

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ
Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра механічної інженерії

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

на тему: Дослідження та розробка автоматизованого завантажувального пристрою для машин обробки низу взуття

Виконав студент групи МгПМ-21

спеціальності 131 Прикладна механіка

Безуглий Олександр Миколайович

Науковий керівник к.т.н., доц. Манойленко О.П.

Рецензент _____

Київ 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ
Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра механічної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Дипломного проекту

на тему:

на тему: Дослідження та розробка автоматизованого завантажувального пристрою для машин обробки низу взуття

Виконав студент групи МгПМ-21

спеціальності 131 Прикладна механіка

Безуглий Олександр Миколайович

Науковий керівник к.т.н., доц. Манойленко О.П.

Київ 2022

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра механічної інженерії
Спеціальність 131 Прикладна механіка
Освітня програма Мехатроніка та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Механічна інженерія

Олександр МАНОЙЛЕНКО

« ____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТА

Безуглому Олександр Миколайовичу

1. Тема дипломної магістерської роботи (проєкту): Дослідження та розробка автоматизованого завантажувального пристрою для машин обробки низу взуття
Науковий керівник роботи (проєкту) Манойленко Олександр Петрович кандидат технічних наук, доцент затверджені наказом КНУТД від «28» вересня 2022 року № 180 уч
2. Строк подання студентом дипломної роботи (проєкту) 10.11.2022 року
3. Вихідні дані до дипломної роботи (проєкту) технічна характеристика машини ДН, патенти на корисну модель: № 16367
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) зміст ПЗ згідно рубрикації методичних вказівок для виконання магістерської роботи (проєкту): Розділ 1. аналітичний огляд завантажувальних пристроїв, Розділ 2. Розрахунки автоматизованого завантажувального пристрою, Розділ 3. Комп'ютерне моделювання процесів пошутчнго відокремлення деталей, Розділ 4. опис організації робіт з використанням розроблених виробів 5. Перелік графічного матеріалу: Лист 1. Креслення загального виду автоматизованого завантажувального пристрою, Лист 2. Кінематично принципова схема АЗП, Листи 3-5. Розрахунок параметрів АЗП, Лист 6 Складальне креслення, Лист 7 Креслення деталей виробу
6. Дата видачі завдання 28.09.2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проєкту)	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	05.10.2022	
2	РОЗДІЛ 1. Аналітичний огляд завантажувальних пристроїв	15.10.2022	
3	РОЗДІЛ 2. Розрахунки автоматизованого завантажувального пристрою	20.10.2022	
4	РОЗДІЛ 3. Комп'ютерне моделювання процесів пошутчнго відокремлення деталей	25.10.2021	
5	РОЗДІЛ 4. Опис організації робіт з використанням розроблюваних виробів	30.10.2021	
6	Висновки	05.11.2022	
7	Оформлення дипломної роботи (проєкту) (чистовий варіант)	10.11.2022	
8	Здача дипломної роботи (проєкту) на кафедрі для рецензування (за 14 днів до захисту)	10.11.2021	
9	Перевірка дипломної роботи (проєкту) на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	11.11.2022	
10	Подання дипломної роботи (проєкту) на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	15.11.2022	

Студент

_____ Олександр БЕЗУГЛИЙ
(підпис)

Науковий керівник роботи

_____ Олександр МАНОЙЛЕНКО
(підпис)

Директор НМЦУПФ

_____ Олена ГРИГОРЕВСЬКА
(підпис)

АНОТАЦІЯ

БЕЗУГЛИЙ Олександр Миколайович. Дослідження та розробка автоматизованого завантажувального пристрою для машин обробки низу взуття. – Рукопис. Магістерської дипломної роботи на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 131 Прикладна механіка освітньої програми Мехатроніка та робототехніка, Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2022.

В дипломній магістерській роботі було проаналізовано відомі конструкції автоматизованих завантажувальних пристроїв (АЗП) для обробки деталей низу взуття. Розроблено модель конструкції АЗП з ротаційним ударником, що забезпечує полегшення відокремлення деталей зі стосу та спрямування заготовки в зону обробки. В конструкції передбачено бункер для завантаження стосу деталей, ротаційний ударник для струшування стосу деталей з метою полегшення поштучного відокремлення однієї деталі від стосу, та лопать, яка надає горизонтальну складову руху. Конструкцією передбачено регулювання зусилля удару та його напрямку, що призводить сумарно до необхідної сили виштовхування.

Головною задачею розрахунків було проаналізовано як впливає швидкість лопаті на нижню деталь стосу. При розрахунках застосовувалася 3Д твердотільна модель, яка містить необхідні властивості матеріалів конструкції та матеріал заготовок. В результаті аналізу було визначено діапазон швидкостей лопаті, який забезпечує необхідний процес переміщення деталі на величину достатню для захоплення роликками подачі машини ДН. Окрім цього було визначено величину впливу ударного імпульсу від лопаті на деталь заготовки. Встановлено, що отримані деформації в межах пружних деформацій, а їх величина не призводить до руйнування чи вагомих пошкоджень.

Загальна характеристика дипломного проєкту:

загальний обсяг пояснювальної записки становить 73 аркушів; 35 рисунків; список літератури складається з 65 джерел, графічна частина складається з 9 аркушів креслеників формату А1.

Методика досліджень – в основу розрахунків покладано метод кінцевих елементів, теоретичні дослідження базуються на основних положеннях ТММ, теоретичної механіки.

Наукова новизна полягає в розробці методики проєктування АЗП, дослідження впливу швидкості лопаті на переміщення деталі та закон її руху, визначення впливу ударного імпульсу на деталь стосу.

Практична значимість. Полягає в автоматизації процесу завантаження машини ДН, та подібних машин прохідного типу. Отримані результати можуть бути застосовані для модернізації діючого обладнання, автоматизації процесів та проєктування нових машин.

Ключові слова: *автоматизований пристрій завантаження, ударний механізм, лопатний механізм, стос деталей, автоматизовані процеси завантаження виробів.*

SUMMARY

Oleksandr BEZUGLY. Research and development of an automated loading device for shoe sole processing machines. - Manuscript. Master's thesis for obtaining a master's degree in specialty 131 Applied mechanics of the Mechatronics and Robotics educational program, Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2022.

The master's thesis analyzed the well-known designs of automated loading devices (ATDs) for processing details of the soles of shoes. A model of the structure of the AZP with a rotary impactor has been developed, which facilitates the separation of parts from the stack and the direction of the workpiece into the processing area. The design provides a hopper for loading a stack of parts, a rotary impactor for shaking a stack of parts to facilitate individual separation of one part from the stack, and a blade that provides a horizontal component of movement. The design provides for adjustment of the force of the impact and its direction, which results in the total required ejection force.

The main task of the calculations was to analyze how the speed of the blade affects the lower part of the stack. In the calculations, a 3D solid model was used, which contains the necessary properties of the construction materials and the material of the workpieces. As a result of the analysis, the speed range of the blade was determined, which ensures the necessary process of moving the part by an amount sufficient to be captured by the feed rollers of the DN machine. In addition, the magnitude of the impact of the impact pulse from the blade on the part of the workpiece was determined. It was established that the obtained deformations are within the limits of elastic deformations, and their magnitude does not lead to destruction or significant damage.

General characteristics of the diploma project:

the total volume of the explanatory note is 73 sheets; 35 drawings; the bibliography consists of 65 sources, the graphic part consists of 9 sheets of A1 format drawings.

Research methodology – calculations are based on the finite element method, theoretical research is based on the main provisions of TMM, theoretical mechanics.

The scientific novelty consists in the development of the methodology for designing the AZP, the study of the influence of the speed of the blade on the movement of the part and the law of its movement, and the determination of the effect of the shock pulse on the part of the stack. Practical significance. It consists in the automation of the loading process of the DN machine and similar walk-through machines. The obtained results can be applied to the modernization of existing equipment, automation of processes and design of new machines.

Keywords: *automated loading device, impact mechanism, shovel mechanism, stack of parts, automated product loading processes.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ	
1.1. Класифікація деталей взуття та матеріалів.....	11
1.2. Аналітичний огляд способів переміщення деталей при автоматизованому завантаженні.....	12
1.3 Аналітичний огляд відомих конструкцій.....	14
1.3.1 Пристрій для відокремлення листового матеріалу від стосу пат. 16367.....	14
1.3.2 Пристрій для відокремлення листового матеріалу від стосу пат. 12057.....	17
1.3.3 пристрій для відокремлення листового матеріалу від стосу пат. 12057.....	19
1.3.4. Порівняльний аналіз АЗП	21
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ	
2.1. Визначення зусилля поштучного відділення деталей.....	22
2.2. Умова захвату матеріалу валками.....	25
2.3. Визначення зусилля притиснення верхнього валика.....	28
2.4. Визначення зусилля поштучного відділення після впливу на стопку ударом.....	31
2.5. Дослідження закономірностей постударного горизонтального руху деталі низу взуття з магазинного завантажувального пристрою.....	32
РОЗДІЛ 3. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОШУТЧНОГО ВІДОКРЕМЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ	
3.1 Визначення кінематичних характеристик деталі	39
3.2 Визначення деформацій деталі при дії ударного імпульсу.....	32

РОЗДІЛ 4. ОПИС ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ З ВИКОРИСТАННЯМ
РОЗРОБЛЮВАНИХ ВИРОБІВ

4.1. Організації робіт з використанням розроблених виробів.....	54
4.1. Рівень стандартизації і уніфікації	55
4.2. Розподіл виробу на складові частини.....	55
ВИСНОВКИ	58
ЛІТЕРАТУРА	59
ДОДАТКИ	64

ВСТУП

На сьогодні в Україні умови ринку, диктують високу конкуренцію, що призводить до підвищення якості продукції, постійна зміна моди диктує розвиток індустрії моди за рахунок впровадження інноваційних технологій проектування взуття, застосування сучасного обладнання та матеріалів, автоматизації технологічних процесів, використання засобів покращення продуктивності праці.

Серед багатьох технологічних процесів виготовлення взуття, велику увагу привертає процес двоїння заготовок та вирівнювання їх по товщині. Оскільки однотипність деталей виробів забезпечується саме цим процесом виробництва. Для виконання цих процесів застосовується обладнання прохідного типу, що потребує постійного контролю в завантаженні деталей виробу. Як правило, цей процес супроводжується постійним контролем оператора, а подача деталей виробу для обробки на машинах виконується в ручну. Тому автоматизація процесів завантаження обладнання призводить до необхідності розробки автоматизованих пристроїв завантаження деталей виробів магазинного типу. На кафедрі прикладної механіки останнього часу цим питанням переймалися Піскорським Г.А., Янкін Л.М., Орловський Б.В., Поповіченко С.А. та ін.. науковці. Одним з питань, яке вирішувалося в процесі розробки магазинно завантажувальних пристроїв (МЗП) було зменшення зусилля поштучного відокремлення деталей зі стосу. Серед конструкторських рішень слід приділити увагу, пропозиції, що до засування ударного імпульсу на стос деталей заготовок для усунення злипання їх між собою. Для цих цілей серед багатьох патентів були застосовані ряд ударників в поєднанні з штовхачами різного роду та принципу дії. Застосування такого конструктивного рішення призводить до збільшення продуктивності обладнання та відповідно підвищення рівня праці. Серед багатьох варіантів було покладено в розробку автоматизованого завантажувального пристрою пат. 16367 Пристрій для відокремлення листового матеріалу від стосу заготовок низу взуття.

Матеріали деталей низу взуття різноманітні, це може бути як натуральна, або штучна шкіра а також полімерні матеріали, які володіють декількома важливими властивостями, які відрізняють їх від деталей інших галузей промисловості - високі коефіцієнти тертя матеріалів, високий коефіцієнт зчеплення, мала поздовжня жорсткість.

Для вирішення задач поштучного відокремлення на виробництві застосовуються пристрої, в основу яких покладено процес відокремлення деталей шляхом застосування фрикційний, пневматичний, голчастий і ін. робочих органів поверхневої дії, або дією в торець на деталь заготовки (шиберні МЗП зі зворотно поступальним штовхачем, або обертотвим).

До недоліків таких МЗП слід віднести необхідність застосування пневматичного обладнання, або постійний знос робочого органа, не можливість транспортування деталей незначної товщини, що не уможлиблює процес переміщення матеріалів. В цей же час застосування голчастих робочих органів призводить до надійного зчеплення з заготовкою, однак при цьому пошкоджує її. Застосування шиберних МЗП в яких виконується захопленням деталей за край заготовки, не завжди вирішує процес відокремлення. Особливо деталей з різною товщиною, що супроводжується проковзуванням, через значні сил опору можливе її поздовжнє зминання.

МЗП фрикційного типу дозволяють уникнути вищезгаданих факторів, та покращити процес штучного відокремлення зі стосу.

Тому в дипломному проєкті планується дослідження та розробка пристроїв завантаження машини ДН з застосування принципів поштучного відокремлення заготовок. Для вирішення поставлених задач було розроблено автоматизований пристрій завантаження з ударним впливом на стос, яке дозволяє зменшити сили тертя опору в процесі переміщення деталі до робочого органу.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В магістерському проекті пропонується розробити та дослідити механізми автоматичного завантаження деталей низу взуття.

Актуальність роботи – полягає в розробці раціональної конструкції автоматизованого завантажувального пристрою механізму магазинного типу з принципом подвійної дії на деталі стосу.

Об'єктом дослідження є визначення закономірностей горизонтального переміщення деталей з відокремлення деталей низу взуття зі стосу під дією ударного імпульсу [2].

Методи та методика розрахунку. При вирішенні задачі, поставленої в дипломного проекті були використані відомі положення з теорії удару [3,4] і прикладної теорії коливань [5]. При створенні математичної моделі процесу поштучного відокремлення (ПВ) в МЗП була використана кусково-безперервна функція переміщення деталей після ударного імпульсу за принципом [5].

Постановка завдання. В основу роботи покладено вирішення таких задач:

- проведення аналітичного огляду відомих конструкцій та вибір раціональної;
- розробка конструкції автоматизованого завантажувального пристрою;
- моделювання процесу переміщення матеріалів робочими органами;
- розробка конструкторської документації.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

1.1. Класифікація деталей взуття та матеріалів

Деталі взуття класифікують у відповідності до їх придатності до автоматичного завантаження [1, 2]. До першої групи відносять деталі взуття, які виготовляються із металів і пластмас, мають стабільну форму, розміри й властивості (гачки, кнопки, цвяхи, пряжки, супінатори, вкладиші). Вони подібні до машинобудівельних деталей, і всі розробки в області автоматичного завантаження в машинобудуванні і приладобудуванні для них прийнятні. Завдяки стабільності властивостей деталі з першої групи не викликають складностей при автоматичному завантаженні. Як правило, для їх завантаження використовують завантажувальні пристрої бункерного типу, їх розробці та дослідженню призначена значна кількість праць [3, 4].

Деталі другої групи виготовляють зі шкіри, гуми, мікропористої гуми, картону та інших матеріалів. Ці деталі володіють рядом специфічних властивостей, що відрізняють їх від деталей машинобудування, приладобудування та інших галузей промисловості. Вони включають: велику кількість типорозмірів одного найменування й призначення, широку дисперсію фізико-механічних властивостей, значну коробленість, високі коефіцієнти тертя, порівняно малу твердість (устілки, задники), високу зчеплюваність, парність, особливі властивості поверхонь (лице – бахтарма, оброблена – необроблена й т. п.), завищені припуски на обробку. Саме при проєктуванні магазинних завантажувальних пристроїв для деталей взуття другої групи та при їх поштучному відокремленні і автоматичному завантаженні виникає найбільше ускладнень, пов'язаних з переліченими вище специфічними властивостями, можливе використання завантажувальних пристроїв для листового матеріалу, що застосовуються у поліграфічному, і деревообробному виробництвах [2, 3] а також в тих галузях виробництва, де доводиться завантажувати м'які листові матеріали [5–13].

Деталі з другої підгрупи є придатними для автоматичного

завантажування. Для розташування в завантажувальному пристрої зручно використовувати магазин, в якому деталі розташовуються в вертикальному стосі. Попередній відбір, сортування, орієнтування деталей та завантаження магазину виконується робітником вручну [1, 2].

Значні сили тертя між деталлю, що відокремлюється, та стосом, в наслідок особливостей швейних матеріалів, перешкоджають розробці надійних працездатних РЗПШ. Тому виникає завдання зменшення зчеплення між деталлю, що відокремлюється та стосом, або ж збільшення зчеплення між деталлю та захватним органом.

1.2. Аналітичний огляд способів переміщення деталей при автоматизованому завантаженні

Протягом усього періоду розвитку завантажувальних пристроїв магазинного типу у Текстильній промисловості виникали розробки покликані вирішити згадане завдання. Подібні інженерні шукання присутні в поліграфічній і деревообробній промисловості, яким доводиться мати справи з автоматизацією завантаження листових матеріалів, що мають схожі із взуттєвими характеристики.

Аналіз літературних джерел дозволив створити класифікацію магазинних завантажувальних пристроїв з точки зору способів покращення умов процесу поштучного відокремлення [15], а також показав, що найменш дослідженим є використання імпульсного впливу на стос деталей в магазині завантажувального пристрою.

Цей спосіб дозволяє зменшити сили тертя між деталлю та стосом під час процесу поштучного відокремлення. Різновидами цього способу є вібрація та ударний вплив на стос. Вібрація використовується як для відокремлення деталей від стосу так і для ослаблення сили тертя між відокремлюваною деталлю та стосом вище розташованих [2]. Вібраційні завантажувальні пристрої поширено використовуються в завантажуванні деталей взуття та подібних до них за властивостями деталей, їх дослідженню присвячено певну кількість

наукових праць та розробок [2, 14]. Цей спосіб є досить ефективним, однак він має одну особливість. У вібраційних пристроях при їх роботі виникає корисне зусилля, спрямоване під певним кутом. Вертикальна складова цього зусилля послаблює силу тертя між відокремлюваною деталлю та стосом. Горизонтальна – пересуває деталь, або допомагає її пересуванню. При регулюванні зусилля вертикальна та горизонтальна складові змінюються одночасно. Не можливо регулювати вертикальну складову окремо. Також не досліджено окремо вплив її на стос деталей під час поштучного відокремлення.

Альтернативою вібрації може бути вертикальна ударна дія на стос, яка використовується для ослаблення зв'язків деталі та стосу при ПВ одночасно з роботою захватного органу. Використання ударного механізму дозволить окремо регулювати та досліджувати вплив вертикальної сили в залежності від властивостей швейних деталей.

Аналітичне дослідження магазинного завантажувального пристрою обладнаного механізмом додаткового вертикального ударного впливу на стос деталей [16, 17] дозволило визначити: величини вертикальних переміщень стосу після удару та проміжків часу, протягом яких порушується контакт відокремлюваної деталі та стосу і відповідно зменшуються сили тертя; допустимі величини ударного імпульсу, при використанні яких не відбудеться втрати контакту робочого органу та відокремлюваної деталі. Математична модель процесу поштучного відокремлення показала, що переміщення відокремлюваного виробу залежить в основному від зусилля поштучного відокремлення та кількості деталей в стосі. Зміна ударного імпульсу в заданих межах виявляє менше виражений вплив на переміщення деталі. Використання ударного впливу дозволяє зменшити зусилля поштучного відокремлення майже на 30 %, і отримати достатнє переміщення деталі з завантажувального пристрою. Розрахунки показали, що вздовж часу, коли в стосі протікають коливальні процеси після ударного впливу, переміщення відокремлюваного виробу на необхідні для захвату валиками 60–90 мм забезпечується в досить широкому діапазоні зміни зусилля поштучного відокремлення та ударного

імпульсу.

1.3 Аналітичний огляд відомих конструкцій

1.3.1 Пристрій для відокремлення листового матеріалу від стосу пат. 16367

Пристрій для відокремлення листового матеріалу зі стопи, включає вал 1 (рис. 1), встановлений в підшипниках і кінематично зв'язаний з приводом (на рис. не показанні); засіб для відокремлення листового матеріалу зі стопи, виконаний у вигляді кулачка 2, з профілем по формі спіралі Архімеда, повзун 3 з радіальним пазом, закріплений на кулачку 2 та встановлений в напрямку 4, яка закріплена на валу 1, в напрямній 4 встановлений регулювальний гвинт 5, кінематично пов'язаний з повзуном 3; відсікач 6, що представляє собою гнучку пластину, закріплений на передній стінці магазину 7; вивідні ролики 8 та 9, встановлені в підшипниках та кінематично пов'язані з приводом; засіб для підкидання стопи, виконаний у вигляді вільчатого коромисла 10, встановлений під магазином 7 і зв'язаний за допомогою тяги 11 з шарнірно встановленим електромагнітом 12; на валу 1 з можливістю регулювання за допомогою гвинта 13 закріплений кулачок 14, напроти якого закріплено кінцевий вмикач 15, пов'язаний з електромагнітом 12 [5].

Працює пристрій наступним чином.

В магазин 7 завантажується стопа листового матеріалу. Перед захватом нижнього листа кулачком 2 виступ кулачка взаємодіє з кінцевим вимикачем 15, що подає напругу на електромагніт 12, який різко притягує до себе тягу 11, яка приводить в дію вільчатє коромисло 10. Вільчатє коромисло 10 наносить по стопі листового матеріалу удар. В момент удару відбувається ослаблення сил зчеплення між листом, що відокремлюється та стопою вище розташованих. Одночасно кулачок 2 захватує нижній лист та переміщує його до вивідних роликів 8, 9. Відсікач 6 запобігає переміщенню більше одного листа. Таким чином процес повторюється, доки не відділяться усі листи. Ексцентриситет

кулачка 2 регулюється провертанням регулювального гвинта 5 в напрямній 4, внаслідок чого переміститься повзун 3, з закріпленням на ньому кулачком 2 [5].

Оснащення пристрою для відокремлення листового матеріалу зі стопи засобом для відокремлення виконаним у вигляді кулачка з профілем по формі

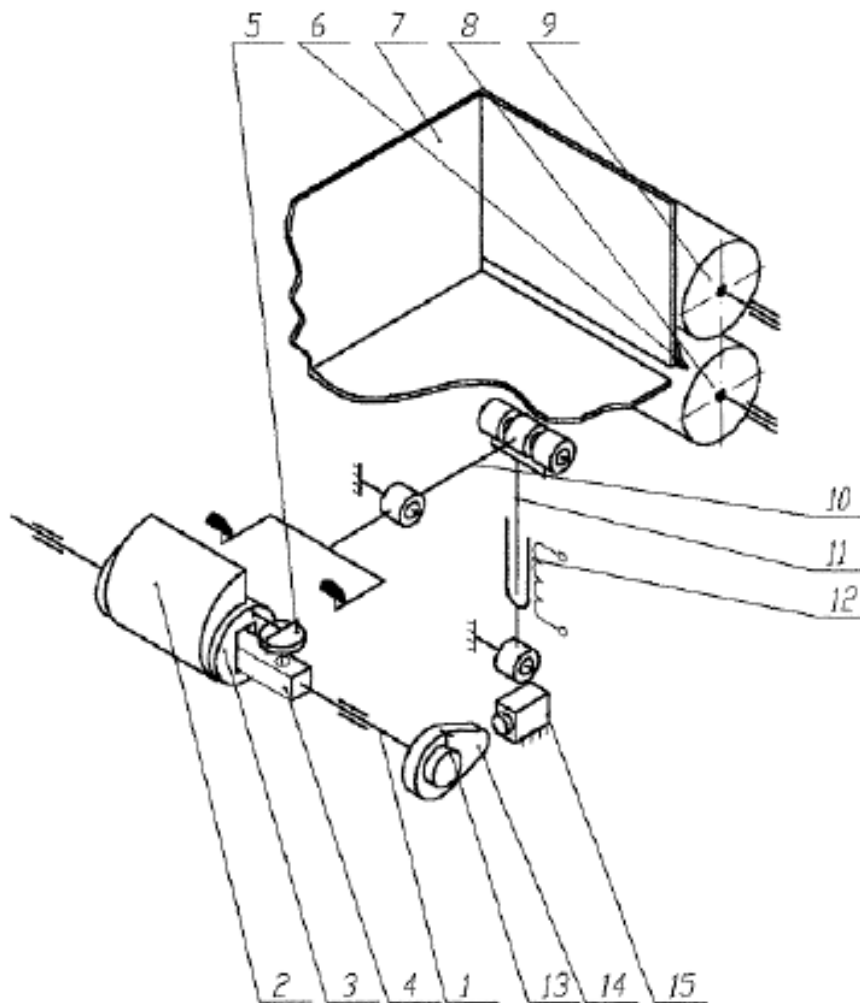


Рис. 1 Магази́нне завантажувальний пристрій 16367 [5]

спіралі Архімеда, встановленого на валу та оснащеного регулятором зміни ексцентриситету, дозволяє уникнути проковзування його по листу, що відокремлюється, а отже підвищити якість роботи пристрою [5].

Магазинне завантажувальний пристрій складається з збірного корпусу, двох виводять валиків порита фрикційним матеріалом (верхнього притискного і нижнього подає), засоби для відділення нижньої деталі від стопи матеріалу і подачі її до виводить валикам і ударно механізму, встановленого в корпусі під дном магазину.

Ударний механізм (див. Кінематичну схему на аркуші) складається з електромагніту 1, сердечник якого шарнірно з'єднаний з шатуном 2, який в свою чергу з'єднаний з коромислом 3, підпружиненим пружиною 4. У втулках коромисла 3 встановлені можливістью регулювання ударники 5.

На валу 6, кінематично пов'язаних з приводом, закріплений ротор з гнучкою лопаттю 7. Також на валу 6 закріплений з можливістью регулювання кулачок 8, навпроти якого на корпусі розташований кінцевий вимикач 9, пов'язаний з електромагнітом 1.

Працює магазинне завантажувальний пристрій наступним чином.

У магазин укладається стопа деталей низу взуття. Вал 6 з ротором і гнучкою лопаттю 7 постійно обертається. Коли лопать 8 наближається до нижньої деталі, кулачок натискає на кінцевий вимикач 9, який подає струм на електромагніт 1 і призводить його в дію. Сердечник електромагніта різко рухається вниз і тягне за собою шатун 2, який передає рух на коромисло 4, яке завдає ударниками 5 різкий удар по стопі деталей. Ударну дію на стопу дозволяє послабити сили тертя між відокремлюваної деталлю і вищерозташованих деталями в стосі. В наступний момент лопать 7 підходить до нижньої деталі і за рахунок сили тертя захоплює її і подає до виводить валикам.

1.3.2 Пристрій для відокремлення листового матеріалу від стосу пат. 12057

Пристрій включає вал 1 (рис. 2), встановлений в підшипниках і кінематично зв'язаний з приводом; засіб для відокремлення листового матеріалу зі стосу, виконаний у вигляді гнучкої лопаті 2; відсікач, що представляє собою гнучку пластину 3, закріп лена на передній стінці магазину 4, встановлену з просвітом відносно днища магазину 4, величина якого не перевищує найменшу товщину матеріалу, вивідні ролики 5, 6; засіб для підкидання стосу, виконаний у вигляді вильчатого коромисла 7, встановлений під магазином 4 і зв'язаний за допомогою тяги 8 з шарнірно встановленим електромагнітом 9; вилка коромисла 7 з'єднана з відростком каменя 10, що знаходиться в пазу куліси 11, встановленої шарнірно під магазином 4 і зафіксованої за допомогою гайки 12 в напрямній 13. Камінь 10 має в собі ударник 14. Кінцевий вимикач 15, зв'язний з електромагнітом 9. На кінці вала 1, напроти кінцевого вимикача 15, закріплений за допомогою гвинта 16, кулачок 17 з можливістю поворота.

Працює пристрій наступним чином [6].

В магазин 4 завантажується стопа листового матеріалу. Перед захватом нижнього листа лопаттю 2 виступ кулачка 17 взаємодіє з кінцевим вимикачем 15, що подає напругу на електромагніт 9, який різко притягує до себе тягу 8, яка приводить в дію вильчате коромисло 7. Воно рухає камінь 10 з відростком по пазу куліси 11. Камінь 10 з відростком ударником 14 наносить удар по стопі матеріалу. Транспортуюча лопать 2 захватує нижній лист та переміщує його до виводячих роликів 5, 6. Пластина 3 запобігає переміщенню більше одного листа. Таким чином процес повторюється, доки не відділяться усі листи. Регулювання напрямку удару відбувається при ослабленні гайки 12 та повороті куліси 11 на необхідний кут відносно вертикалі [6].

Оснащення пристрою для відокремлення листового матеріалу зі стосу регулятором напрямку удару та нове виконання форми коромисла забезпечує підвищення зусилля поштучного відокремлення, а отже підвищення якості

1.3.3 пристрій для відокремлення листового матеріалу від стосу пат. 12057

Пристрій включає вал 1 (рис. 3), встановлений в підшипниках 2 і кінематично зв'язаний з приводом; засіб для відокремлення листового матеріалу зі стопи, виконаний у вигляді гнучкої лопаті 3, закріпленої на валу 1; відсікач, що представляє собою гнучку пластину 4, закріплену на передній стінці магазину 5, встановлену з просвітом відносно днища магазину 5, і вивідні ролики 6, 7; засіб для підкидання стопи, виконаний у вигляді коромисла 8, встановлений під магазином 5 і зв'язаний за допомогою тяги 9 з шарнірно встановленим електромагнітом 10; на кінці коромисла на валу 11 встановлено ролик 12. Також пристрій оснащено додатковим приводом, що включає ведений 13 та ведучий 14 шків, а також пас 15. Ведений шків 13 закріплений на валу 11 та кінематично пов'язаний з ведучим шківом 14 за допомогою паса 15. Ведучий шків 14 встановлений на осі коромисла 8, та кінематично пов'язаний з приводом. Кінцевий вимикач 16, зв'язаний з електромагнітом 10. На кінці вала 1, напроти кінцевого вимикача 16, закріплений за допомогою гвинта 17, кулачок 18 з можливістю повороту. Привод включає закріплений нерухомо двигун 19, вал 20 двигуна 19, закріплений на валу 20 шків 21, паси 22 та 23, а також шків 24, закріплений на валу 1. Шків 21 за допомогою пасів 22 та 23 поєднано зі шківом 14 та 24 [7].

Працює пристрій наступним чином.

В магазин 5 завантажується стопа листового матеріалу. Перед захватом нижнього листа лопаттю 3 виступ кулачка 18 взаємодіє з кінцевим вимикачем 16, що подає напругу на електромагніт 10, який різко притягує до себе тягу 9, яка приводить в дію коромисло 8. Коромисло наносить по стопі листового матеріалу удар роликком 12, що постійно обертається. В момент удару між роликком 12 та нижнім листом, що відокремлюється, виникає зусилля, що починає відокремлювати лист. Одночасно транспортуюча лопать 3 захватує нижній лист та переміщує його до вивідних роликів 6, 7. Пластина 4 запобігає

переміщенню більше одного листа [7].

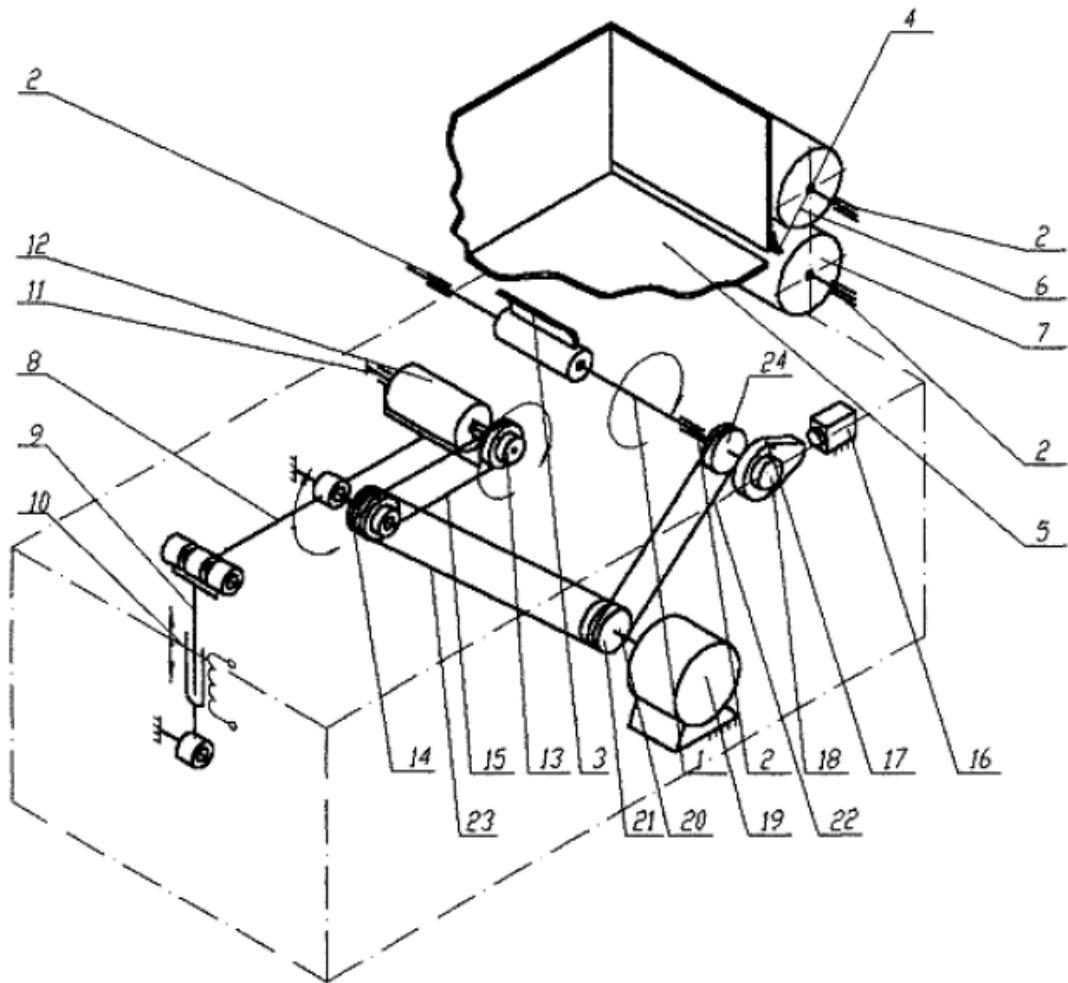


Рис. 3 Магазинне завантажувальний пристрій 15661 [7]

Таким чином процес повторюється, доки не відділяться усі листи. Фрикційне покриття ролика 12 дозволяє збільшити зусилля, направлене по ходу технологічного процесу.

Оснащення пристрою для відокремлення листового матеріалу зі стопи допоміжним механізмом відокремлення забезпечує підвищення зусилля поштучного відокремлення, а отже підвищення якості роботи пристрою.

1.3.4. Порівняльний аналіз АЗП

Недоліком першого варіанту виробу є те, що при ударі ударників, які рухаються по дузі, виникає ударна сила, що має дві складових: вертикальна, яка послаблює сили тертя між деталлю і стопкою, і горизонтальна спрямована проти руху деталі. Це не дозволяє належним чином використовувати переваги ударного механізму а також зменшує надійність завантажувального пристрою.

Пристрій оснастили механізмом регулювання напрямку удару забезпечує швидке налаштування для конкретної операції.

Змінивши кут удару можна направити його по ходу технологічного процесу, що виникла в такому випадку горизонтальна складова удару може бути спрямована по ходу руху. Підсумовуючись з силою тертя деталі про ротор, вона збільшує зусилля поштучного відділення. З огляду на це підвищується надійність магазинного завантажувального пристрою.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Тривалість обробки виробів на більшості операцій взуттєвого виробництва коливається в межах 0,04–0,5 хв і становить по суті незначну частку загального операційного часу, через що потрібна часта зміна, установка і зняття виробів, майже безперервне обслуговування напівавтоматів і велика витрата часу на пересувні та допоміжні робочі прийоми, відносна кількість яких дуже велика.

Якщо при ручному завантаженні робітник обов'язково бере участь у кожному переході, то застосування автоматичних завантажувальних пристроїв дає можливість деякі переходи циклу проводити паралельно, тому що вони не вимагають участі робітника, а виконуються механізмами.

Ручне завантаження створює напружений режим роботи обслуговуючого персоналу, вимагає від нього забезпечення заданого ритму і викликає швидку стомлюваність. У цих умовах обслуговуючий персонал не може приділяти належну увагу контролю за роботою машини і якістю виготовленої продукції тощо. Механізація і автоматизація процесів завантаження заготовок звільняє робітників від стомлюючих ручних операцій, дозволяє підвищити робочі швидкості устаткування й поліпшити якість продукції. Разом з тим створюються умови для організації багатостатного обслуговування.

Рішення задачі механізації і автоматизації завантаження взуттєвого обладнання заготовками і деталями взуття досягається використанням автоматичних завантажувальних пристроїв.

2.1. Визначення зусилля поштучного відділення деталей

Складаємо рівняння всіх діючих сил на вісь ОХ (рис. 4.):

$$\sum_{\text{ОХ}} F_i = 0,$$

звідки

$$F_1 \geq F_2 + F_3,$$

де F_1 - сила тертя між заготовками в стосі;

F_2 - сила тертя між нижньою деталлю і гнучкою лопаттю;

F_3 - сила тертя нижньої деталі про дно магазину.

Зусилля поштучного відділення:

$$Q_{n.o.} = F_1 = f_1 \cdot m \cdot g \cdot n,$$

де $m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$ - маса однієї деталі;

$n = 20 \text{ шт}$ - кількість деталей в стосі;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння;

$f_1 = 0,8$ -коефіцієнт тертя між шкірою і гумою.

Визначимо складові рівняння:

$$F_2 = f_2 \cdot m \cdot g \cdot (n - 1),$$

$$F_3 = f_3 \cdot m \cdot g \cdot n,$$

де $f_2 = 0,6$ - коефіцієнт тертя між шкірою і шкірою;

$f_3 = 0,4$ - коефіцієнт тертя між шкірою і сталлю.

Найдем усилие поштучного отделения подставив все составляющие уравнения:

$$Q_{n.o.} = f_2 \cdot m \cdot g \cdot (n - 1) + f_3 \cdot m \cdot g \cdot n,$$

$$Q_{n.o.} = 0,6 \cdot 0,2 \cdot 9,8 \cdot (20 - 1) + 0,4 \cdot 0,2 \cdot 9,8 \cdot 20 = 38 \text{ Н}.$$

Определяем мощность необходимую для отделения заготовки гибкой лопастью:

$$N_{\text{лоп.}} = Q_{n.o.} \cdot V_{\text{лоп.}},$$

$$N_{\text{лоп.}} = 38 \cdot 0,2 = 7,6 \text{ Вт},$$

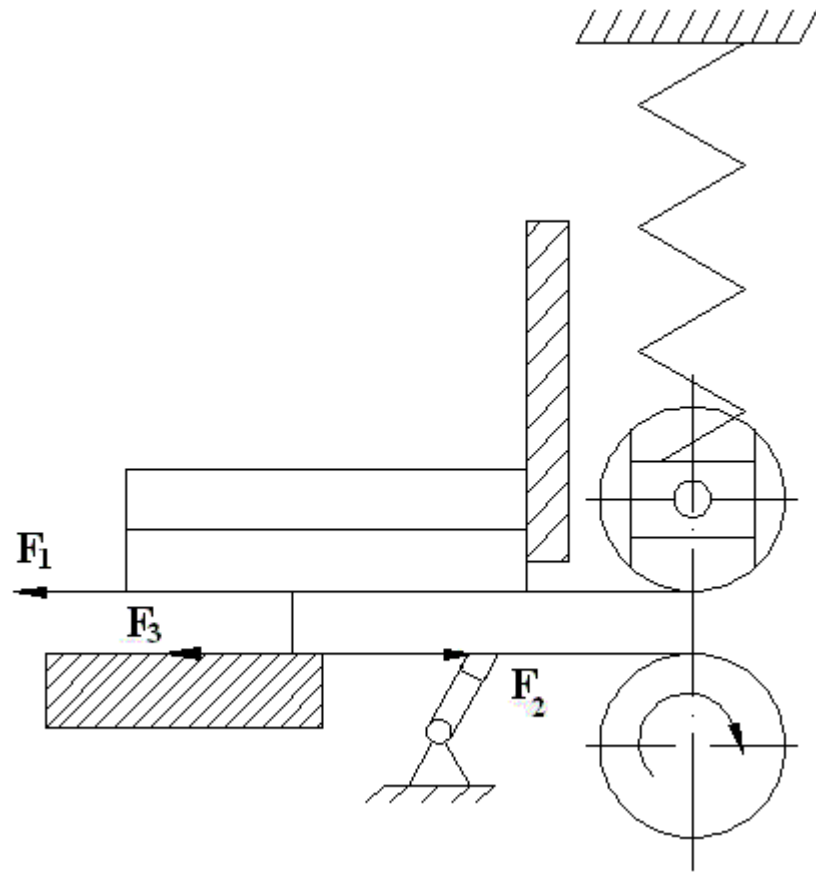


Рис.4. Схема сил при подачі деталей гнучкою лопастью

де $Q_{л.о}$ - усилие поштучного отделения;

$V_{лоп.}$ - скорость вращения лопасти;

так как за 1 оборот деталь подается на 50мм, то

$$V_{лоп.} = 200 \text{ мм/с} = 0,2 \text{ м/с}.$$

Тогда частота вращения гибкой лопасти определится по формуле:

$$n_{лоп.} = \frac{V \square 60 \square 1000}{\pi \square D_{лоп.}},$$

где $D_{лоп.} = 100 \text{ мм}$ - диаметр лопасти.

$$n_{топ.} = \frac{0,2 \square 60 \square 1000}{3,14 \square 100} = 38 \text{ мин}^{-1}.$$

2.2. Умова захвату матеріалу валками

Метою цього розрахунку є визначення мінімального діаметра валиків, що забезпечують захоплення деталі товщиною h (див. Рис. 5).

$$AO = \frac{D_{вал.}}{2} - \frac{h - h_0}{2},$$

де h - товщина заготовки;

h_0 - зазор між валками;

F_n - сила тертя нижнього валика;

N_n - нормальне зусилля в нижньому валику

$$AO = \cos \alpha,$$

але оскільки $BO = \frac{D_{вал.}}{2}$,

тоді

$$\cos \alpha = \frac{(D_{вал.} - h - h_0)^2}{2 \square D_{вал.}} = 1 - \frac{h - h_0}{2}.$$

Спроекуємо всі діючі сили на вісь OX , тобто:

$$\sum_{OX} P_i = 0;$$

тоді

$$N_n \cdot \sin \alpha - F_n \cdot \cos \alpha = 0,$$

так як:

$$F_n = N_n \cdot f_{н.в.}$$

де $f_{н.в.}$ - коефіцієнт тертя нижнього валу.

Прирівняємо ці два рівняння:

$$N_n \cdot \sin \alpha - N_n \cdot f_{н.в.} \cdot \cos \alpha = 0.$$

Розділимо обидві частини рівняння на N_n .:

$$\sin \alpha - f_{н.в.} \cdot \cos \alpha = 0,$$

але так як

$$f_{н.в.} = \operatorname{tg} \alpha,$$

то отримаємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \sqrt{\frac{1 - \cos^2 \alpha}{\cos \alpha}}.$$

Замість $\cos \alpha$ підставимо його значення:

$$f_{н.в.} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{D_{вал.} - h - h_0}{D_{вал.}} \right)^2}}{\frac{D_{вал.} - h - h_0}{D_{вал.}}} = \frac{\sqrt{D_{вал.}^2 - (D_{вал.} - h - h_0)^2}}{D_{вал.} - h - h_0}.$$

Зведемо в квадрат праву і ліву частини виразу, отримаємо:

$$f_{н.в.}^2 = \frac{D_{вал.}^2 - (D_{вал.} - h - h_0)^2}{(D_{вал.} - h - h_0)^2},$$

$$D_{вал.}^2 - (D_{вал.} - h - h_0)^2 = f_{н.в.}^2 \cdot (D_{вал.} - h - h_0)^2.$$

В результаті перетворень, отримаємо:

$$i. D_{вал.}^2 \cdot f_{н.в.}^2 + 2 D_{вал.} \cdot (h_0 - h) (1 - f_{н.в.}^2) + (h_0 + h)^2 (1 - f_{н.в.}^2)^2 = 0.$$

Вирішуючи рівняння щодо $D_{вал.}$ отримаємо:

$$D_{вал.} = \frac{-2(h_0 - h)(1 - f_{н.в.}^2) + \sqrt{4f_{н.в.}^2(h_0 - h)^2(1 - f_{н.в.}^2)^2 - 4(h_0 + h)^2(1 - f_{н.в.}^2)^2}}{2f_{н.в.}^2}.$$

Таким чином діаметр валика не залежить від зусилля притиснення пружини, а залежить від товщини деталі h величини зазору h_0 і від коефіцієнта тертя для нижнього валика $n.v.$ Підставимо чисельні значення складових рівняння:

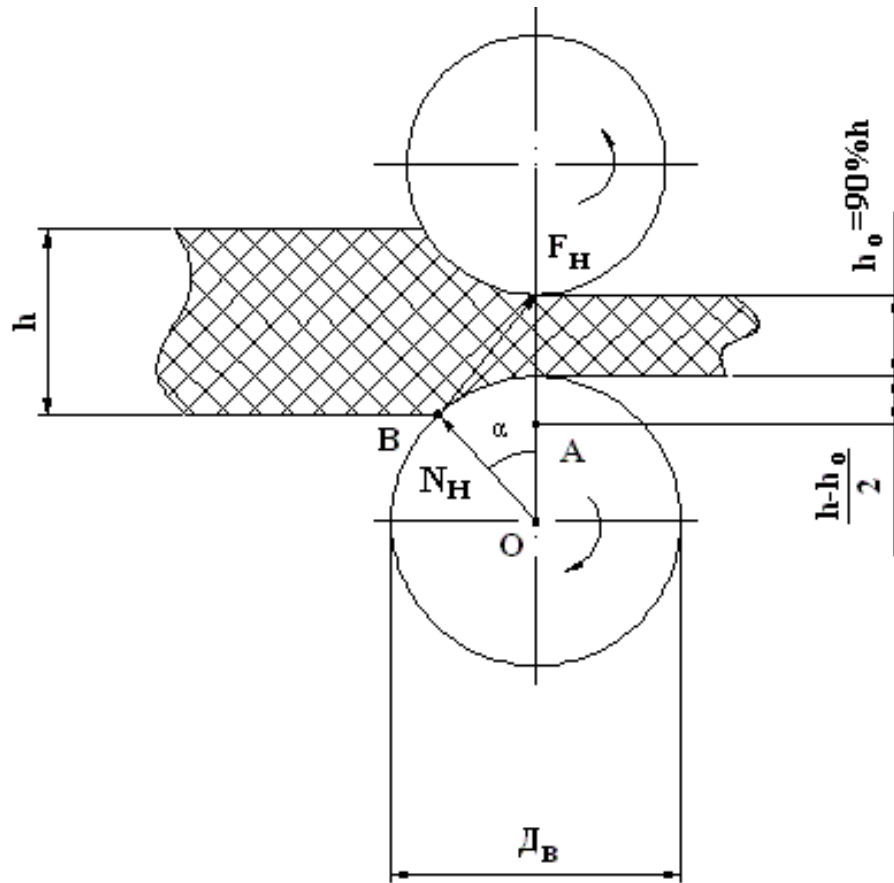


Рис. 5. Схема захвата матеріала валками

$$D_{\text{вал.}} = \frac{-2(2-20)(1-0,8^2) + \sqrt{0,8^2(2-20)^2(1-0,8)^2 - 4(2-20)^2(1-0,8^2)}}{2 \cdot 0,8^2} = 38,58 \text{ мм.}$$

Так як даний вал використовується для захоплення заготовок, то для збільшення площі зчеплення заготовки з валом приймаємо діаметр валу рівним $D_{\text{вал.}} = 80 \text{ мм}$.

2.3. Визначення зусилля притиснення верхнього валика

Спроекуємо всі діючі сили на горизонтальну вісь OX (рис. 6):

$$\sum_{OX} F_i = 0,$$

тоді

$$F_3 - F_4 - F_2 - F_1 = 0.$$

Зусилля захоплення однієї деталі буде:

$$Q = F_3 = F_1 + F_2 + F_4,$$

звідки

$$F_1 = f_1 m g n,$$

$$F_2 = f_2 m g (n - 1),$$

$$F_4 = \kappa P_{\text{пр.}},$$

$$F_3 = f_3 P_{\text{пр.}},$$

де $m = 200 \cdot z = 0,2 \text{ кг}$ - маса однієї деталі;

$n = 20 \text{ шт}$ - кількість деталей в стосі;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння;

$f_1 = 0,8$ - коефіцієнт тертя ковзання між шкірою і гумою;

$f_2 = 0,6$ - коефіцієнт тертя ковзання між шкірою і шкірою;

$f_3 = 0,4$ - коефіцієнт тертя ковзання між шкірою і сталлю.

κ - коефіцієнт тертя кочення.

$P_{пр.}$ - зусилля притиснення пружини.

Підставами всі складові рівняння і прирівняємо:

$$P_{пр.} \cdot f_3 = f_1 \cdot m \cdot g \cdot n + f_2 \cdot m \cdot g \cdot (n - 1) + P_{пр.} \cdot \kappa;$$

$$P_{пр.} \cdot f_3 - P_{пр.} \cdot \kappa = f_1 \cdot m \cdot g \cdot n + f_2 \cdot m \cdot g \cdot (n - 1),$$

де κ - коефіцієнт тертя кочення.

Потрібне зусилля притиснення валика:

$$P_{пр.} = \frac{f_1 \cdot m \cdot g \cdot n + f_2 \cdot m \cdot g \cdot (n - 1)}{f_3},$$

так як κ - коефіцієнт тертя кочення і на порядок менше коефіцієнта тертя ковзання, то їм нехтуємо.

тоді,

$$P_{пр.} = \frac{0,4 \cdot 0,2 \cdot 9,8 \cdot 20 + 0,6 \cdot 0,2 \cdot 9,8 \cdot (20 - 1)}{0,8} = 47,5 \approx 50 \text{ Н.}$$

Визначаємо швидкість вала подачі, для цього враховуємо продуктивність технологічної машини - 1 дет / сек, максимальна довжина підошви - 320 мм,

тоді лінійна швидкість обробки:

$$V = 320 \text{ мм/с.}$$

З урахуванням товщини стінки і запасом, приймаємо

$$V = 0,5 \text{ м/с.}$$

Приймаємо діаметр валу подачі $D_{вал.} = 80 \text{ мм.}$

Потужність розвивається валом:

$$N_{вал.} = F_3 \cdot V_{вал.},$$

або

$$N_{вал.} = P_{пр.} \cdot f_3 \cdot V.$$

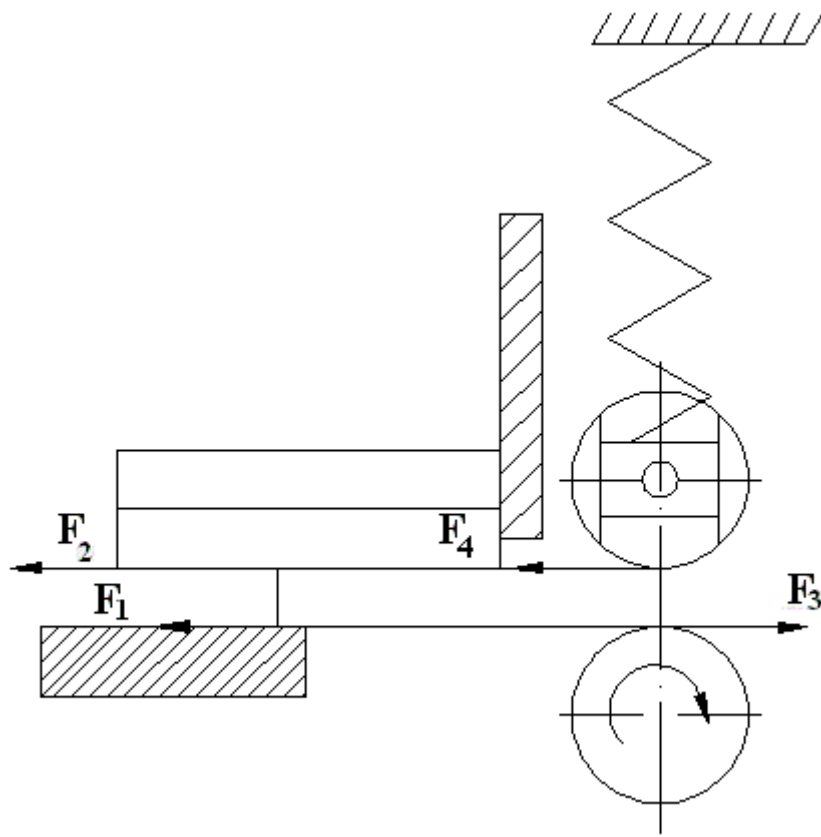


Рис. 6. Спрощена схема валкової подачі деталей.

Тоді, підставивши чисельні значення, отримаємо:

$$N_{\text{вал.}} = 50 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 20 \text{ Вт.}$$

Визначимо частоту обертання валу:

$$n_{\square} = \frac{V \square 60 \square 100}{\pi \square D_{\text{вал.}}};$$

$$n_{\text{вал.}} = \frac{0,5 \square 60 \square 1000}{3,14 \square 80} = 119 \text{ мин}^{-1}.$$

2.4. Визначення зусилля поштучного відділення після впливу на стопку ударом

Складаємо рівняння всіх діючих сил на вісь ОХ (рис.7.):

$$\sum_{\text{ОХ}} F_i = 0,$$

звідки

$$F_1 \geq F_2 + F_3,$$

де F_1 - сила тертя між заготовками в стосі;

F_2 - сила тертя між нижньою деталлю і гнучкою лопаттю;

F_3 - сила тертя нижньої деталі про дно магазину.

Зусилля поштучного відділення:

$$Q_{\text{н.о.}} = F_1 = f_1 \square m \square g \square n,$$

де $m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$ - маса однієї деталі;

$n = 20 \text{ шт}$ - кількість деталей в стосі;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння;

$f_1 = 0,8$ -коефіцієнт тертя між шкірою і гумою.

Визначимо складові рівняння:

$$F_2 = f_2 \square m \square g (n - 1),$$

$$F_3 = f_3 \square m \square g \square n,$$

де $f_2 = 0,09$ - коефіцієнт тертя руху між шкірою і шкірою;

$f_3 = 0,06$ - коефіцієнт тертя руху між шкірою і сталлю.

Знайдемо зусилля поштучного відділення підставивши всі складові в формулу:

$$Q_{n.o.} = f_2 \cdot m \cdot g \cdot (n-1) + f_3 \cdot m \cdot g \cdot n,$$

$$Q_{n.o.} = 0,09 \cdot 0,2 \cdot 9,8 \cdot (20-1) + 0,06 \cdot 0,2 \cdot 9,8 \cdot 20 = 5,7 \text{ Н}.$$

Маючи величини зусилля поштучного відділення до і після впливу удару можемо визначити на скільки зменшується сила тертя:

$$\Delta Q_{п.о.} = \frac{Q_{п.о.у.} \cdot 100}{Q_{п.о.}},$$

де $Q_{п.о.у.}$ - зусилля поштучного відділення вчасно удару;

$Q_{п.о.}$ - зусилля поштучного відділення без впливу удару.

$$\Delta Q_{п.о.} = \frac{5,7 \cdot 100}{38} = 15.$$

Таким чином, сила тертя зменшується на 15%, що підвищує надійність і доводить доцільність використання удару для полегшення відділення деталей.

2.5. Дослідження закономірностей постударного горизонтального руху деталі низу взуття з магазинного завантажувального пристрою

При створенні математичної моделі процесу поштучного відокремлення (ПВ) в магазинному завантажувальному пристрої (РЗПШ) для деталей низу взуття обладнаних ударним механізмом імпульсної дії була використана кусково-безперервна функція вертикального переміщення стосу деталей після збудження об'єкту ПВ імпульсом сили [5]. Необхідно отримати закон горизонтального переміщення відокремлюваної від стосу деталі низу взуття з текстильних та інших матеріалів після впливу на стос вертикальним ударним імпульсом, з метою зменшення зусилля поштучного відокремлення, яке прикладене до нижньої деталі стосу.

Вбільшості РЗПШ із захватом відокремлюваної деталі за край для надійного ПВ необхідно подолати шкідливі сили тертя: F_1 – силу тертя « гума-сталь» що виникає між відокремлюваною деталлю і поверхнею на якій

знаходиться стос та F_2 – силу тертя «гума-гума» що виникає між відокремлюваною деталлю і поверхнею верхньої деталі в стосі. Для рушійній сили Q умовою надійного ПВ деталей низу взуття зі стосу є:

$$Q \geq (F_1 + F_2).$$

Прирівнюємо праві частини виразів (1) та (3) і отримаємо вираз для переміщення деталі у функції часу t :

$$a = \frac{Q - F_1 - F_2}{m},$$

де a – прискорення деталі.

Сили тертя визначаємо з виразів:

$$F_1 = m \cdot g \cdot n \cdot f_1; \quad F_2 = m \cdot g(n-1)f_2,$$

де m – маса одної деталі; n – кількість деталей в стосі; g – прискорення сили ваги ($G=mg$); f_1 , f_2 – коефіцієнти тертя відповідно «гума-сталь» між дном магазину і деталлю та «гума-гума» між деталлю та стосом.

Також відомо що прискорення деталі визначається за виразом:

$$a = \frac{2X}{t^2}$$

Прирівнюємо праві частини виразів (1) та (3) і отримаємо вираз для переміщення деталі у функції часу t :

$$X(t) = \frac{t^2 (Q - F_1 - F_2)}{2m}.$$

При математичному описанні горизонтального переміщення листа відокремлюваного від стосу в РЗПШ з ударним механізмом необхідно враховувати особливості процесу поштучного відокремлення, які додаються використанням ударного впливу. В роботі [5] було отримані закономірності вертикального переміщення стосу від ударного імпульсу та кількості деталей в стосі. На рис. 7 наведено можливі варіанти відносного положення нижньої

жорсткої деталі та стосу з таких деталей. Рис. 2.а ілюструє момент коли після удару один з кінців стосу знаходиться в повітрі протягом коротких проміжків часу. Сили тертя $F1$ і $F2$ зумовлені реакцією опори R_A в точці контакту деталь-стос і відповідними коефіцієнтами тертя. Ця реакції в свою чергу визначаються часткою маси стосу, яка продовжує впливати на дно магазину, протягом того часу коли один з кінців стосу знаходиться русі. Для вирішення задачі по визначенню реакції R_A , протягом проміжків часу, коли стос рухається після удару, можна використати розрахункову схему, зображену на рис.1,б і на рис.1,в. На цих схемах стос розглядається як такий, що одним своїм кінцем розташований на опорі, а другий на висоті h , яка відповідає максимальній величині вертикального переміщення стосу. Така схема дозволить перейти до розгляду стосу в статичному положенні, дозволивши визначити реакцію R_A в точці А контакту деталі та стосу.

Для визначення реакції R_A складемо рівняння суми моментів діючих на стос сил відносно точки В (рис.2):

$$\sum M_B = 0 \quad (R_A \cdot AC) - (G \cdot DC) = 0, \quad (5)$$

де $G = mg(n-1)$ – сила ваги стосу,

Плече AC визначаємо з трикутника ABC:

$$AC = \sqrt{AB^2 - BC^2} = \sqrt{l^2 - h^2}, \quad (6)$$

де l – довжина деталі, h – висота підйому стосу після удару.

Плече DC = AC - AD . AD визначаємо з трикутника AOD:

$$AD = AO \cos \angle OAD. \quad (7)$$

З трикутника AMB:

$$AO = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + l^2}. \quad (8)$$

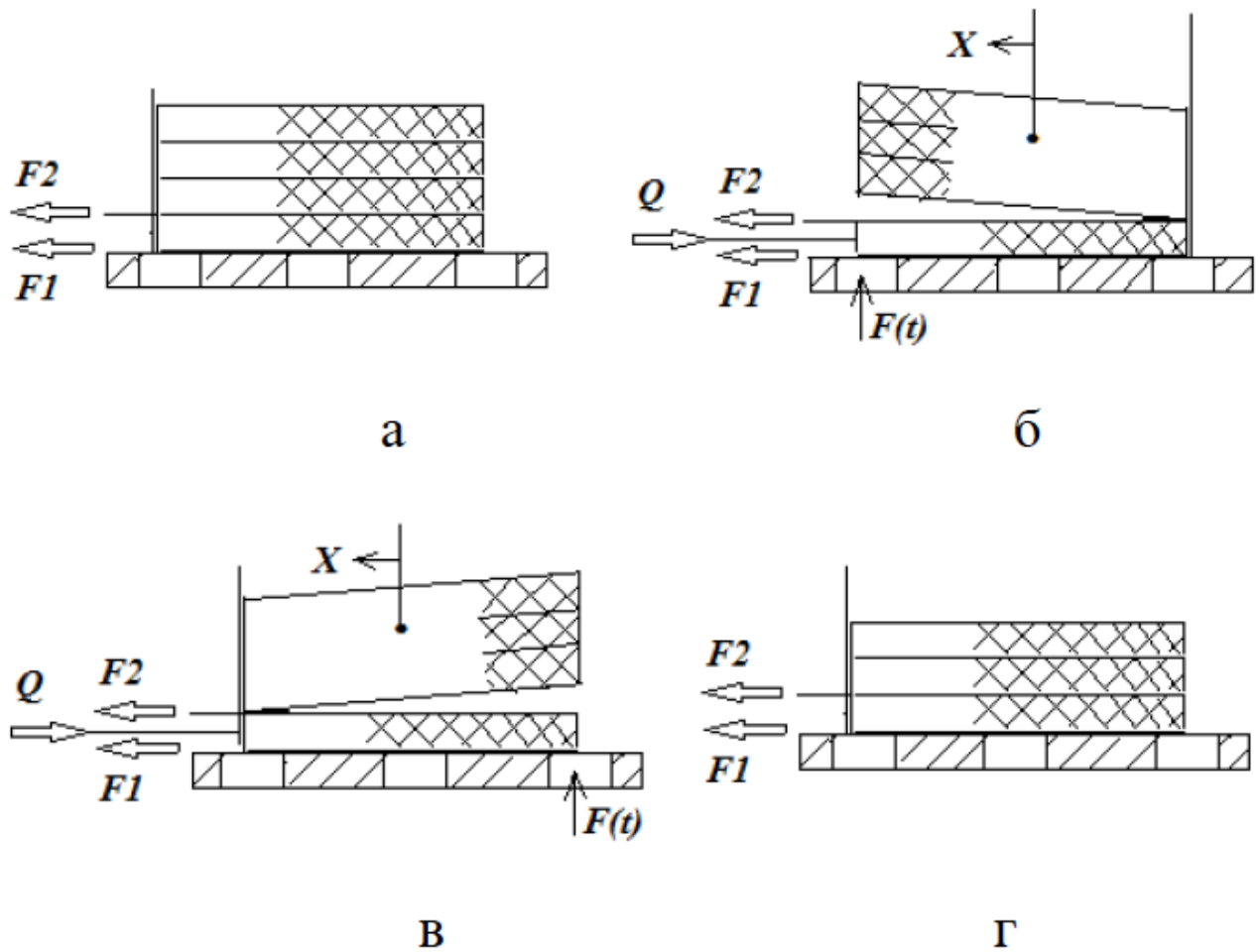


Рис. 7. Схеми розташування нижньої деталі та стосу: а – до початку дії ударного імпульсу $F(t)$; б – після удару зі зміщеним вектором ударного імпульсу вліво відносно центра ваги стосу; в – після удару зі зміщеним вектором ударного імпульсу вправо відносно центра ваги стосу; г – після відокремлення нижньої деталі зі стосу

Враховуючи, що висота стосу $b = s(n-1)$, де s – товщина однієї деталі, а n – кількість деталей в стосі, маємо:

$$AO = \frac{1}{2} \sqrt{[s(n-1)]^2 + l^2}. \quad (9)$$

В трикутнику OAB $\angle AOB = \angle OAB + \angle BAC$, де

$$\angle OAB = \arcsin \frac{BM}{AM} = \arcsin \frac{s(n-1)}{\sqrt{[s(n-1)]^2 + l^2}}; \quad (10)$$

$$\angle BAC = \arcsin \frac{BC}{AB} = \arcsin \frac{h}{l}. \quad (11)$$

Тоді:

$$AD = \frac{1}{2} \sqrt{[s(n-1)]^2 + l^2} \cdot \cos\left[\arcsin \frac{s(n-1)}{\sqrt{[s(n-1)]^2 + l^2}} + \arcsin \frac{h}{l}\right]. \quad (12)$$

Вираз для визначення плеча DC для з урахуванням отриманих рівнянь:

$$DC = \sqrt{l^2 - h^2} - \frac{1}{2} \sqrt{[s(n-1)]^2 + l^2} \cdot \cos\left(\arcsin \frac{s(n-1)}{\sqrt{[s(n-1)]^2 + l^2}} + \arcsin \frac{h}{l}\right). \quad (13)$$

З рівняння (5) визначаємо реакцію: $R_A = G \frac{DC}{AC}$.

З урахуванням (13) та (6) вираз для визначення реакції має вигляд:

$$R_A = mg(n-1) \left(1 - \frac{\frac{1}{2} \sqrt{[s(n-1)]^2 + l^2} \cdot \cos\left(\arcsin \frac{s(n-1)}{\sqrt{[s(n-1)]^2 + l^2}} + \arcsin \frac{h}{l}\right)}{\sqrt{l^2 - h^2}} \right) \quad (14)$$

Запишемо вирази для визначення сил тертя:

$$F'_1 = (mg + R_A) f_1, \quad F'_2 = R_A f_2, \quad (15)$$

Знаючи сили, які впливають на відокремлювану деталь в обох випадках запишемо другий закон Ньютона для обох випадків:

$$a_I = \frac{Q - F'_1 - F'_2}{m}, \quad a_{II} = \frac{Q - F_1 - F_2}{m}.$$

Підставляємо значення прискорення з рівняння (3) у (16), звідки виводимо залежності переміщення деталі від часу для першого та другого варіантів розташування стосу та нижньої деталі:

$$X_I(t) = \frac{t^2(Q - F'_1 - F'_2)}{2m},$$

$$X_{II}(t) = \frac{t^2(Q - F_1 - F_2)}{2m}.$$

Вираз (17) є законом руху відокремлюваної деталі на інтервалах часу $0 \leq t \leq t_2$, $t_3 \leq t \leq t_5$ – коли ослаблений контакт відокремлюваної деталі та стосу. Вираз (18) є законом руху відокремлюваної деталі на інтервалах часу $t_2 < t < t_3$, $t_5 < t$ – коли стос падає на дно магазину і відновлюється його контакт з відокремлюваною деталлю [2]. Тобто рух відокремлюваної деталі вздовж горизонтальної вісі описується кусочно-безперервною функцією, розташування фрагментів якої залежить від визначених в попередньому розділі інтервалів часу. Повністю закон руху відокремлюваного листа має вигляд:

$$X(t) = \begin{cases} \frac{t^2(Q - F'_1 - F'_2)}{2m}, & \text{нпу } Q > F'_1 + F'_2, & 0 \leq t \leq t_2 \\ 0, & \text{нпу } Q \leq F'_1 + F'_2, & 0 \leq t \leq t_2 \\ \frac{(t - t_2)^2(Q - F_1 - F_2)}{2m} + x_2, & \text{нпу } Q > F_1 + F_2, & t_2 < t < t_3 \\ x_2, & \text{нпу } Q \leq F_1 + F_2, & t_2 < t < t_3 \\ \frac{(t - t_3)^2(Q - F'_1 - F'_2)}{2m} + x_3, & \text{нпу } Q > F'_1 + F'_2, & t_3 \leq t \leq t_5 \\ x_3, & \text{нпу } Q \leq F'_1 + F'_2, & t_3 \leq t \leq t_5 \\ \frac{(t - t_5)^2(Q - F_1 - F_2)}{2m} + x_5, & \text{нпу } Q > F_1 + F_2, & t > t_5 \\ x_5, & \text{нпу } Q \leq F_1 + F_2, & t > t_5 \end{cases}$$

При чому переміщення на кожному інтервалі:

$$x_2 = \begin{cases} \frac{t_2^2(Q - F'_1 - F'_2)}{2m}, & \text{при } Q > F'_1 + F'_2; \\ 0, & \text{при } Q \leq F'_1 + F'_2 \end{cases}$$

$$x_3 = \begin{cases} \frac{(t_3 - t_2)^2(Q - F_1 - F_2)}{2m} + x_2, & \text{при } Q > F_1 + F_2; \\ x_2, & \text{при } Q \leq F_1 + F_2 \end{cases}$$

$$x_5 = \begin{cases} \frac{(t_5 - t_3)^2(Q - F'_1 - F'_2)}{2m} + x_3, & \text{при } Q > F'_1 + F'_2; \\ x_2 + x_3, & \text{при } Q \leq F'_1 + F'_2 \end{cases}$$

На рис. 8 наведено графічну залежність повздовжнього переміщення відокремлюваного листа $X = f(t)$. Сумарне переміщення відокремлюваного листа під час протікання коливальних постударних процесів в стосі: $X_{\Sigma} = x_5$

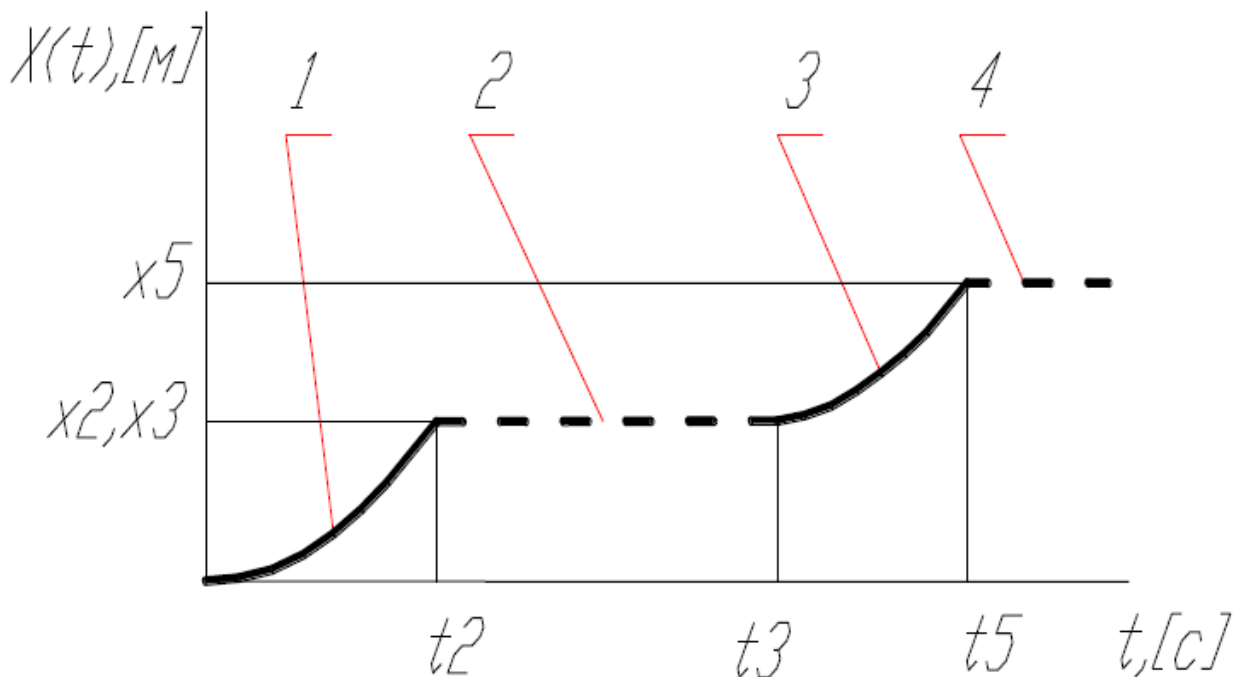


Рис. 8. Залежність переміщення відокремлюваної деталі, як кусочно-безперервна функція

РОЗДІЛ 3. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОШУТЧНОГО ВІДОКРЕМЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

З метою визначення впливу швидкості обертання лопаті на деталь виробу виконаємо комп'ютерне моделювання автоматизованого завантажувального пристрою в SolidWorks.

3.1 Визначення кінематичних характеристик деталі

З метою визначення впливу швидкості лопаті, тобто ударного імпульсу на поведінку деталі було проведено комп'ютерне моделювання процесу переміщення однієї деталі в середовищі SolidWorks. (Рис. 9-17) На рис. 9-16 представлені кінематичні характеристики горизонтального переміщення заготовки (лінійне переміщення, швидкість, прискорення), а також кінетична енергія заготовки при взаємодії її з лопаттю при швидкостях обертання валу лопаті 60 об/хв., 120 об/хв., 180 об/хв. та 240 об/хв..

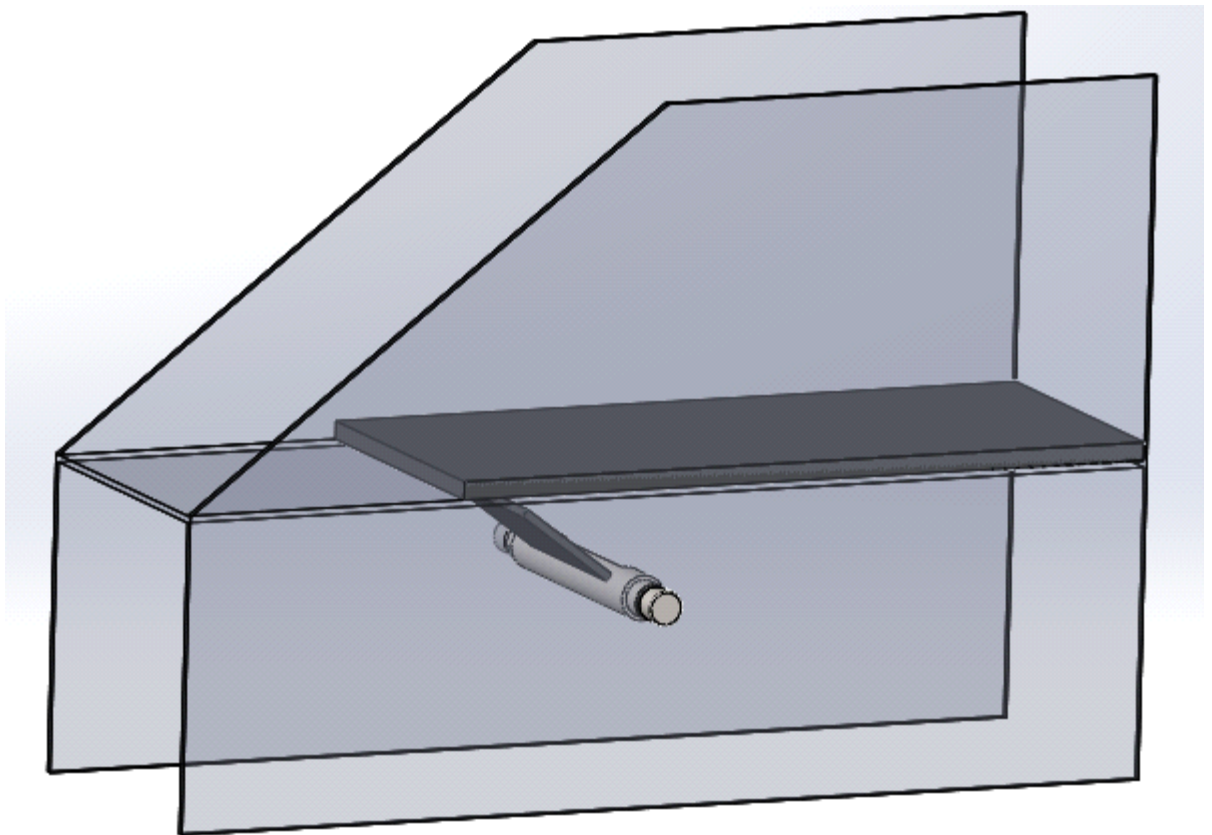


Рис. 9 3D модель автоматизованого завантажувального пристрою

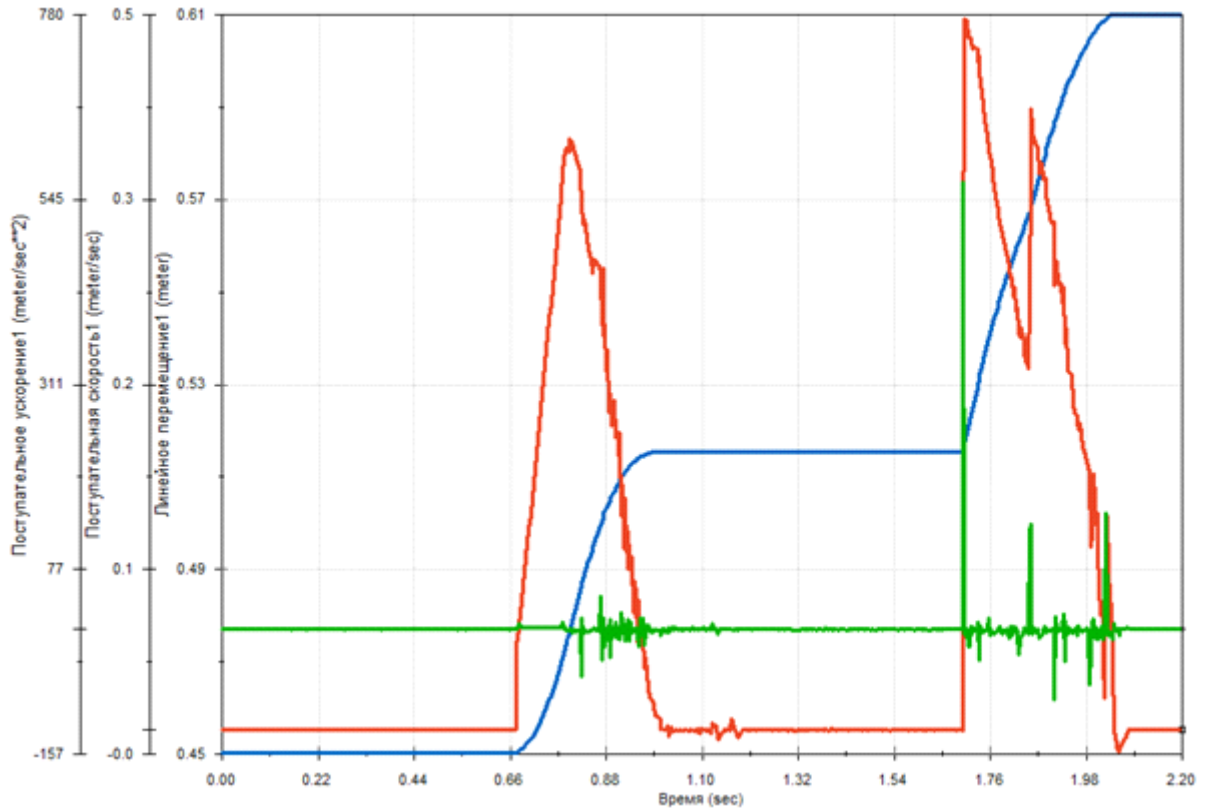


Рис. 10. Кінематичні характеристики деталі(м, м/с, м/с²) при частоті обертання лопаті, 60 об/хв

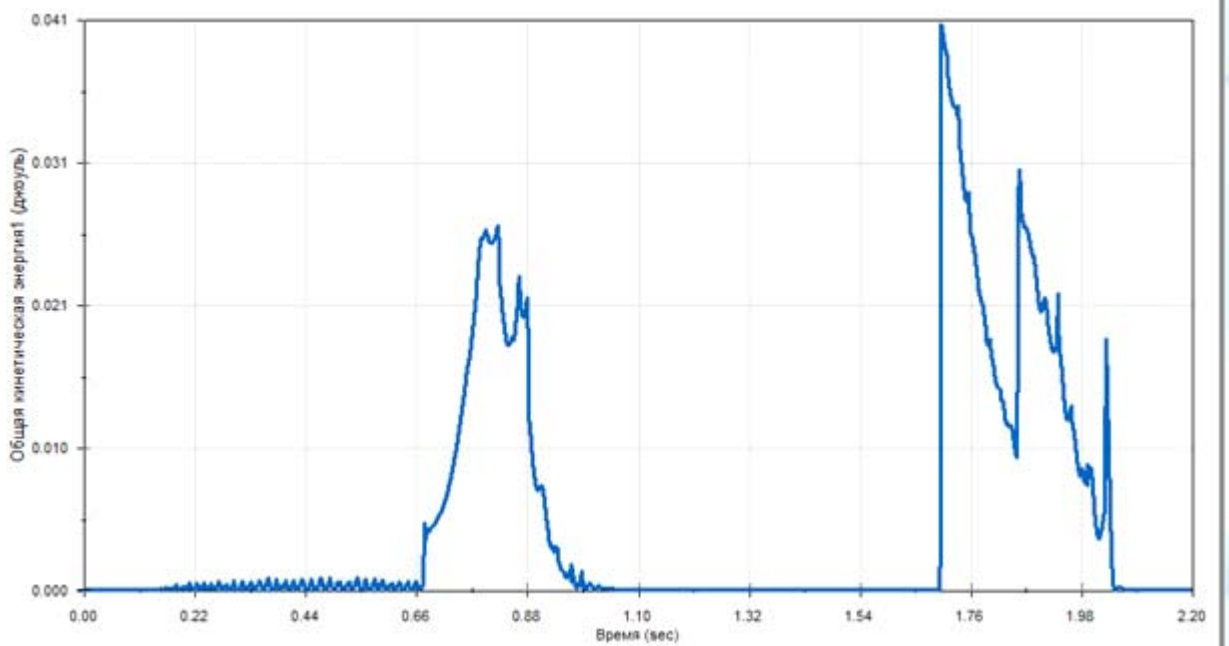


Рис. 11. Кінетична енергія деталі (Дж) при частоті обертання лопаті 60 об/хв

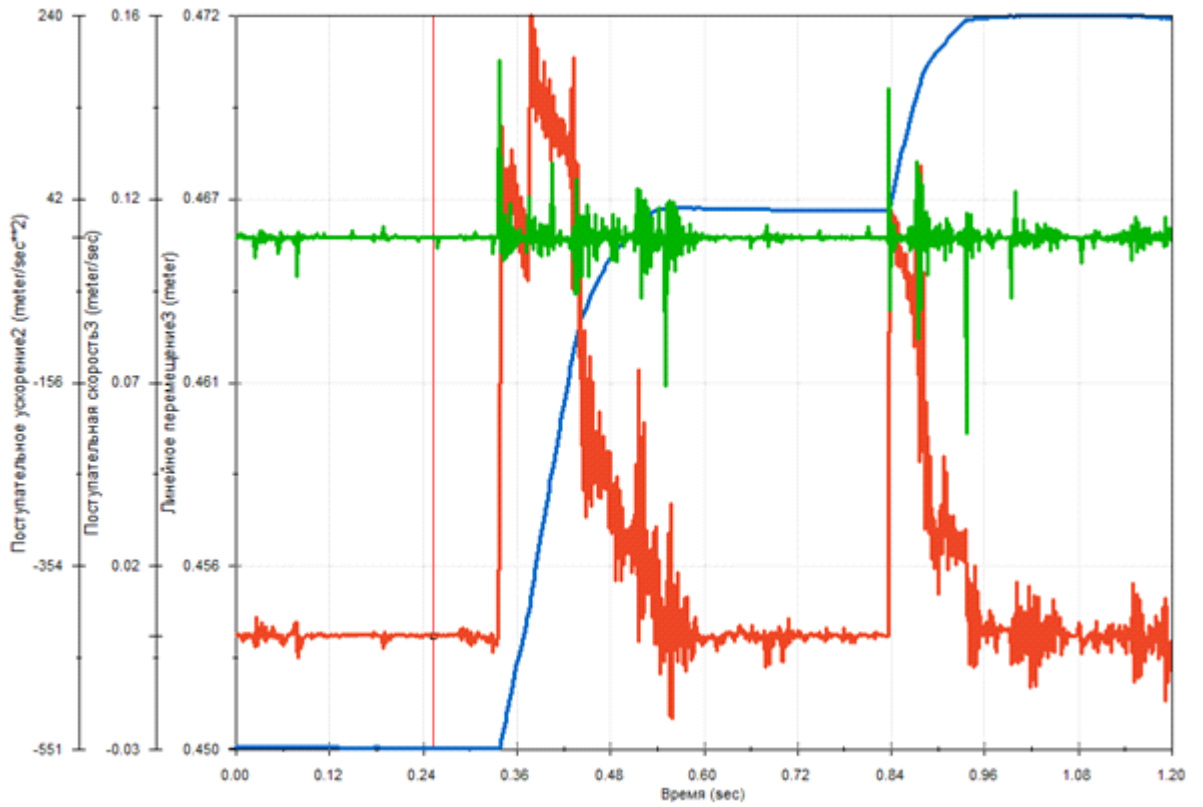


Рис. 12. Кінематичні характеристики деталі(м, м/с, м/с²/) при частоті обертання лопаті, 120 об/хв

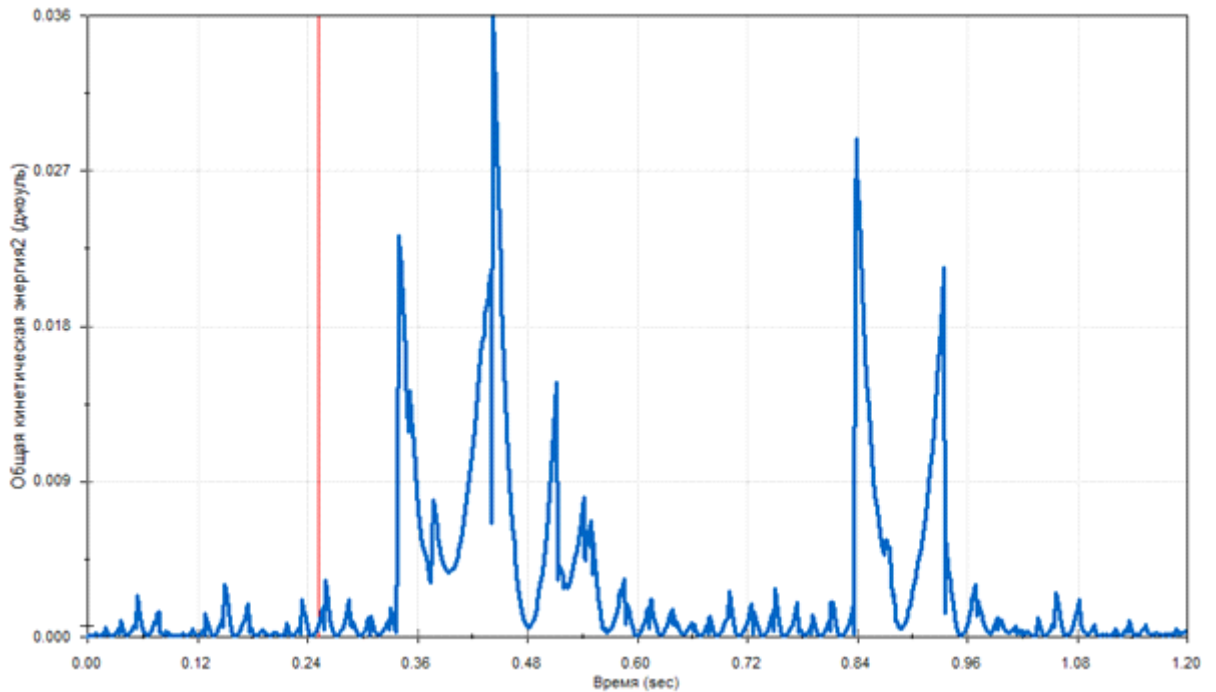


Рис. 13. Кінетична енергія деталі (Дж) при частоті обертання лопаті, 120 об/хв

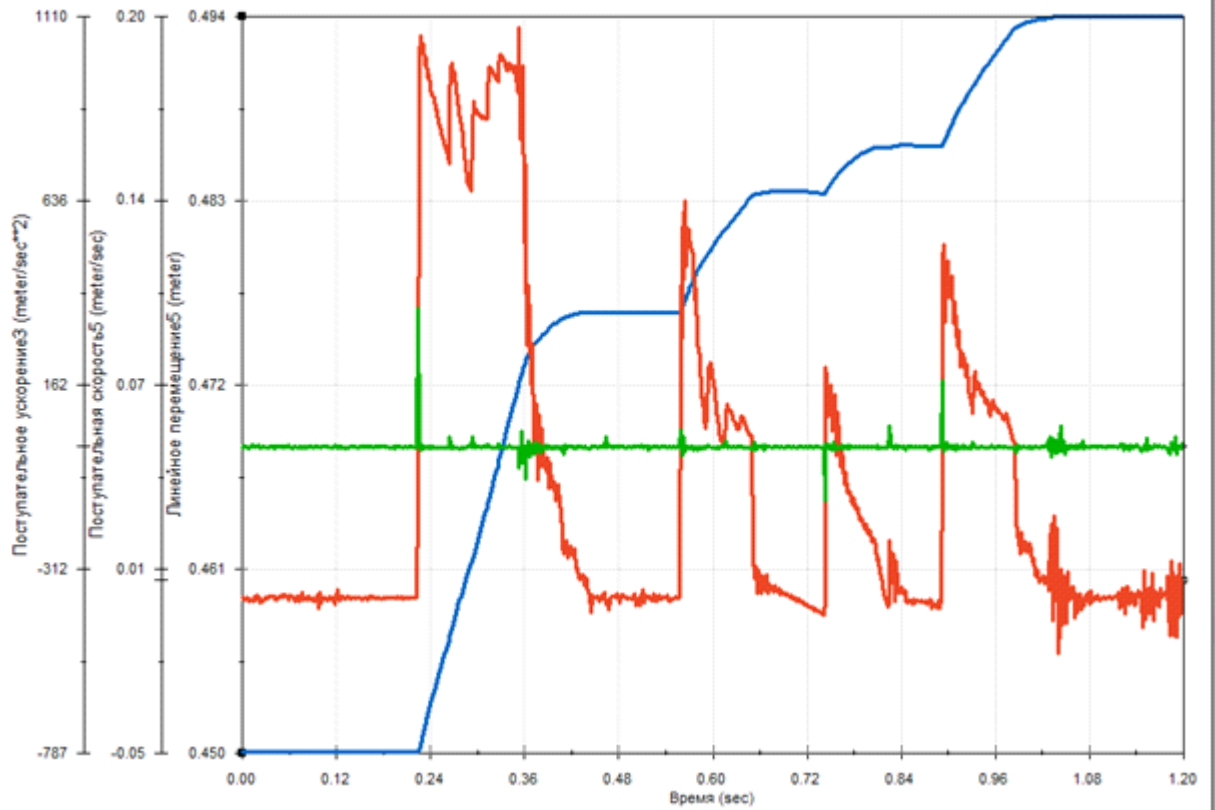


Рис. 14. Кінематичні характеристики деталі(м, м/с, м/с2/) при частоті обертання лопаті, 180 об/хв

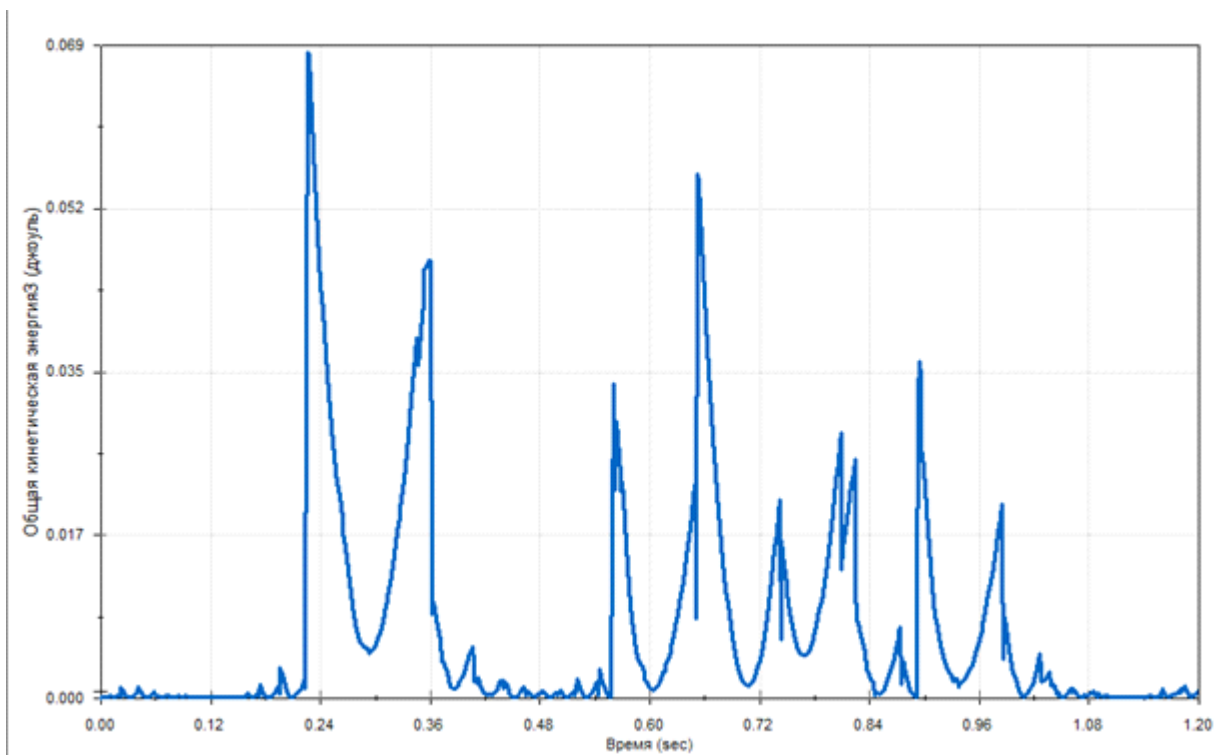


Рис. 15. Кінетична енергія деталі (Дж) при частоті обертання лопаті, 180 об/хв

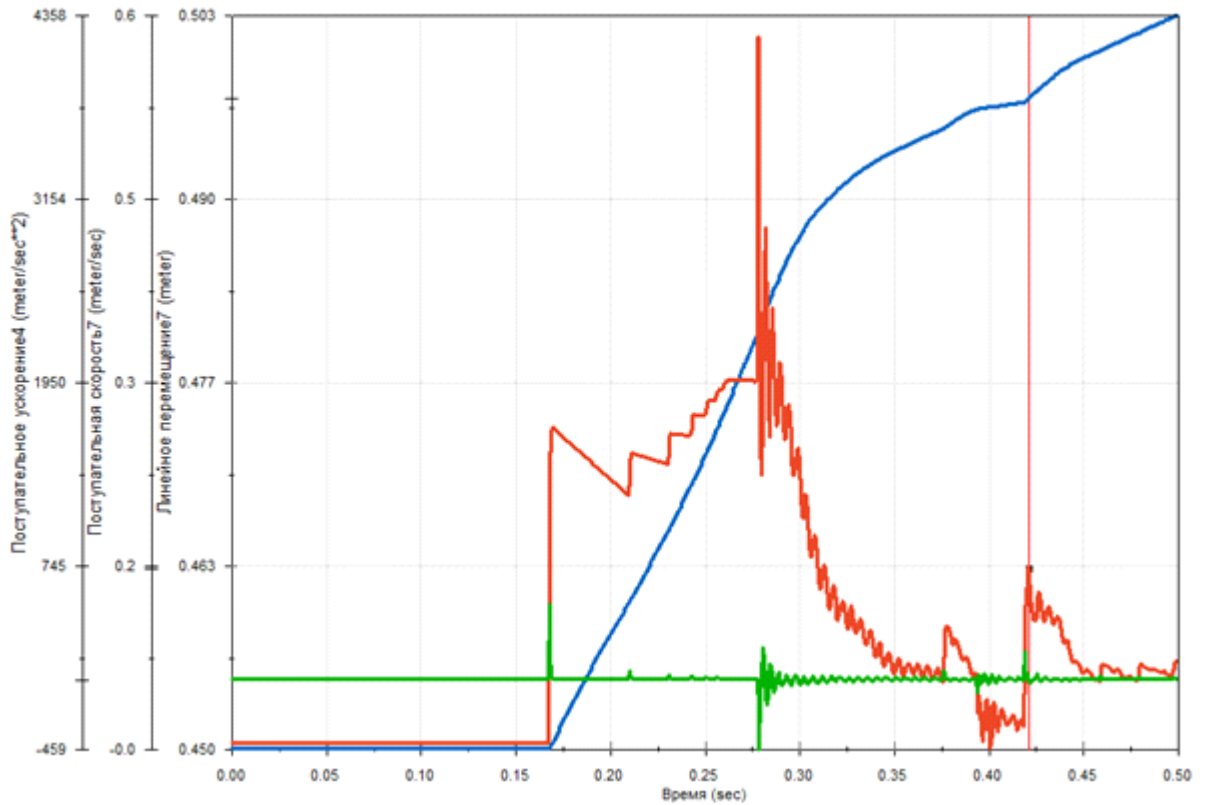


Рис. 16. Кінематичні характеристики деталі(м, м/с, м/с²/) при частоті обертання лопаті, 240 об/хв

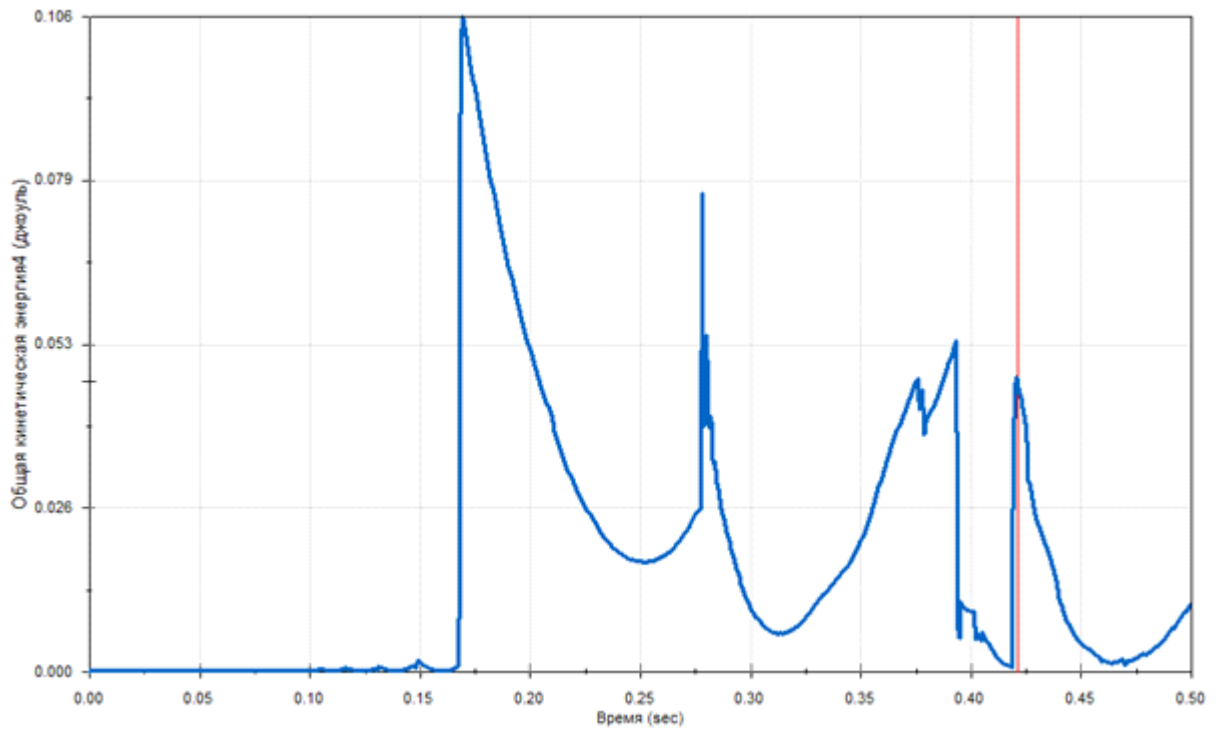


Рис. 17. Кінетична енергія деталі (Дж) при частоті обертання лопаті, 240 об/хв

Результат представлений у таблиці 3

Таблиця 3

<i>Частота обертання лопаті</i>	<i>Переміщення</i>	<i>Швидкість</i>	<i>Прискорення</i>	<i>Кінетична енергія</i>
<i>об / хв</i>	<i>мм</i>	<i>м / с</i>	<i>м / с²</i>	<i>Дж</i>
<i>60</i>	<i>6,3</i>	<i>0,7</i>	<i>760,7</i>	<i>0,026</i>
<i>120</i>	<i>17,1</i>	<i>1,1</i>	<i>790,2</i>	<i>0,036</i>
<i>180</i>	<i>27,5</i>	<i>0,9</i>	<i>1320,5</i>	<i>0,068</i>
<i>240</i>	<i>46,5</i>	<i>0,8</i>	<i>4358,5</i>	<i>0,16</i>

Як видно з проведеного аналізу при збільшенні швидкості обертання лопаті спостерігається збільшення величини переміщення деталі заготовки, а призначенні в 180 об/хв. та 240 об/хв величина горизонтального переміщення зменшується в цей же час збільшується вертикальна складова, таким чином деталь лише підскокує. Тому оптимальне значення швидкості обертання лопаті для в розгляді однієї деталі слід обирати в межах 60-120 об/хв..

3.2 Визначення деформацій деталі при дії ударного імпульсу

Також було проведено дослідження як деформується деталь під дією лопаті при 60, 120, 180 об/хв., на рис. 18-26 наведені епюри величини переміщень, напружень, деформацій та коефіцієнту запасу міцності та найбільших зон напружень. Результати досліджень максимальних параметрів наведені в табл. 4.

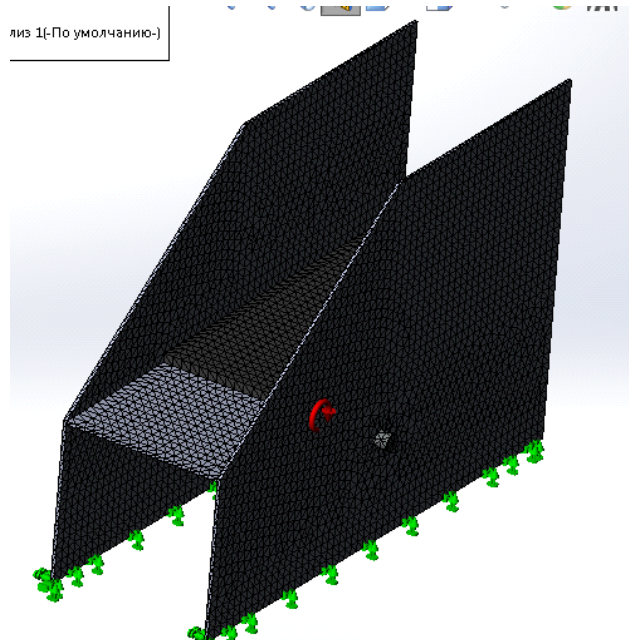


Рис. 18 Розбиття 3D моделі на кінцеві елементи завантажувального пристрою та нанесення граничних обмежень

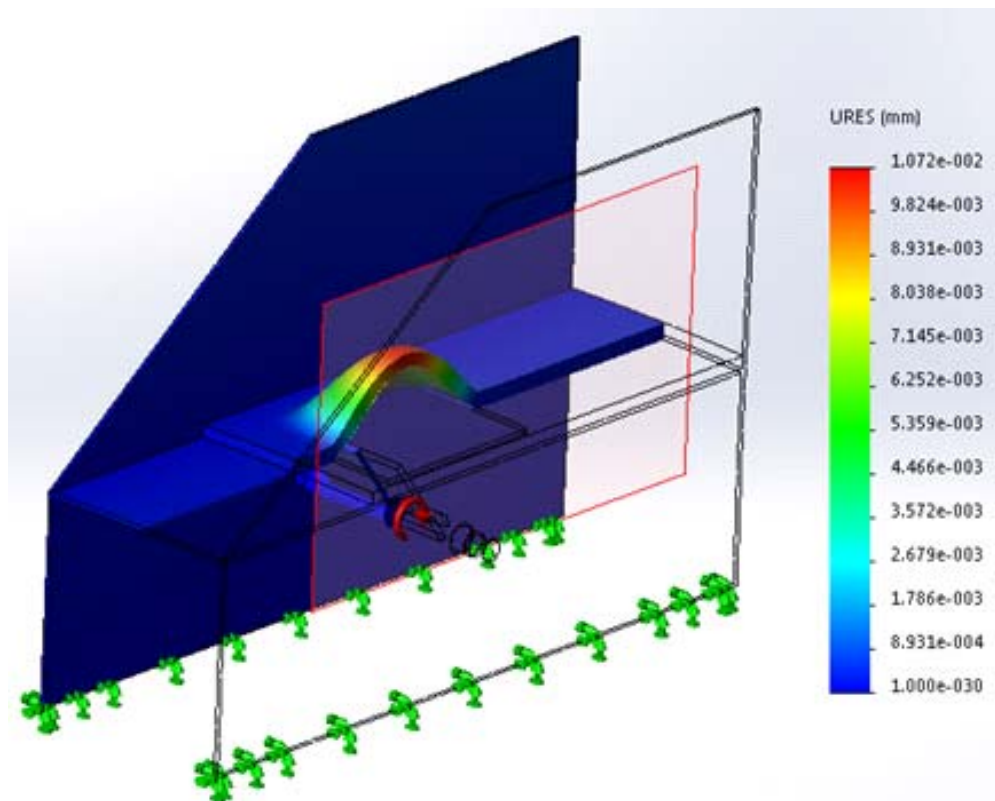


Рис. 19 Епюра величини переміщень поверхні деталі та пристрої під дією імпульсу від лопаті при частоті обертання 60 об/хв

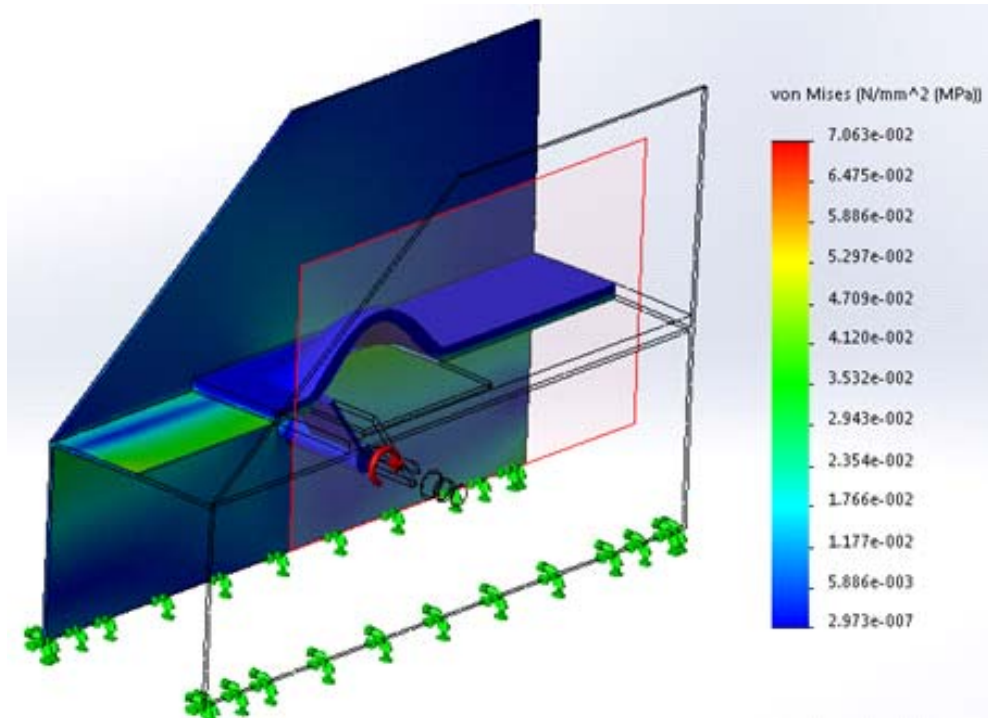


Рис. 20 Епюра величини напруження в деталі та пристрої під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 60 об/хв

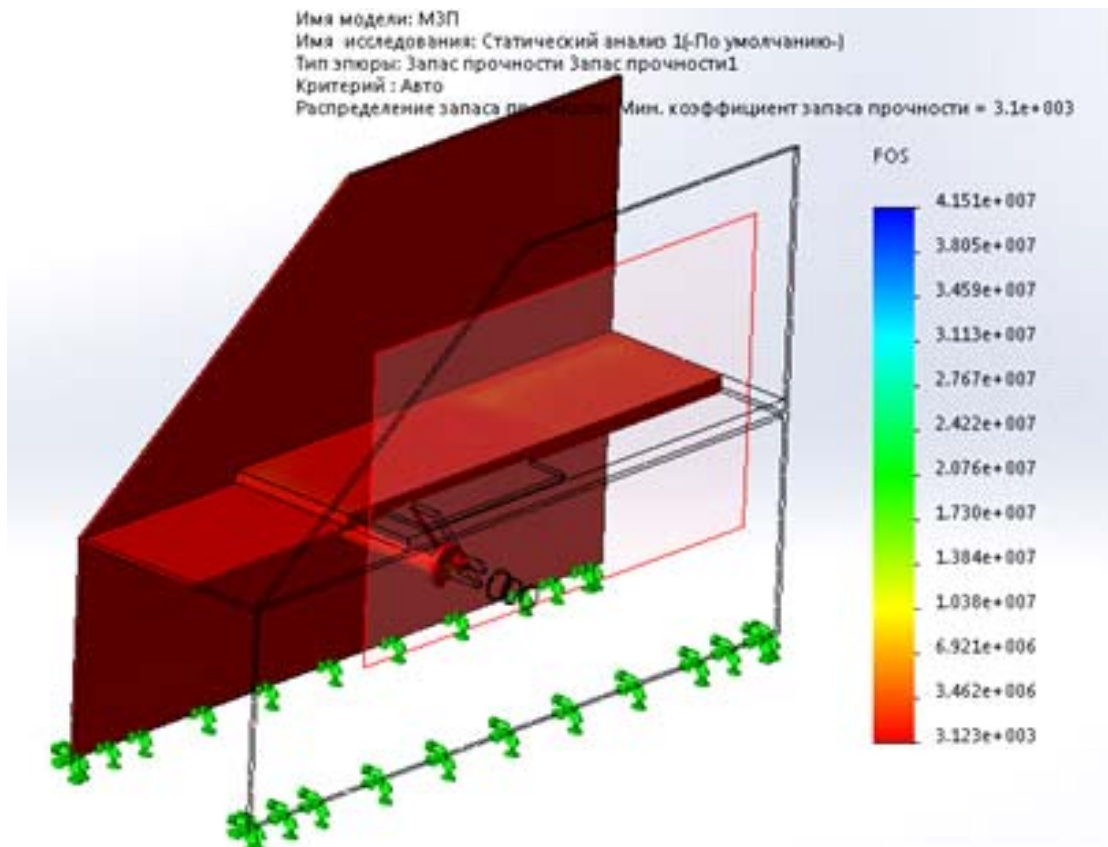


Рис. 21 Епюра коефіцієнтів запасу міцності під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 60 об/хв

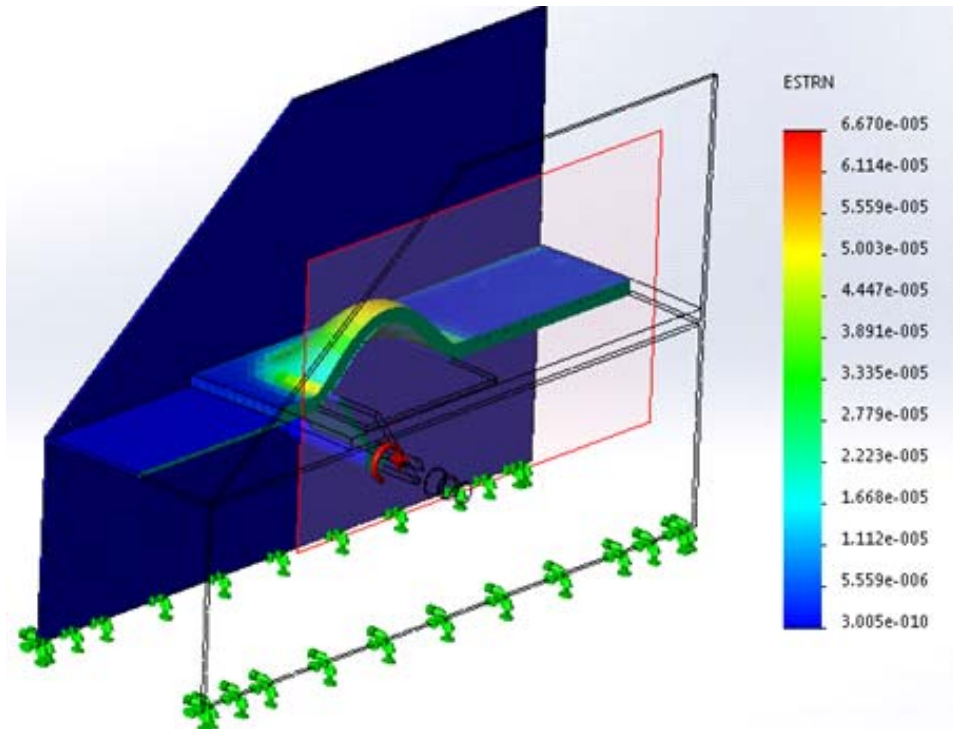


Рис. 22 Епюра величини деформацій в деталі та пристрої під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 60 об/хв

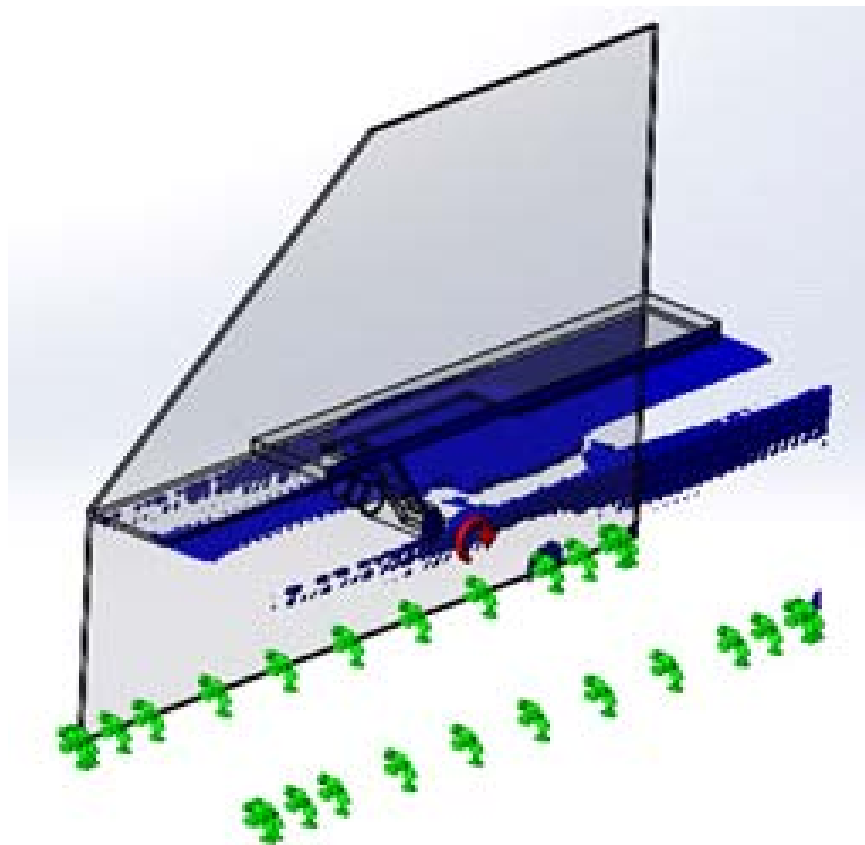


Рис. 23 Епюра найбільших зон навантажень під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 60 об/хв

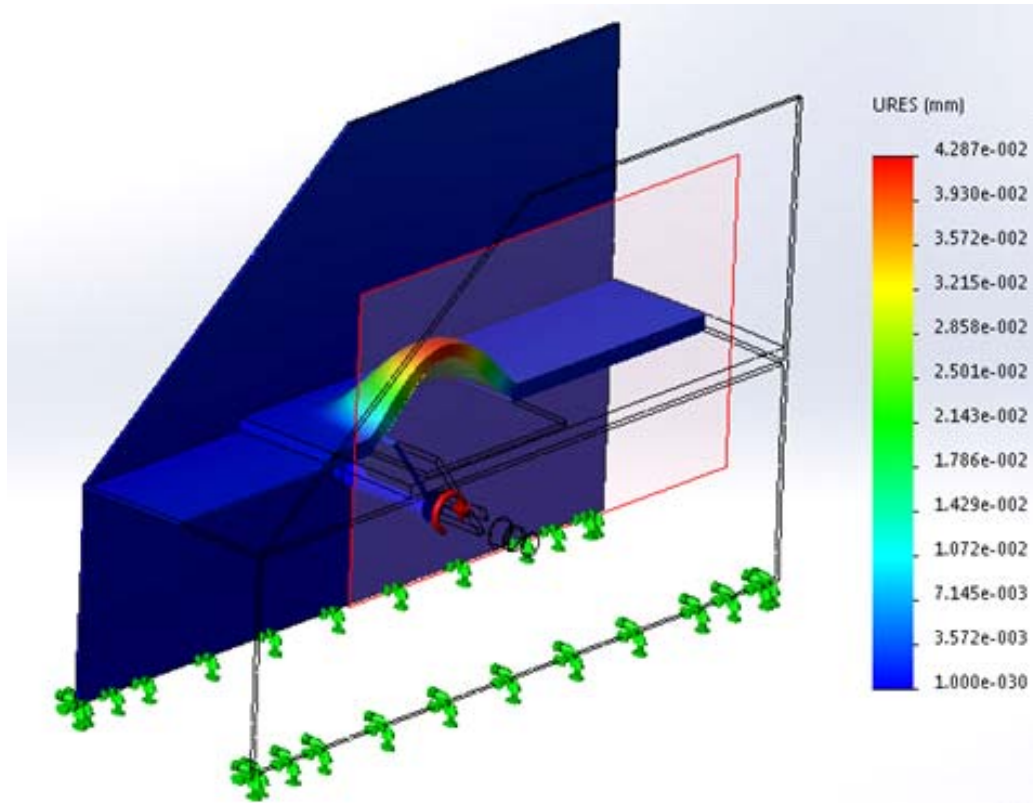


Рис. 24 Епюра величини переміщень поверхні деталі та пристрої під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 120 об/хв

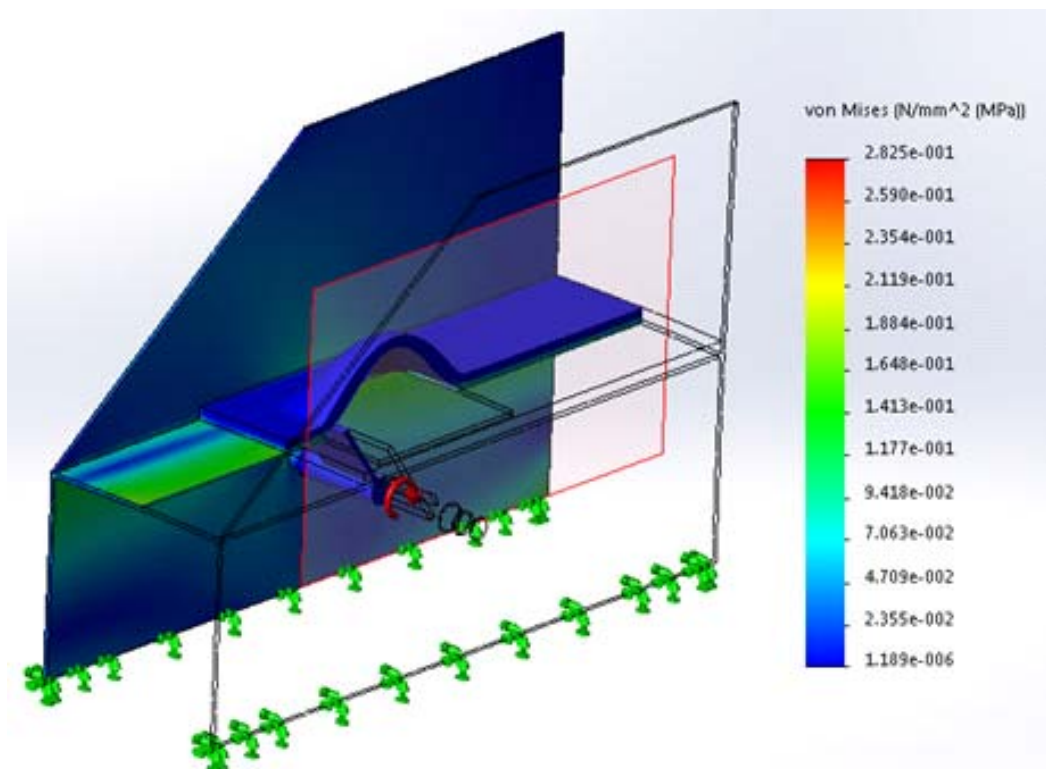


Рис. 25 Епюра величини напруження в деталі та пристрої під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 120 об/хв

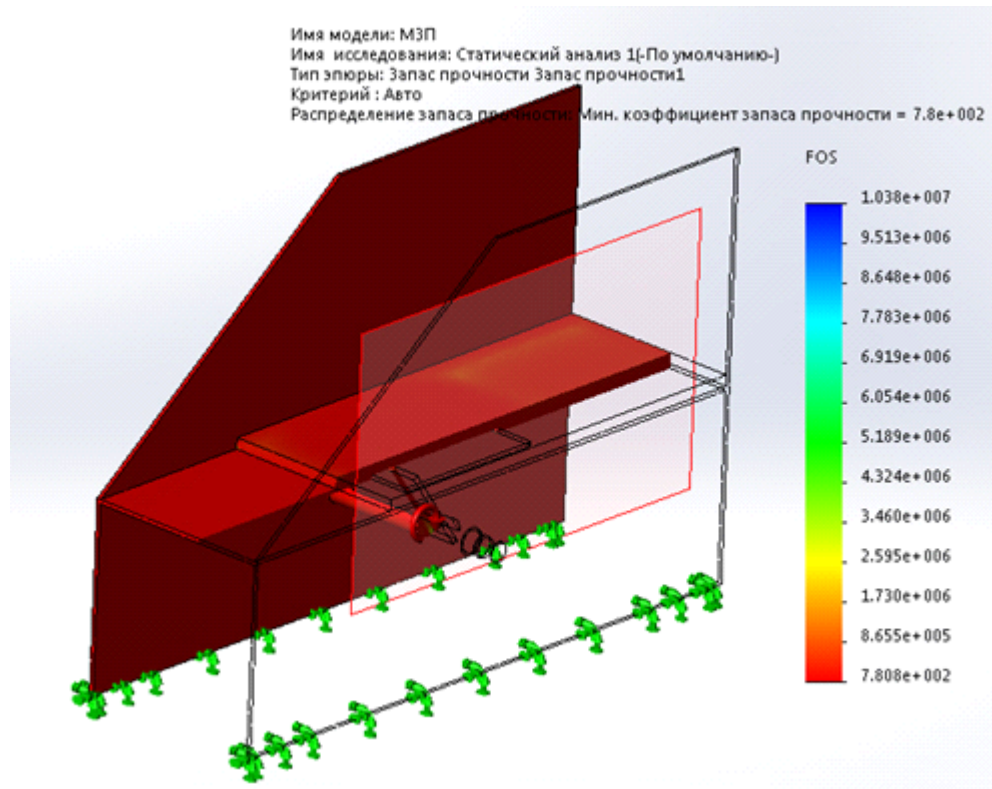


Рис. 26 Епюра коефіцієнтів запаса міцності під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 120 об/хв

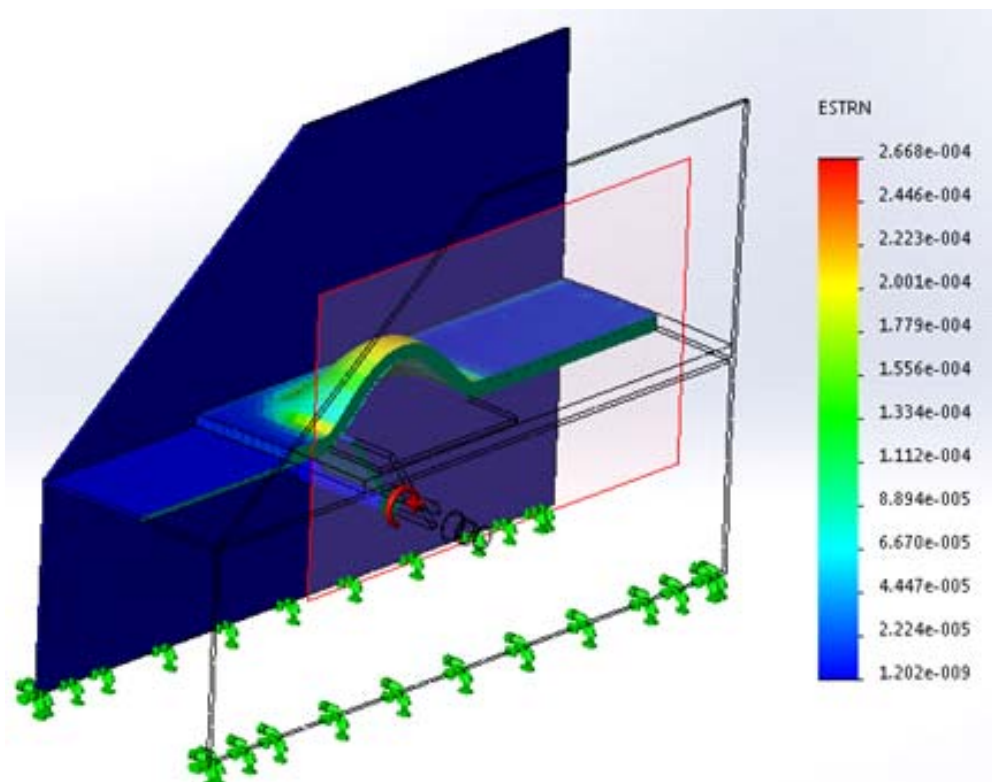


Рис. 27 Епюра величини деформацій в деталі та пристрої під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 120 об/хв

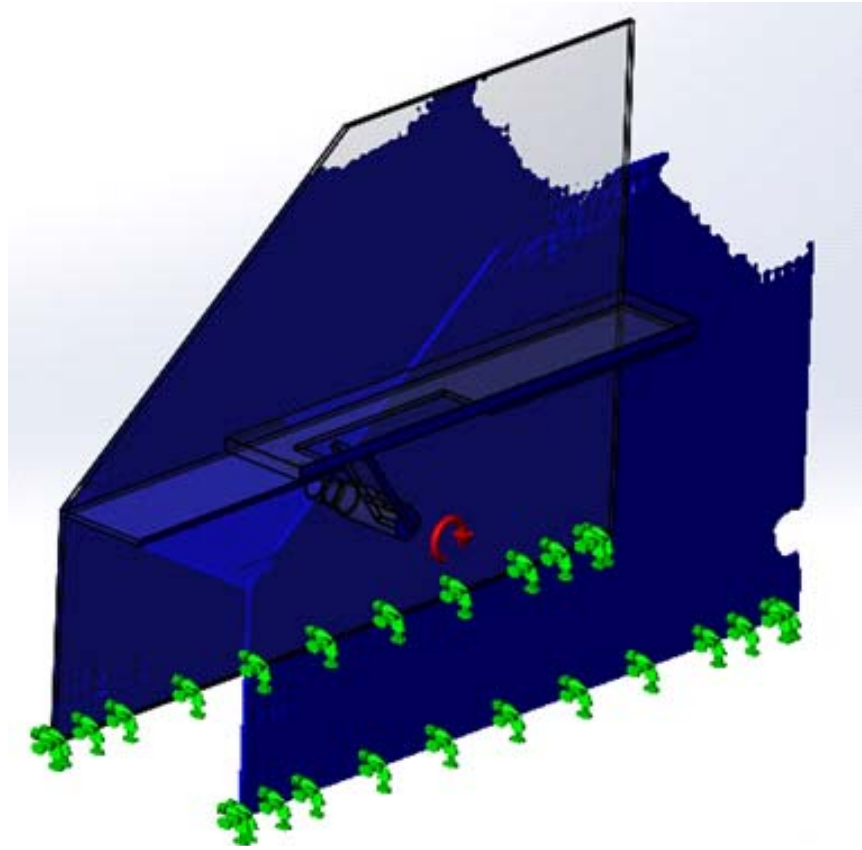


Рис. 28 Епюра найбільших зон навантажень під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 120 об/хв

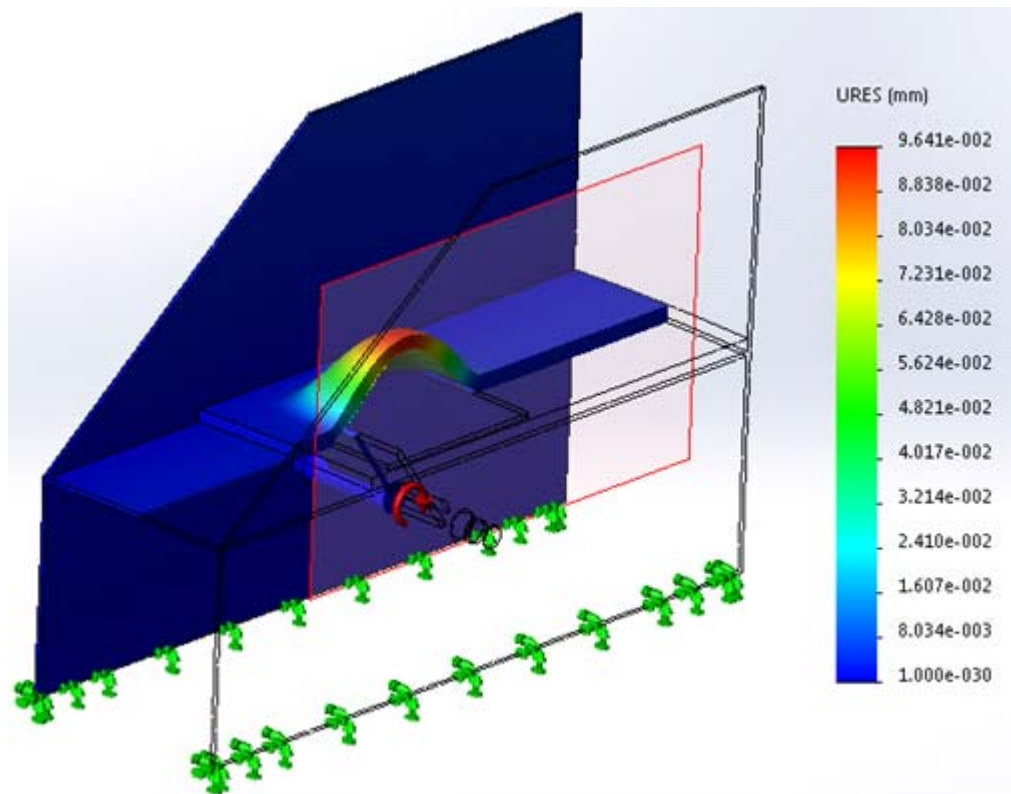


Рис. 29 Епюра величини переміщень поверхні деталі та пристрої під дією

іпульсу від лопаті при частоті обертання 180 об/хв

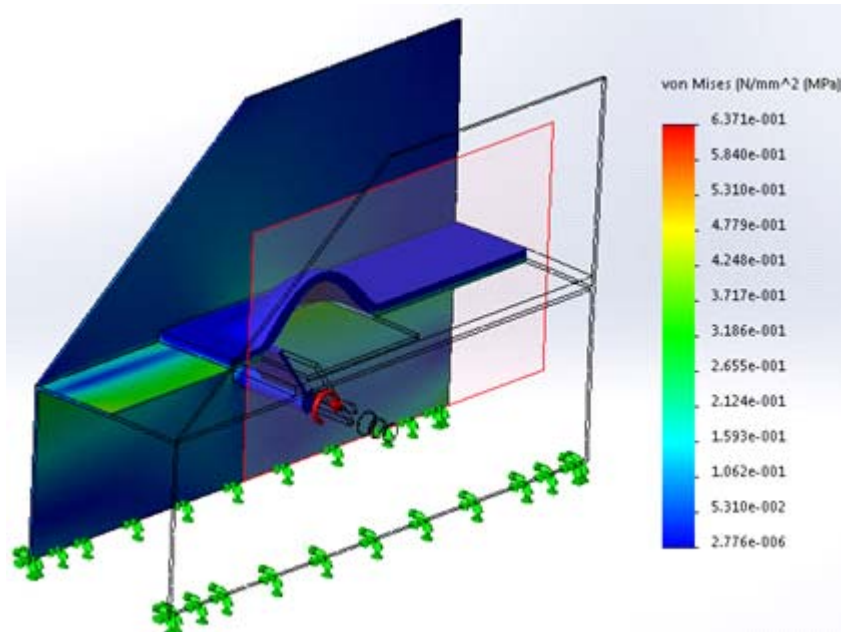


Рис. 30 Епюра величини напруження в деталі та пристрої під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 180 об/хв

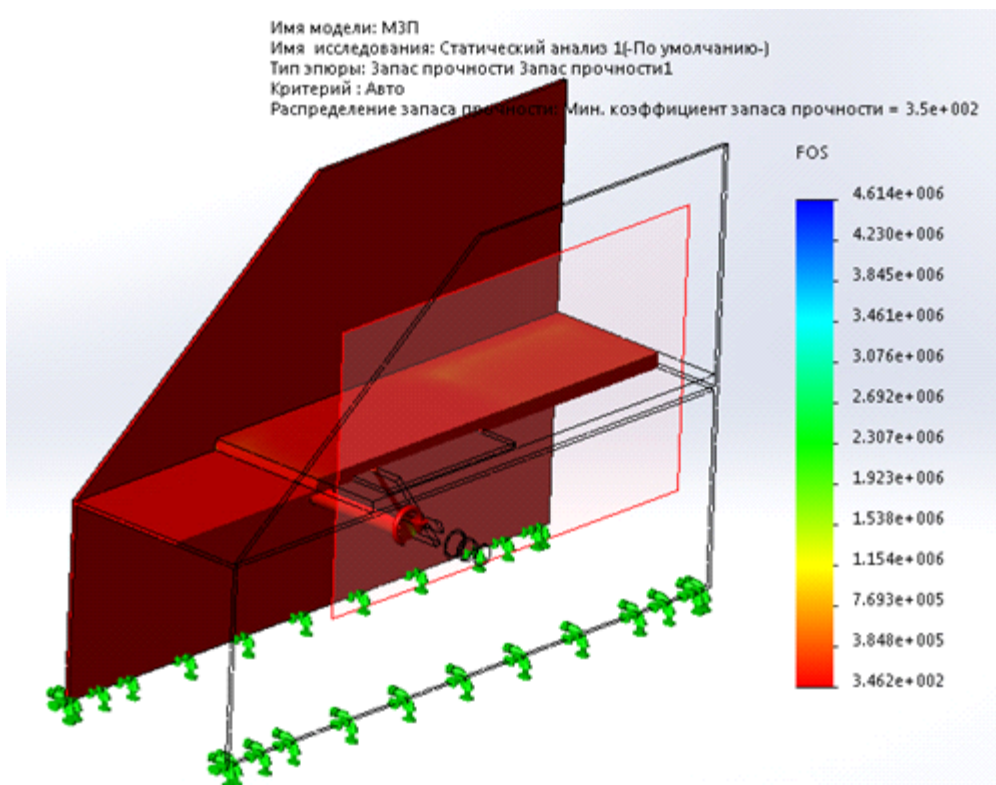


Рис. 31 Епюра коефіцієнтів запасу міцності під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 180 об/хв

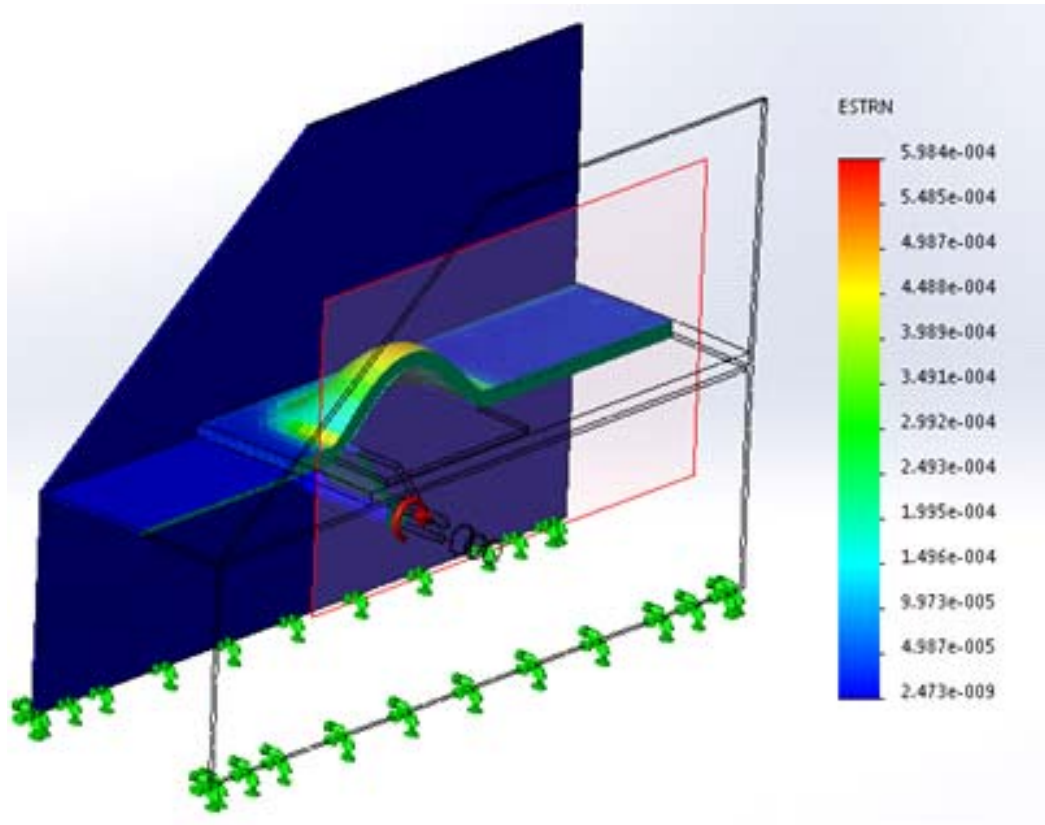


Рис. 32 Епюра величини деформацій в деталі та пристрої під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 60 об/хв

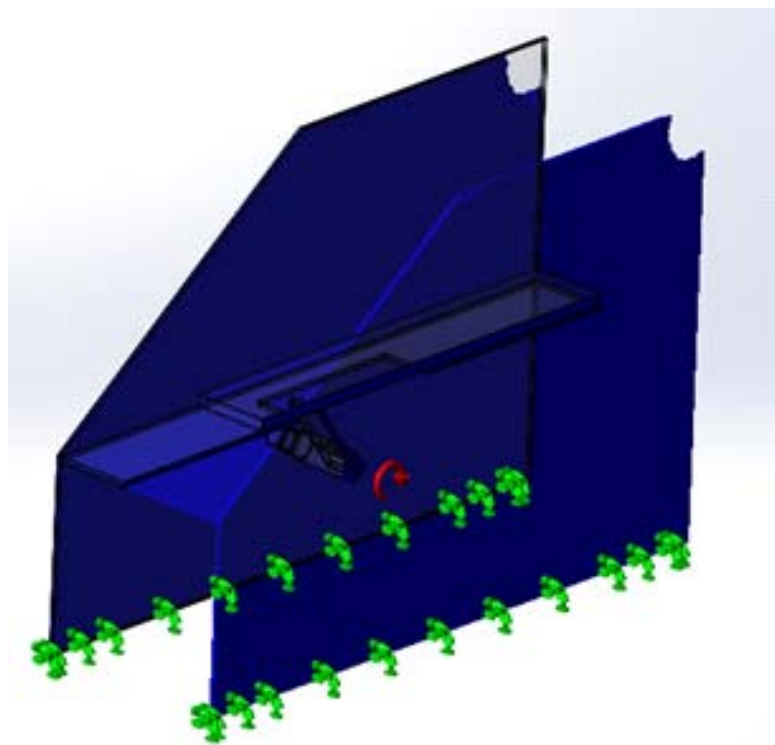


Рис. 33 Епюра найбільших зон навантажень під дією іпульсу від лопаті при частоті обертання 180 об/хв

Таблиця 4 Параметри міцності деталі виробу під дією імпульсу

Частота обертання лопасті	Переміщення	Напруження	Деформації	Коеф. запасу міцності
об / хв	мм	МПа	мм	
60	$0,72 \times 10^{-2}$	$7,06 \times 10^{-2}$	$6,7 \times 10^{-5}$	$3,1 \times 10^3$
120	$4,28 \times 10^{-2}$	$2,82 \times 10^{-1}$	$2,67 \times 10^{-4}$	$7,8 \times 10^2$
180	$4,28 \times 10^{-2}$	$2,82 \times 10^{-1}$	$2,67 \times 10^{-4}$	$7,8 \times 10^2$

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок, що деформації деталі при дії імпульсного удару від лопаті при швидкості її обертання в межах 60-180 об/хв. не значні, оскільки деформації її поверхонь вимірюються в сотих долях міліметрах.

РОЗДІЛ 4. ОПИС ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЮВАНИХ ВИРОБІВ

Організація робіт з використанням даного пристрою включає в себе виготовлення виробу, наладку, експлуатацію, технологічне обслуговування та ремонт.

Виготовлення виробу рекомендується проводити в умовах машинобудівного виробництва або механічного цеху взуттєвого підприємства.

При монтажі обладнання необхідно попереджати пошкодження робочих частин пристрою; перед підключенням слід переконатися в цілності проводки, наявності заземлення; перед одяганням ременів на шківи необхідно переконатися в правильному напрямку обертання валу електродвигуна підключеного до мережі. Налагодження виробу виробляється в умовах виробництва, яке виготовляє дане обладнання.

У процесі роботи необхідно проводити весь комплекс заходів, пов'язаних з технічним обслуговуванням (огляд, очищення, змащування, регулювання і т. Д.) Відповідно до встановлених вимог технологічних карт і паспортних даних. Завантаження пристрою перед роботою слід проводити встановленим кількістю деталей.

Ремонт обладнання проводять у відповідності з планом ОГМ підприємства і затвердженим графіком ремонту.

Масило обладнання проводиться відповідно до вимог зазначеними в інструкції по експлуатації (перевірка забруднення олії, його рівень в картері редуктора; мастило втулок підшипників ковзання проводиться не рідше одного разу на зміну).

4.1. Рівень стандартизації і уніфікації

У розробленій конструкції магазінногозагрузочного пристрої використані запозичені вироби і деталі, а також стандартні покупні вироби і заново розроблені уніфіковані вироби.

В якості стандартних використані наступні:

Електровимикач.

електромагніт гвинт М4-6gx15,48, гвинт М4-6gx10,48, гвинт М3-6gx25,48

гвинт М3-6gx6,48, гвинт М5-6gx12,48, штифт 6h8x18, штифт 3h8x18

шайба 5,65Г.029, гайка М4-6Н.5, гайка М5-6Н.5.

4.2. Розподіл виробу на складові частини

У даному розділі розробляємо схему розподіл виробу на складові частини. У схемі показуємо склад виробу (складальні одиниці, деталі, які входять до складу як заново розроблювального механізму, так і запозиченої й покупної деталі). При цьому в схемі вказуємо позиції виробу і його складових частин а також найменування виробу і його складових частин.

Схему виконуємо з використання умовних графічних позначень

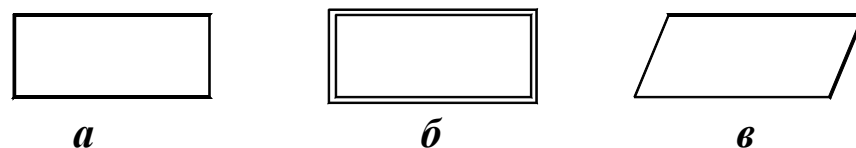


Рис. 34. Умовні графічні позначення

а - заново розроблені вироби й складові частини;

б - покупні вироби. в - запозичені вироби;

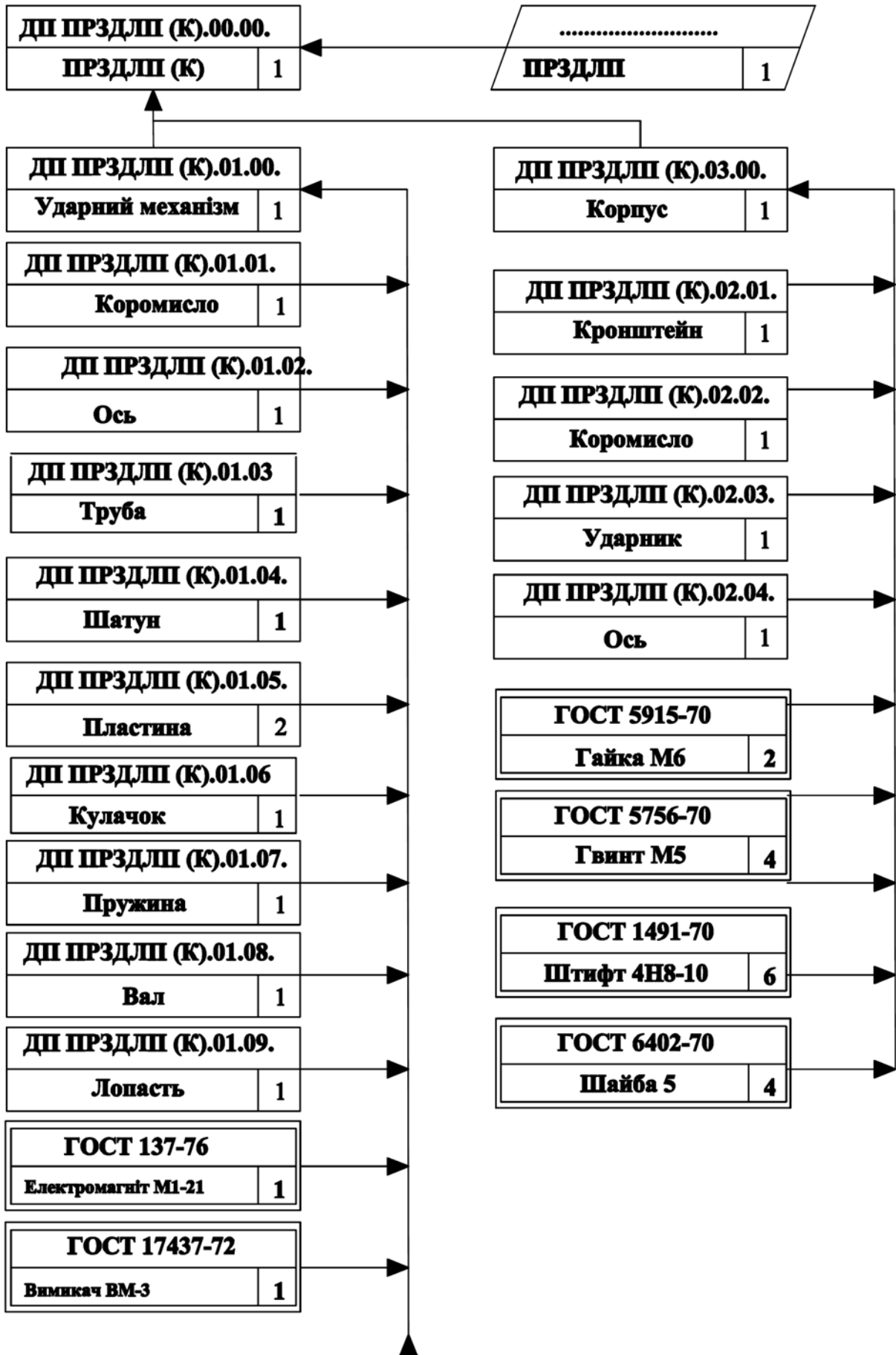


Рис. 35. розподіл виробу на складові частини (початок)

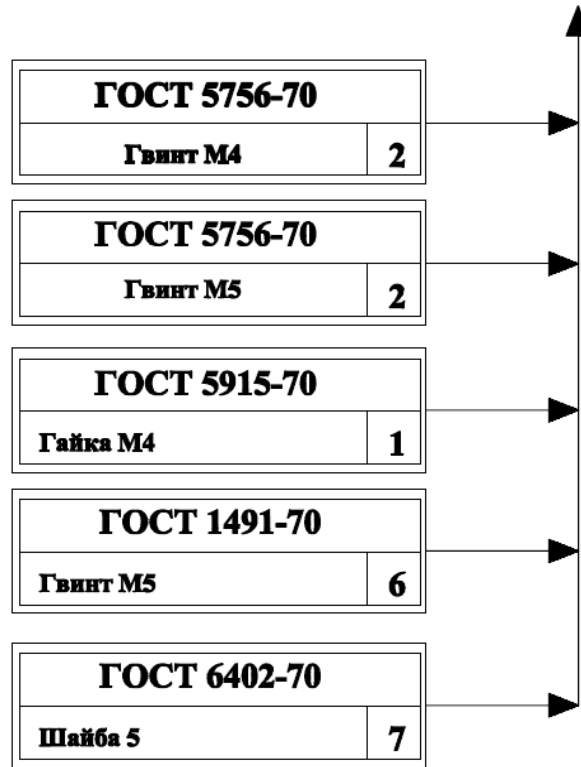


Рис. 35. розподіл виробу на складові частини (закінчення)

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проєкті був проведений аналітичний огляд відомих механізмів завантаження для машин прохідного типу, виконаний розрахунок ударного імпульсу та проведене комп'ютерне моделювання із використанням сучасних комп'ютерних програмних продуктів, таких як SolidWorks, MathCAD, були визначені в результаті інженерних розрахунків.

Основні результати:

1. Розроблено автоматизований магазинний завантажувальний пристрій для автоматизації процесу двоїння або вирівнювання по товщині на машинах ДН, що забезпечує підвищення продуктивності праці близько 25%.
2. Розроблено креслення загального виду МЗП згідно ГОСТ 2.119-73 «Ескізний проєкт», ГОСТ 2.120-73 «Технічний проєкт».
3. Розроблено кінематично-принципову схему МЗП.
4. Проведено аналіз впливу ударної лопаті на деталь заготовки в залежності від її швидкості.
5. Проведено аналіз впливу ударного імпульсу лопаті на деталь заготовки.
6. Розроблено креслення складальне.
7. Розроблено креслення деталей виробу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Орловський Б.В., Поповіченко С.А., Гребінець В.В. Пристрій для відокремлення листового матеріалу зі стосу .-КНУТД. – Патент на корисну модель. № 50835 ; заявл. 24.12.2009 ; опубл. 25.06.2010, Бюл. №12.
2. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории удара.- Л.: Политехника, 1990.-272 с.
3. Поповіченко С.А., Янкін Л.М., Макацьора Д. А. Пристрій для відокремлення листового матеріалу зі стосу. КНУТД. – Патент на корисну модель. № 16367 ; заявл. 24.12.2009 ; опубл. 15.08.2006, Бюл. №8.
4. Поповіченко С.А., Янкін Л.М. Пристрій для відокремлення листового матеріалу зі стосу. КНУТД. – Патент на корисну модель. № 12057 ; заявл. 26.07.2005, опубл. 16.01.2006, Бюл. №1.
5. Поповіченко С.А., Янкін Л.М. Дослідження вертикального переміщення стосу деталей низу взуття в РЗПШ, обладнаному ударним механізмомю-Вісник КНУТД,№3,2008, с.42-46.
6. Пат. 51399 Україна, МКП D04B27/24 Б.В. Орловський, В.М. Дворжак (Україна). - №2002032024; Заявл. 13.03.2002; Опубл. 15.11.2002, Бюл. №11.
7. Орловський Б.В., Дворжак В.М. Особливості метричного синтезу механізму вушкових голок з пружними ланками основов'язальних машин // Тр. 1 Українсько- польської наукової конференції “Сучасні технології виробництва в розвитку економічної інтеграції та підприємництва”. – Сатанів, 2003. – с. 137 – 138.
8. Проєктування обладнання легкої промисловості: методичні вказівки до курсового проєкту для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування освітньої програми «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування» освітньо-кваліфікаційний рівень – спеціаліст (магістр) / Упор. Б.В. Орловський, О.П. Манойленко, – К.: КНУТД, 2018. – 24 с.
9. Енциклопедія швейного виробництва. – Навчальний посібник. – К.: «Самміт-книга», 2010. – 968 с.
10. Інтернет сайт фірми «BROTHER» [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.brother.com>

11. Інтернет сайт фірми «JANOME» [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.janome.ua>
12. Інтернет сайт фірми «MINERVA» [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.minerva.in.ua>
13. Інтернет сайт фірми «PFAFF» [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.pfaff.com/ua>
14. Інтернет сайт фірми «PFAFF-INDUSTRIAL» [електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.pfaff-industrial.de>
15. Інтернет сайт фірми «SINGER» [електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.singer.com>.
16. Манойленко О. П. Нові технологічні процеси та обладнання для зшивання високоеластичних матеріалів / О. П. Манойленко, В. А. Горобець // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доп. міжнар. наук.-практ. конф. (15 червня 2017 р., м. Київ) / відп. за вип. М. А. Зенкін. - К. : КНУТД, 2017. - С. 50-51.
17. Manoilenko O. Topological analysis and synthesis of machine chain stitches / O. Manoilenko // Vlákna a textil (Fibres and Textiles). – 2020. – Vol. 27, № 4, December. – P. 58-69.
18. Горобець В. А. Розробка швейної машини 2-х ниткового ланцюгового стібка з реверсом / В. А. Горобець, О. П. Манойленко // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей II-ої Міжнар. наук.-практ. конф. (15 червня 2018 р., м. Київ) / відп. за вип. М. А. Зенкін. - Київ: КНУТД, 2018. - С. 60-61.
19. Пищиков В.О. Проектування швейних машин /В.О. Пищиков, Б.В. Орловський. – К.: Видавничо-поліграфічний дім Формат, 2007. – 320 с.
20. Манойленко О. П. Розрахунок параметрів механізмів для утворення плоского двониткового ланцюгового стібка / О. П. Манойленко, І. В. Савченко, В. В. Колісник // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 24 листопада 2022 року. – Київ : КНУТД, 2022. – С. 62-63.
21. Дворжак В.М. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем просторових чотириланкових кривошипно-коромислових механізмів технологічних машин / В.М. Дворжак // Вісник КНУТД. – 2016. – № 2 (96). – С. 16–26.
2. Горобець В. А. Аналіз взаємодії робочих органів швейної машини потайного ланцюгового стібка [Текст] / В. А. Горобець, О. П. Манойленко, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2011. - № 3 (59). - С. 9-15.
3. Горобець В. А. Дослідження механізмів голки краєобметувальних швейних машин [Текст] / В. А. Горобець, О. П. Манойленко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2012. - № 4 (66). - С. 68-73.
22. Горобець В.А. Розробка та дослідження механізмів голки краєобметувальних швейних машин. Повідомлення 1 / В.А. Горобець, О.П. Манойленко // Вісник КНУТД. — Київ : КНУТД, 2012. — №3. — С. 81-85.

23. Горобець В. А. До питання підвищення довговічності сферичних кінематичних пар важільних механізмів [Текст] / В. А. Горобець, О. П. Манойленко // Технології та дизайн. - 2012. - № 1 (2).
24. Орловський Б.В. Комп'ютерне моделювання та синтез типового механізму технологічних машин / Б.В. орловський, В.М. Дворжак // Вісник КНУТД. – 2014. – № 5 (57). – С. 103–108.
25. Горобець В. А. Розробка та дослідження комбінованих транспортувальних механізмів швейних машин. Повідомлення 1 [Текст] / В. А. Горобець, О. П. Манойленко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2010. - № 1 (51). - С. 7-10.
26. Гудим А. Г. Порівняльний аналіз методів досліджень механізмів ниткопритягачів швейних машин човникового стібка / А. Г. Гудим, О. П. Манойленко, В. М. Дворжак // Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 24 листопада 2022 року. – Київ : КНУТД, 2022. – С. 41-43.
27. Paul Kurowski. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2021, SDC Publications, 2021. 600 p.
28. Kuang-Hua Chang. Motion Simulation and Mechanism Design with SOLIDWORKS Motion 2021, SDC Publications, 2021. 200 p.
29. Kuang-Hua Chang. Motion Simulation and Mechanism Design with SOLIDWORKS Motion 2020, SDC Publications, 2020. 200 p.
30. Орловський Б. В. Правила виконання кінематичних схем. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи кінематики / Б. В. Орловський, В. А. Пишиков, Н. С. Абрінова. – К.: КНУТД, 2007. – 32 с. – (Стандарт кафедри машин легкої промисловості Київського національного університету технологій та дизайну).
31. ДСТУ ГОСТ 2.001 : 2006. Загальні положення.
32. ДСТУ ГОСТ 2.102-68. Види та комплектність конструкторських документів.
33. ДСТУ ГОСТ 2.103-2013. Стадії розробки.
34. ДСТУ ГОСТ 2.104 : 2006. Основні написи.
35. ДСТУ ГОСТ 2.109-73. Загальні вимоги до креслеників.
36. ДСТУ ГОСТ 2.118-2013. Технічне завдання.
37. ДСТУ ГОСТ 2.201-68. Позначення виробів та конструкторських документів.
38. ДСТУ ГОСТ 2.307-80. Правила нанесення розмірів та граничних відхилень.
39. ДСТУ ГОСТ 2.701-2008. ЕСКД. Схеми. Види і типи. Загальні вимоги до виконання.
40. ДСТУ ГОСТ 2.702 – 75. ЕСКД. Правила виконання електричних схем.
41. ДСТУ ГОСТ 2.703-2011. ЕСКД. Правила виконання кінематичних схем.