyslav Ya. - student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladpoberezhets@gmail.com.

Ryzhykh Oleksandra V. - student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: aleks.briskier13@gmail.com,

Piontkevych Oleh V. — Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: piontkevych@vntu.edu.ua.