

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Фадєєв Олег Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента(ки)

На здобуття другого (магістерського) ступеня вищої освіти

Удосконалення конструкції посудомийної машини

Назва теми

Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Електропобутова техніка

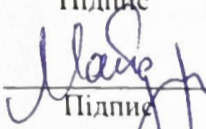
Шифр МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент(ка) 2 курсу група ЕТМ-24-1
Шифр


Підпис

Олег ФАДЄЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, вчене звання


Підпис

Павло МАЙДАН
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент
Посада

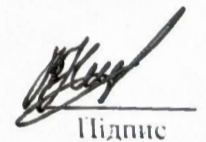

Підпис

Сергій ПУНДИК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри МАЕЕС

Назва



Підпис

Віталій НЕЙМАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

10.12.2025
Дата

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАЕЕС
Неймак В.С.
 12 .20 25 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Фадєєв Олег Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Удосконалення конструкції посудомийної машини

Керівник роботи Майдан Павло Сергійович, канд. техн. наук, доцент
Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 25 08 2025 р. № 65

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи на кафедру _____
3. Вихідні дані до роботи електричні та енергетичні характеристики обладнання

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень посудомийної машини. Розроблення конструкції регулятора висоти корзини посудомийної машини. Моделювання експлуатаційних особливостей регулятора висоти корзини посудомийної машини. Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції регулятора висоти корзини посудомийної машини.
Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
1. Аналіз існуючих конструкцій посудомийних машин (ДО1, А1). 2. Аналіз існуючих конструкцій регулятора висоти корзини посудомийної машини (ДО2, А1). 3. Посудомийна машина ASKO (Е3, А1). 4. Тривимірні моделі регулятора висоти корзини посудомийної машини (ДІ, А1) 5. Регулятор висоти верхньої корзини (СК, А1) 6. Деталювання (А1). 7. Аналітичне дослідження регулятора висоти корзини посудомийної машини (РР1, А1). 8. Аналітичні дослідження фіксатора регулятора висоти (РР2, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв


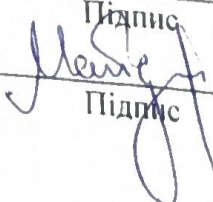
7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень посудомийної машини		
2. Розроблення конструкції регулятора висоти корзини посудомийної машини		
3. Моделювання експлуатаційних особливостей регулятора висоти корзини посудомийної машини		
4. Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції регулятора висоти корзини посудомийної машини		
5. Оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи		
6. Оформлення графічного матеріалу		

Студент(ка)

Керівник роботи


 Підпис

 Підпис

Олег ФАДЕЄВ
 Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
 Павло МАЙДАН
 Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Електропобутова техніка

АНОТАЦІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Фадєєв Олег Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

Тема роботи Удосконалення конструкції посудомийної машини

1. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання рецензента _____

2. Обсяг магістерської роботи: креслень 6 арк, сторінок записки 90

3. Характеристика розділів пояснювальної записки:

В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень посудомийних машин. Наведено огляд конструктивних складових посудомийної машини та різні підходи щодо конструкції механізму регулятора висоти. В другому розділі розроблено конструкцію регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини. Виконано аналітичні розрахунки щодо навантажень, які повинен витримувати регулятор та розроблено конструктивні складові регулятору висоти. В третьому розділі виконано моделювання експлуатаційних особливостей регулятора висоти корзини посудомийної машини. Виконано вибір матеріалу для конструктивних елементів регулятора висоти та змодельовано принцип роботи регулятора висоти. В четвертому розділі виконано розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції регулятора висоти корзини посудомийної машини. Також наведено виготовлений прототип регулятора висоти, крім того виокремлено його переваги та недоліки.

Підпис студента _____

" 10 " 12 20 25 р.

РІШЕННЯ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ:

Протокол 5 від 29 12 20 25 р.

Оцінка роботи ЕК заре 13/86

Рекомендації ЕК -

Особливі відмітки -

Технічний секретар _____

Підпис

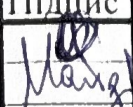
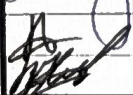
Гуржас А.В.
ІМ'Я, ПРІЗВИЩЕ

" 29 " 12 20 25 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСУДОМІЙНОЇ МАШИНИ	8
1.1 Огляд та аналіз існуючих видів посудомийних машин	8
1.2 Огляд та аналіз існуючих конструктивних складових посудомийної машини	14
1.3 Методологія проведення дослідження	26
Висновки до першого розділу	30
2 РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РЕГУЛЯТОРА ВИСОТИ КОРЗИНИ ПОСУДОМІЙНОЇ МАШИНИ	31
2.1 Аналітичні розрахунки конструктивних параметрів посудомийної машини	31
2.2 Розроблення конструкції регулятора висоти розміщення корзини	36
2.3 Розроблення складових елементів регулятора висоти розміщення корзини	47
Висновки до другого розділу	54
3 МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕГУЛЯТОРА ВИСОТИ КОРЗИНИ ПОСУДОМІЙНОЇ МАШИНИ	55
3.1 Вибір матеріалу для регулятора висоти корзини посудомийної машини	55
3.2 Моделювання роботи конструктивних елементів регулятора висоти корзини посудомийної машини	58
3.3 Принцип роботи регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини	68
Висновки до третього розділу	73
4 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ РЕГУЛЯТОРА ВИСОТИ КОРЗИНИ ПОСУДОМІЙНОЇ МАШИНИ	75

MPMA 25.00.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата				
Виконав		Фадєєв О.О.			Удосконалення конструкції посудомийної машини	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Майдан П.С.				У	4	90
Н.контр.		Іундик С.І.			ХНУ гр. ЕТМ-24-1			
Затвер.		Неймак В.С.						

ВСТУП

Сучасні умови конкурентоспроможності електропобутової техніки на ринку повинні намагатись не тільки утримати наявну базу попиту на прилад, але й збільшувати свою частку на ринку. Одним із підходів щодо збільшення частки попиту на ринку є вдосконалення конструктивних елементів та розробка нових моделей електропобутової техніки із додатковими функціями.

Серед сучасних підходів до облаштування кухонного простору спостерігається тенденція до обов'язкового встановлення посудомийних машин. За статистичними даними посудомийними машинами обладнано більше половини кухонь у побутових споживачів і вони займають третє місце серед електропобутової техніки після побутових холодильників та пральних машин.

Початкові моделі посудомийних машин, які з'явилися на ринку, не мали в своїй конструкції елементів, які призначені для зміни висоти розташування верхнього кошику в робочій зоні машини. На теперішній час наявні моделі, в яких можна змінити висоту кошику, але для цього необхідно виконати ряд достатньо складних дій.

Зміна висоти розміщення верхнього кошику посудомийної машини може стати нагаді, якщо необхідно помити високі келихи у верхньому кошику, або якщо існує необхідність помити крупногабаритні каструлі, сотейники чи деку від духової шафи у нижньому кошику.

Таке регулювання висоти розміщення верхнього кошику зробить посудомийну машину більш гнучкою у використанні, підвищить ефективність, а також спрощує процес її експлуатації.

Метою роботи є розробка механізму регулювання висоти верхнього кошику посудомийної машини. Регулювання передбачається безступінчастим чином, легкодоступним, керованим користувачем, легким у монтажі, а вантажопідйомність повинна становити щонайменше 13 кг.

В роботі запропоновано конструкцію регулятора висоти розміщення

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

верхньої корзини посудомийної машини, який забезпечує можливість розміщення верхньої корзини під кутом до внутрішніх стінок корпусу посудомийної машини, завдяки чому на корзинах машини можна розміщувати посуд різних розмірів. Зазначений регулятор висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини дозволяє нахилити корзину під кутом до 8° , витримувати навантаження 13,2 кг,

За результатами кваліфікаційної роботи було написано тези доповідей «Розроблення конструкції регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини» у збірнику наукових праць «Технічна творчість», секція «Устаткування, машини і апарати».

					<i>MPMA 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСУДОМИЙНОЇ МАШИНИ

1.1 Огляд та аналіз існуючих видів посудомийних машин

Заявку на перший патент на конструкцію посудомийної машини було подано 31 грудня 1885 року Джозефіною Кокрейн. Пристрій представляв собою ємність із металу, яка була розділена на дві конструктивно різні частини. У верхній частині розміщувалась рухлива підставка, призначення якої полягало у поділі чистої гарячої води та мильної піни, а у другій частині, яка розташовувалась зверху, знаходився кошик для приборів та посуду.

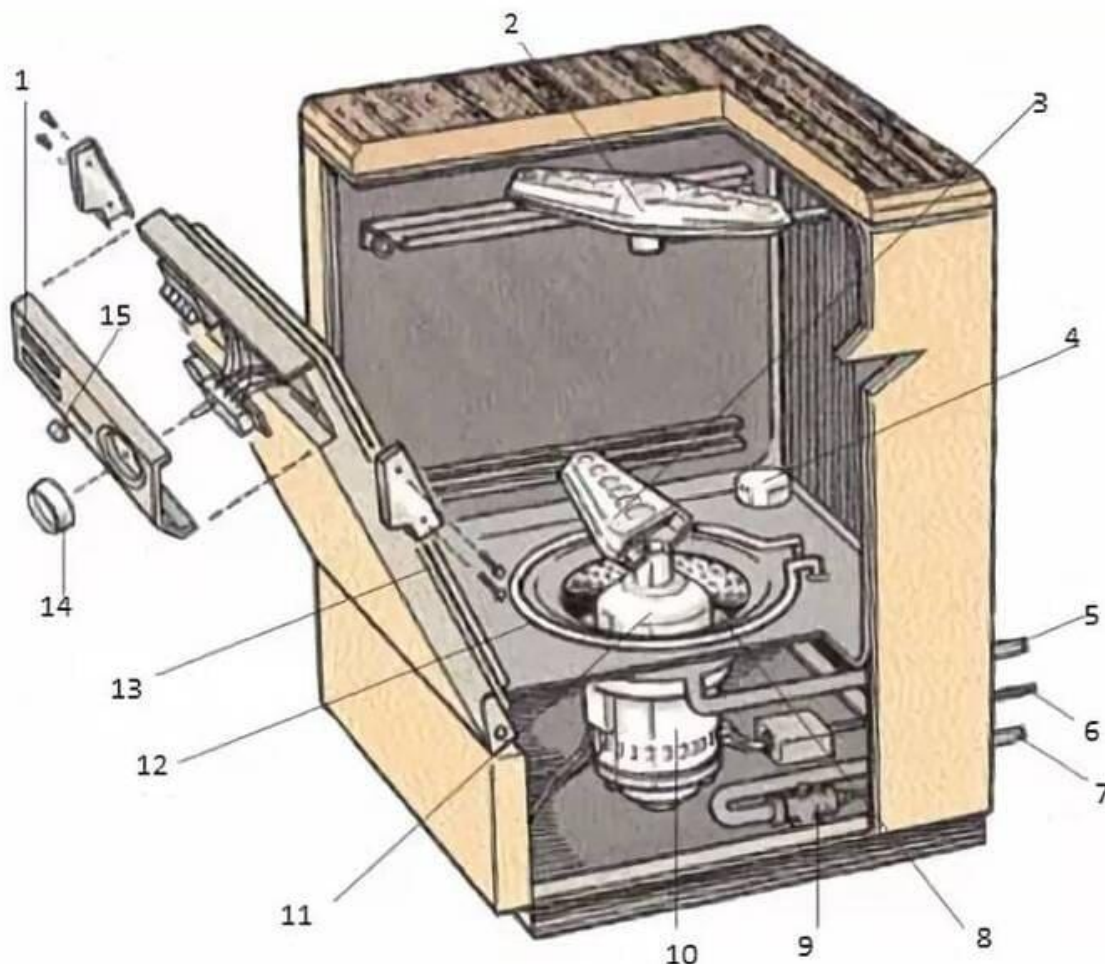
Нагрівач встановлювався під нижній резервуар і машина працювала на пару. Підйом температури спричиняв збільшення тиску, під дією якого починали рухатись поршні насосів, а вода відповідно переганялась у верхній резервуар. В своєму задумі Кокрейн також планувала вдосконалити посудомийну машину шляхом додавання функцій сушки посуду, але їй це зробити не вдалось [1].

Конструктивно сучасні види посудомийних машин працюють за тим же принципом, що і перша посудомийна машина. Схема посудомийної машини наведена на рисунку 1.1 [МРМА 25.00.00.000 ДО1].

Умовно її конструкцію можна поділити на два набори елементів: користувацький та базовий. Базовий набір елементів призначений для функціонування самої посудомийної машини. Туди входять [2]:

- двигун;
- циркуляційний насос для подачі води;
- дренажний насос для відкачування води;
- розприскувачі води – верхній та нижній;
- нагрівальний елемент;
- електронна плата керування;
- датчик рівня води.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8



1 – панель керування; 2 – верхній блок розприскувачів; 3 – нижній блок розприскувачів; 4 – поплавковий клапан; 5 – зливний шланг; 6 – кабель; 7 – шланг подачі води; 8 – фільтр; 9 – впускний клапан; 10 – двигун; 11 – помпа; 12 – нагрівальний елемент; 13 – прокладка; 14 – кнопка керування; 15 – механізм зачинення дверей

Рисунок 1.1 – Конструктивна схема посудомийної машини

В користувацький блок можна віднести елементи посудомийної машини, які використовуються для викладення посуду, подачі миючих засобів, тощо. Сюди відносяться:

- кошик для посуду;
- фільтр;
- дозатори миючих засобів;
- додаткові відділення для солі.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

MPMA 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

9

Після того, як користувач обрав необхідну програму на посудомийній машині, вона починає цикл миття посуду, який умовно можна поділити на три цикли мийки. Перший цикл – ополіскування водою холодною водою для видалення залишків їжі з посуду та приборів. Він також має назву попереднього ополіскування. Другий цикл – миття посуду із миючим засобом гарячою водою. Третій цикл – ополіскування холодною водою з метою видалення залишків миючих засобів з посуду.

В деяких моделях посудомийних машин також наявний цикл сушки посуду. В залежності від виду технології, яка застосовується існує три види сушіння, які показані у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технології сушіння посуду в посудомийних машинах

Назва	Принцип роботи	Недоліки	Переваги
Конденсаційна	волога після випаровування посідає на стінках машини, після чого стікає в піддон та відкачується зливним насосом	Довготривалий процес сушіння, на посуді може з'явитись брак	Мінімальне використання електроенергії, дешевизна посудомийної машини
Інтенсивна з теплообмінником	Сушка за рахунок дії циркуляції повітряних потоків без кулера	Середня тривалість сушіння	Середня витрата електроенергії, вища якість сушіння
Турбо	Сушка за допомогою додаткового вентилятора та турбіни	Великі витрати електроенергії, висока вартість приладу	Бездоганно чистий та сухий посуд, швидкий результат

На ринку посудомийних машин наявно безліч варіантів виконання. Класифікуються вони за рядом ознак. Перша ознака – це призначення. За призначенням посудомийні машини поділяють на професійні та побутові (рис. 1.2).



а)



б)

Рисунок 1.2 – Посудомийні машини різного призначення:

а – професійна; б - побутова

Професійні посудомийні машини використовуються у великих закладах громадського харчування. Такі машини забезпечують ефективно та швидко миття великої кількості посуду, в результаті чого заощаджуються людські ресурси. Серед основних переваг таких машин відзначають високу продуктивність, яка може становити більше 1000 стаканів на годину, ідеальні умови миття посуду, наявність великої кількості програм для миття різного типу (цифрові та механічні), висока міцність та довговічність, зручність у використанні, економія води та електроенергії [3].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
11

Наступний параметр, за яким виконується класифікація посудомийних машин (ПММ) – це по типу установки. На даний момент наявні [4]:

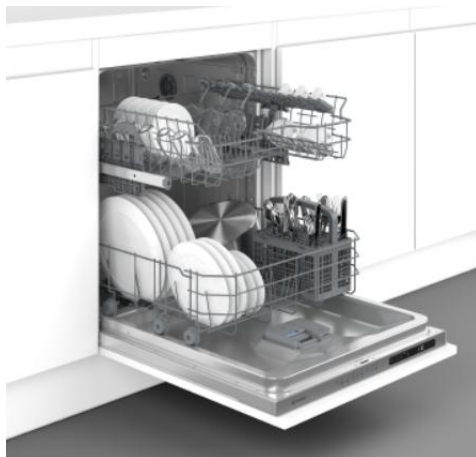
- окреmostоячі ПММ, які не потребують інтеграції в меблі та розміщуються на підлозі (рис. 1.3, а) [МРМА 25.00.00.000 ДО1];
- настільні ПМ, в основному це більш компактні моделі, які встановлюються на кухонну стільницю (рис. 1.3, б);
- ті, що вбудовуються в меблі, тобто повністю (рис. 1.3, в) або частково (рис. 1.3, г) оздоблюються фасадом кухні.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.3 – Класифікація посудомийних машин по типу установки:
а – окреmostояча; б – настільна; в – та, що вбудовується повністю; г – та, що вбудовується частково

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
12



1 – клас енергоефективності; 2 – річний обсяг споживання енергії; 3 – річний обсяг споживання води; 4 – клас ефективності сушіння посуду; 5 – номінальна завантаженість; 6 та 7 – рівень шуму

Рисунок 1.5 – Класи енергоефективності посудомийних машин

1.2 Огляд та аналіз існуючих конструктивних складових посудомийної машини

Конструкція ПММ показана на рисунку 1.1. Основними конструктивними елементами в ПММ незалежно від моделі є [7]:

- циркуляційний блок (рис. 1.6, а), призначений для подачі води в системи та підтримання її рециркуляції (вода проходить через насос для циркуляції, після чого подається в коромисла та виходить із форсунок під тиском);
- зливна помпа (рис. 1.6, б) для зливу використаної води;
- зливні шланг (рис. 1.6, в) та патрубок;
- нагрівальний елемент (рис. 1.6, г);
- двигун (рис. 1.6, д);

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
14



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рисунок 1.6 – Конструктивні елементи ПММ:

а – циркуляційна помпа; б – зливний насос; в – зливний шланг;

г – нагрівальний елементи; д – двигун; е - фільтр

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
15

– фільтр у формі сітки (рис. 1.6, е), який на вході зливного клапану забезпечують захист системи від засмічень, які можуть виникнути від залишків їжі на посуді та іржі у воді;

- забірний шланг;
- водозбірник;
- проводка;
- блок керування;
- резервуар для засобів пом'якшення води;
- запобіжний пристрій;
- пресостат або датчик потоку (в залежності від моделі).

Кількість розприскувачів (рис. 1.7) коливається в залежності від моделі від 1 до 4 штук.

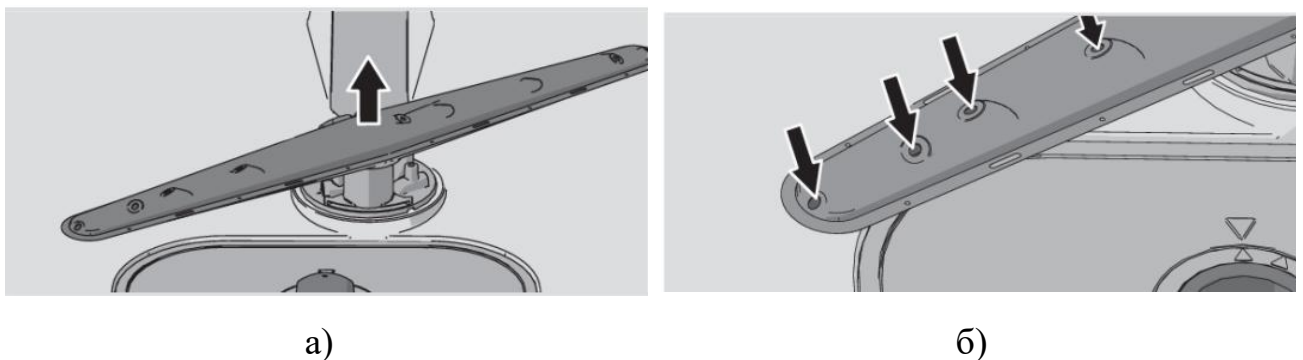


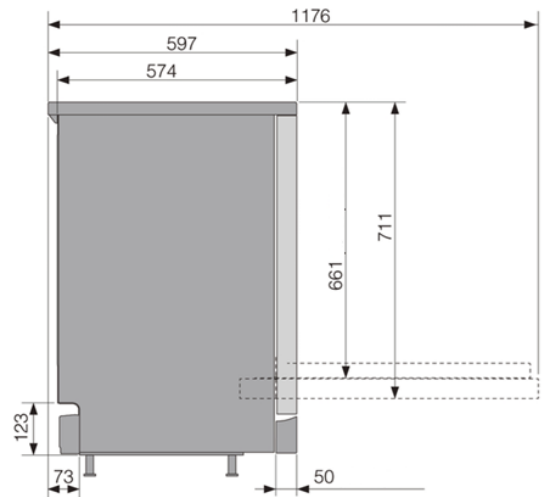
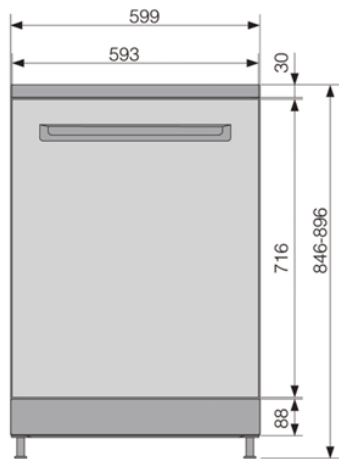
Рисунок 1.7 – Розприскувач ПММ:

а – схема; б – подача води

В кваліфікаційні роботі як приклад розглядається ПММ виробника Asko [8], зовнішній вигляд та розміри якої наведені на рисунку 1.8. Станом на 2019 рік компанія Asko є міжнародно визнаним преміум брендом з клієнтською базою по всьому світу. Бренд зареєстрований у Швеції, але більша частина їх техніки виготовляється в Словенії, в той час як ряд моделей випускаються також в Італії, Чехії, Нідерландах.



а)



б)

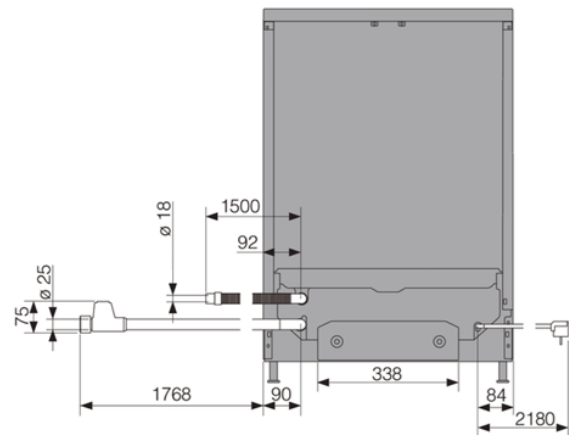


Рисунок 1.8 – ПММ Asko:

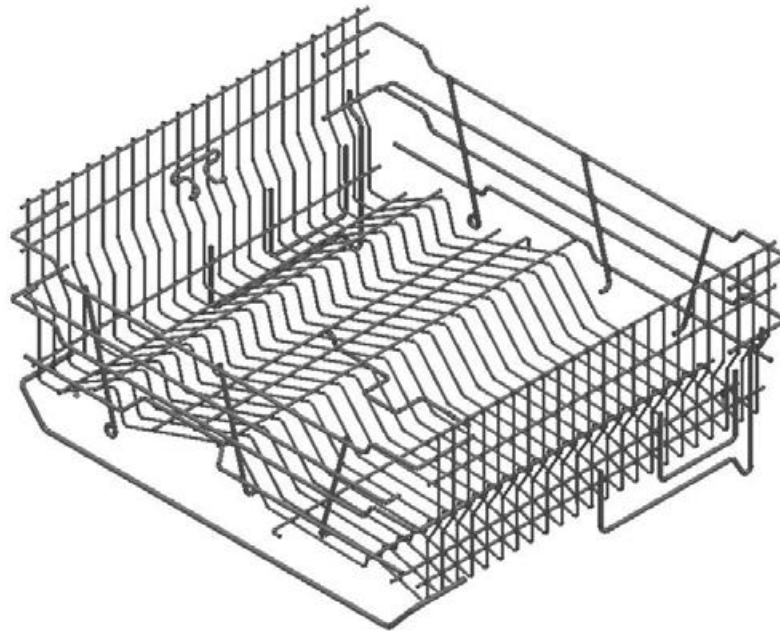
а – зовнішній вигляд; б - розміри

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

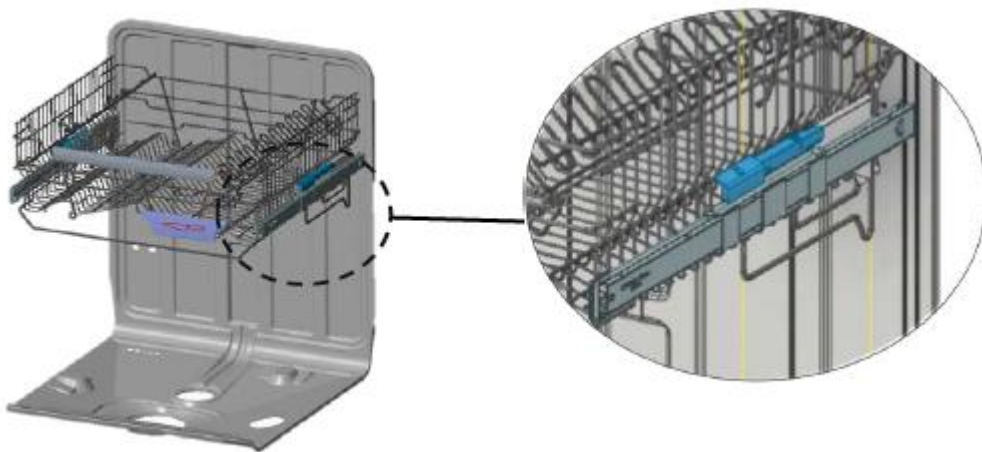
МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
17

Одним із найбільш важливих елементів ПММ є корзина для посуду (рис. 1.9). В залежності від розмірів ПММ корзин може бути одна або дві [9]. Оскільки основна мета кваліфікаційної роботи – це розробка механізму регулювання висоти розташування верхньої корзини для посуду, то була побудована тривимірна модель лише верхньої корзини (рис. 1.9).



а)



б)

Рисунок 1.9 – Верхня корзина для посуду в ПММ:

а – тривимірна модель; б – регулятор висоти розміщення корзини

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
18

Якщо необхідно повернути корзину до початкового положення, її достатньо просто фізично опустити, натиснувши на неї, в результаті чого кріплення знову відтворить контактний тиск.



а)



б)

Рисунок 1.13 – ПММ BOSCH SMU46AW01S:

а – зовнішній вигляд; б – механізм регулювання висоти корзини для посуду



а)



б)

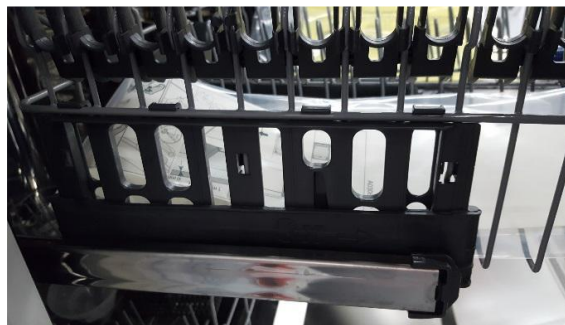
Рисунок 1.14 – ПММ CYLINDA DM3133:

а – зовнішній вигляд; б – механізм регулювання висоти корзини для посуду

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
21



а)

б)

Рисунок 1.15 – ПММ Electrolux ESF5512L:

а – зовнішній вигляд; б – механізм регулювання висоти корзини для посуду

В ПММ FINLUX 1349-4A в корзини першочергово доступні два комплекти коліщаток (рис. 1.16, б) [МРМА 25.00.00.000 ДО2], завдяки яким відбувається регулювання висоти розміщення корзини. Тобто, як і у моделі BOSCH SMU46AW01S для підняття або опускання корзини її необхідно повністю витягнути, та вставити у напрямні рейки, які знаходяться вище або нижче.

В ПММ Miele G 6620 SCu (рис. 1.17) [МРМА 25.00.00.000 ДО2] для регулювання висоти розміщення верхньої корзини наявна спеціальна ручка жовтого кольору. У ручки наявні три різні положення. Якщо потягнути вгору ручку, то кошик можна переміщати на три різні висоти. Такий підхід також вимагає мінімальних зусиль та не потребує багато часу.

В ПММ Samsung DW60M6051UW (рис. 1.18) [МРМА 25.00.00.000 ДО2] принцип регулювання верхньої корзини схожий на модель Miele G 6620 SCu, але при цьому у ручки наявні лише два положення – верхнє і нижнє. Для розблокування корзини необхідно потягнути за ручку та розмістити кошик вище або нижче в залежності від потреби.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

22



а)



б)

Рисунок 1.16 – ПММ FINLUX 1349-4А:

а – зовнішній вигляд; б – механізм регулювання висоти корзини для посуду



а)



б)

Рисунок 1.17 – ПММ Miele G 6620 SCu:

а – зовнішній вигляд; б – механізм регулювання висоти корзини для посуду

В ПММ SIEMENS iQ500 SN457W06IS (рис. 1.19) [МРМА 25.00.00.000 ДО2] також використали підхід до регулювання корзини за допомогою пластикової ручки, але поєднали його із використанням кронштейну. Ручка кріпиться до металевого кронштейну, і коли її витягувати, то розривається контакт між кронштейном та корзиною, після чого можна відрегулювати положення верхньої корзини для посуду та знову зафіксувати кронштейн. Використання такого фіксуючого кронштейну сприяє збільшенню безпеки та більш тісному кріпленні при зміні висоти розміщення корзини для посуду, але трошки збільшує час на регулювання висоти.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

23



а)



б)

Рисунок 1.18 – ПММ Samsung DW60M6051UW:

а – зовнішній вигляд; б – механізм регулювання висоти корзини для посуду



а)



б)

Рисунок 1.19 – ПММ SIEMENS iQ500 SN457W06IS:

а – зовнішній вигляд; б – механізм регулювання висоти корзини для посуду

Остання модель, яка підлягає аналізу – це SMEG ST2FAB (рис. 1.20) [МРМА 25.00.00.000 ДО2]. В ній також використовується двокомпонентний кронштейн та наявні три положення верхньої корзини по висоті відносно нижньої корзини. Для регулювання використовується спеціальна засувка невеликого розміру. Проте, по причині невеликого розміру, засувка та кронштейн достатньо не помітні, що є недоліком.

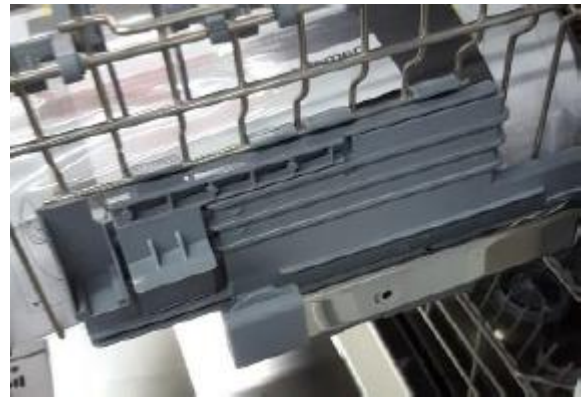
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
24



а)



б)

Рисунок 1.20 – ПММ SMEG ST2FAB:

а – зовнішній вигляд; б – механізм регулювання висоти корзини для посуду

Проведений аналіз наявних рішень щодо механізму регулювання висоти розміщення верхньої корзини для посуду в ПММ дозволяє виокремити загальну тенденцію. По-перше, механізм регулювання не повинен потребувати повного витягування корзини, як це реалізовано у ПММ фірми Bosch. По-друге, необхідно передбачити механізм фіксації, який буде закріплювати корзину після регулювання. По-третє, необхідно передбачити можливість вибору висоти для кожної сторони корзини окремо, при чому рейки будуть виступати основою для механізму регулювання висоти розміщення верхньої корзини в площині посудомийної машини.

Умовно, наявні в різних моделях регулятори висоти можна розділити на:

- повністю ручні;
- із механізмом самостійного блокування;
- із додатковими коліщатами.

В ручних механізмах регулювання блокування виконується за допомогою ручки. В системах із самостійним блокуванням, її розблокування виконується за допомогою додаткового підйому корзини перед тим, як його необхідно опустити у положення нижче. Система із використанням додаткових коліщаток по своїй

суті не має механізму додаткового регулювання, просто має додаткові напрямні рейки для встановлення верхньої корзини на них.

1.3 Методологія проведення дослідження

Перед тим, як виконувати дослідження та розробку регулятора висоти положення верхньої корзини для посуду в ПММ фірми Asko, необхідно виокремити ряд обмежень, які наявні і будуть впливати на хід проведення дослідження.

Перше обмеження стосується матеріалу, який буде використовуватись. Більш доцільним буде обрати матеріал, який вже наявний в конструкції ПММ. Тому передбачається використання поліоксиметилену (ПОМ). Цей матеріал набув широкого використання по причині того, що йому властива висока жорсткість, стабільність розмірів та низьке тертя. В електротехніці цей матеріал використовується як ізолятор, в той час як в харчовій промисловості та медицині він набув широкого поширення завдяки стійкості до дезінфекції та біоінертності [11].

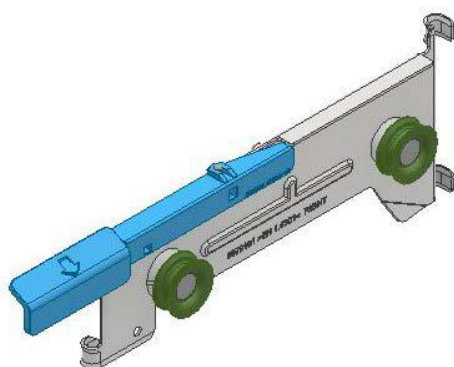
Серед властивостей ПОМ виділяють також стабільність його властивостей до температур 120 °С та високу термостабільність. В розрізі його використання для ПММ ще важливим фактором вибору такого матеріалу є те, що він стійкий до гарячої води, органічних розчинників та олів.

До механізму регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ можна також виокремити ряд обмежень, які повинні враховуватись в процесі розробки. До цих обмежень відносяться:

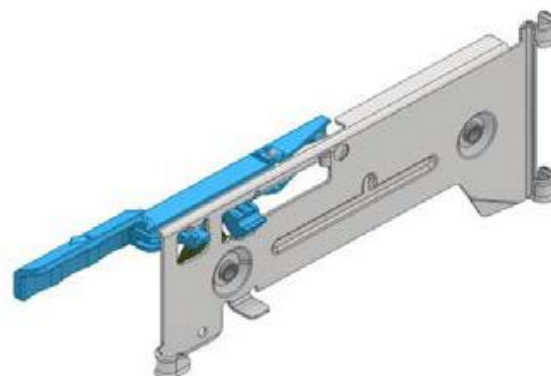
- відсутність електричних приладів, оскільки в ПММ використовується вода, тобто механізм повинен бути повністю механічним;
- можливість від'єднання корзини від посудомийної машини;
- можливість встановити корзину із певним нахилом.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Крім того, по причині прагнення до максимально економічно вигідного рішення щодо конструкції регулятора висоти верхньої корзини ПММ, необхідно прагнути до мінімізації конструктивних змін в існуючій моделі. За замовченням механізм кріплення верхньої корзини до внутрішніх стінок ПММ має вигляд, який показаний на рисунку 1.21. До того ж, необхідно враховувати конструкцію наявних напрямних рейок, які показані на рисунку 1.22.



а)



б)

Рисунок 1.21 – Модель наявного кріплення верхньої корзини до стінок ПММ:
а – вигляд спереду; б – вигляд ззаду



Рисунок 1.22 – Напрямні рейки в ПММ

					<i>MPMA 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		27

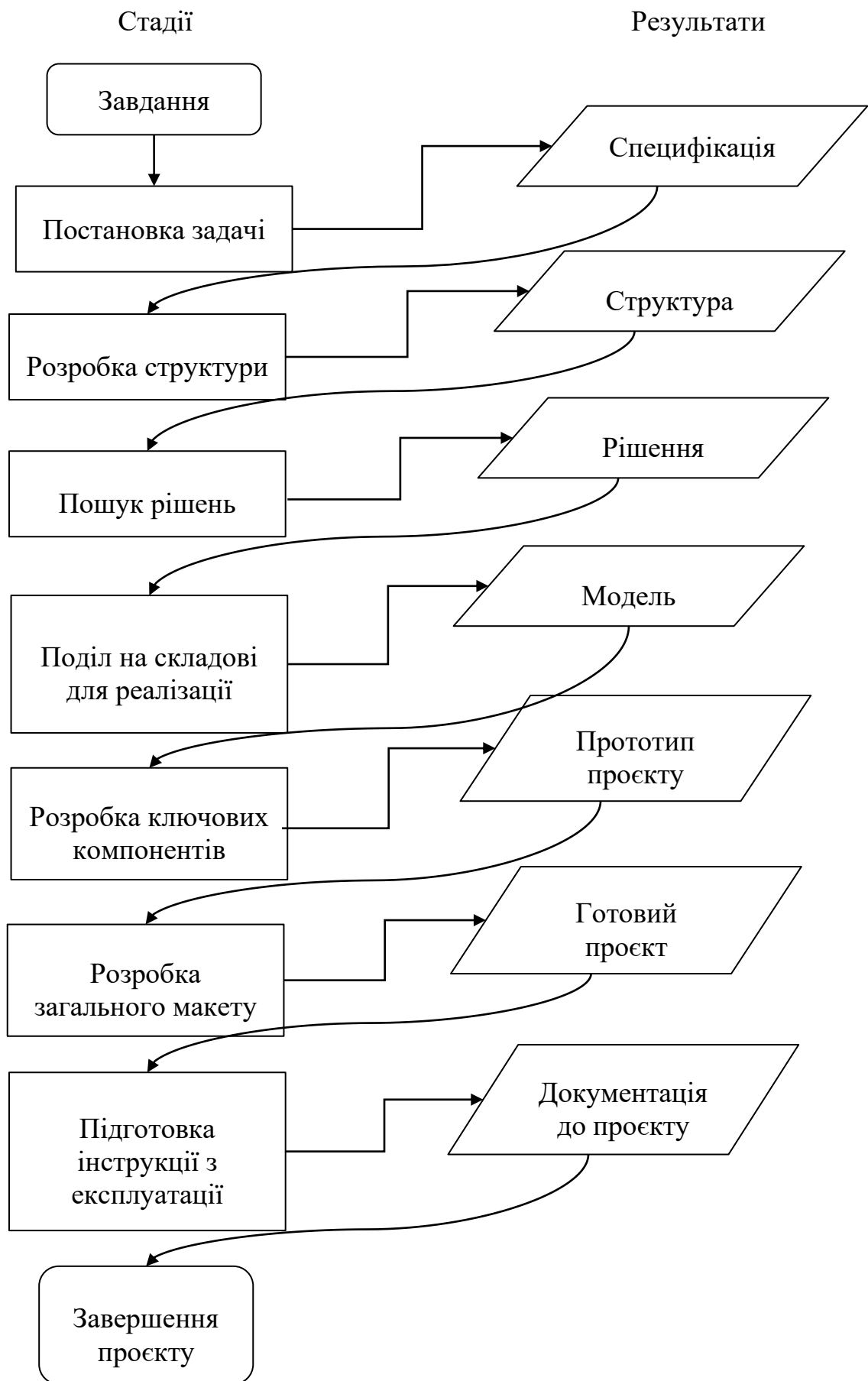


Рисунок 1.24 – Етапи проведення дослідження за VDI 2221

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

За замовченням на початку проведення дослідження з розробки регулятора висоти верхньої корзини ПММ задачі проєктування є нечітко визначеними. Для більш чіткого розуміння необхідно визначити вимоги до проєктування механізму регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ, а саме:

- легкість у виробництві та простота монтажу;
- легкодоступне розміщення в площині ПММ;
- налаштування з інтервалом 70 мм;
- режим самоблокування;
- вантажопідйомність 13,2 кг;
- можливість зміни висоти при частковому завантаженні корзини для посуду.

Висновки до першого розділу

В першому розділі проведено огляд та аналіз технічних та технологічних рішень щодо конструкцій посудомийних машин. Було наведено класифікацію посудомийних машин за призначенням, за класом енергоефективності, за розміром та вмістом та за способом установки.

Також наведено конструктивні складові ПММ та їх призначення. Проведено аналіз рішень щодо конструкції регулятора висоти верхньої корзини в різних моделях ПММ та виокремлено переваги та недоліки кожного із підходів.

В розділі наведено обмеження, які наявні при виконанні процесу розроблення регулятора висоти верхньої корзини ПММ та методологію, за якою буде виконуватись дослідження.

					<i>MPMA 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РЕГУЛЯТОРА ВИСОТИ КОРЗИНИ ПОМУДОМИЙНОЇ МАШИНИ

2.1 Аналітичні розрахунки конструктивних параметрів посудомийної машини

В деяких випадках при завантаженні ПММ необхідно одночасно виконати миття високого посуду, типу каструлі та високих келихів, наприклад келихів для вина або пива. Для розміщення каструль в ПММ використовується нижня корзина, а для келихів – верхня. Тобто, постає проблема в тому, що не вистачає висоти площини ПММ для одночасного миття таких предметів кухонного інвентаря.

На такий випадок можна передбачити механізм регулювання висоти верхньої корзини ПММ, який би не тільки дозволив підняти та опустити верхню корзину за потреби, але й дозволив би розмістити верхню корзину під кутом. В такому випадку можна нахилити одну частину верхньої корзини ПММ, щоб розмістити в ній високі келихи і в той же час у нижній частині буде достатньо висоти для розміщення високих предметів, наприклад каструль.

Проблему нахилу верхньої корзини можна умовно зобразити таким чином, як це показано на рисунку 2.1. На цій схемі зображені позначення наступних умов при нахилі верхньої корзини для посуду:

- ширина корзини – b ;
- висота нахилу – h ;
- кут нахилу - α ;
- умовне зміщення корзини – x' .

Відповідно до схеми, для розрахунку допуску зміщення достатньо використати теорему Піфагора. Простір, який утворюється між однаковими позиціями корзини у горизонтальній площині та за умови підняття корзини

позначається x . Саме в цьому просторі розміщується та функціонує механізм регулювання висоти корзини.

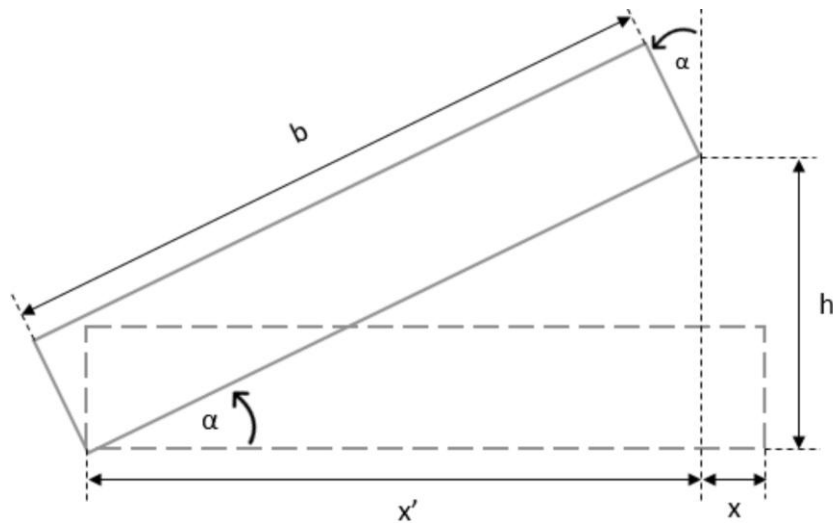


Рисунок 2.1 – Умовна схема нахилу верхньої корзини для посуду

Для обраної моделі допуск розраховується за формулою:

$$x'^2 = b^2 - h^2, \quad (2.1)$$

де x' - це допуск на розміщення регулятора висоти корзини, мм;

b – ширина корзини, мм;

h - висота підйому корзини, мм.

В такому випадку простір на розміщення регулятора висоти становитиме:

$$x' = \sqrt{b^2 - h^2} = \sqrt{510^2 - 70^2} = 505,2 \text{ мм.} \quad (2.2)$$

$$x = b - x' = 510 - 505,2 = 4,8 \text{ мм.} \quad (2.3)$$

Крім того, механізм регулятора висоти верхньої корзини для посуду повинен витримувати навантаження під певним кутом. Для визначення кута необхідно скористуватись формулою [14]:

$$\sin(\alpha) = \frac{h}{b}, \quad (2.4)$$

Тоді кут становитиме:

$$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{h}{b}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{70}{510}\right) = 7,9^\circ. \quad (2.5)$$

Для фіксації та стабілізації конструкції розмір від напрямних рейок до опорної площини повинен становити 125 мм. В такому випадку наявні обмеження на конструкцію регулятора висоти, оскільки при нахилі в робочій площині ПММ буде не вистачати простору.

Крім того, обмежується регулювання висоти в межах на 40 мм, що відповідає більше ніж двом рівням по висоті напрямних рейок. В такому випадку слід враховувати, що плита повинна бути коротша для того, щоб корзина безперешкодно рухалась без зіткнення із плитою. На рис. 2.2 показано два варіанти використання корзини – у звичайному положенні та нахиленому.

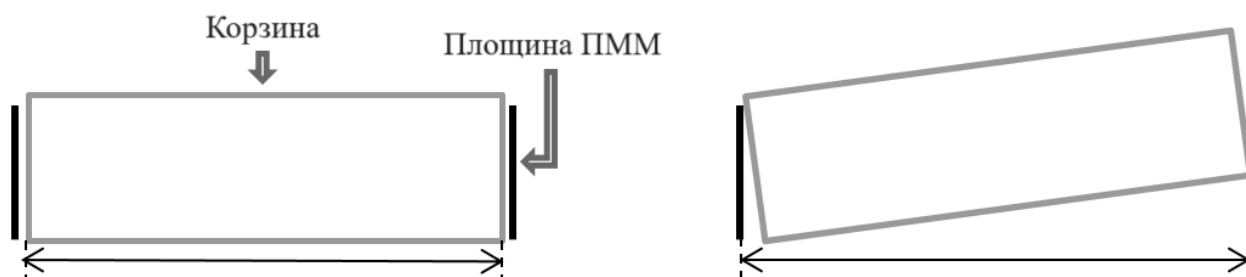


Рисунок 2.2 – Обмеження по ширині корзини за умови її нахилу

Тоді розрахунок максимальної ширини корзини у нахиленому стані відповідно до умовної схеми, зображеної на рисунку 2.3 становитиме:

$$b' = x + y. \quad (2.6)$$

Вхідними даними для розрахунку є:

- висота корзини h становить 125 мм;
- кут нахилу α становить 8° ;
- ширина корзини w становить 510 мм.

За таких вхідних умов отримаємо:

$$\sin 8 = \frac{x}{125}, \quad (2.7)$$

$$x = 125 \cdot \sin 8 = 17,4 \text{ мм} \quad (2.8)$$

$$\cos 8 = \frac{y}{125}, \quad (2.9)$$

$$y = 125 \cdot \cos 8 = 485,2 \text{ мм} \quad (2.10)$$

$$x + y = 17,4 + 485,2 = 502,6 \text{ мм} \quad (2.11)$$

$$b' - w = 502,6 - 490 = 12,6 \text{ мм} \quad (2.12)$$

Крім того, необхідно врахувати навантаження на профіль конструкції регулятора висоти розміщення верхньої корзини для посуду. Передбачається, що регулятор буде мати функцію фіксації. За завданням на проєктування було визначено, що інтервал висоти становить 70 мм, тобто регулювання висоти розміщення корзини для посуду повинно знаходитись в цих межах. Для спрощення процесу регулювання висоти, в цьому проміжку необхідно передбачити максимально можливу кількість положень для фіксації корзини.

Розподіл навантаження буде відбуватись на обидва боки корзини, а за завданням на проєктування вантажопідйомність корзини встановлена на рівні 13,2 кг. В регуляторі висоти бажано також передбачити запас міцності конструкції на випадок непередбачуваних ситуацій, наприклад впливу короткочасних сильних навантажень.

Для розрахунку сил реакції необхідно використати розрахунок балансу сил [15]. Враховуючи особливості конструкції, можна знехтувати тертям між поверхнями, оскільки фіксація передбачається завдяки геометричній формі регулятора висоти.

Умовна схема розподілу навантажень на механізм фіксації регулятора висоти положення верхньої корзини ПММ наведена на рисунку 2.3. Навантаження для розрахунку було обране на рівні $P = 195$ Н, а кут встановлений на значенні 45° .

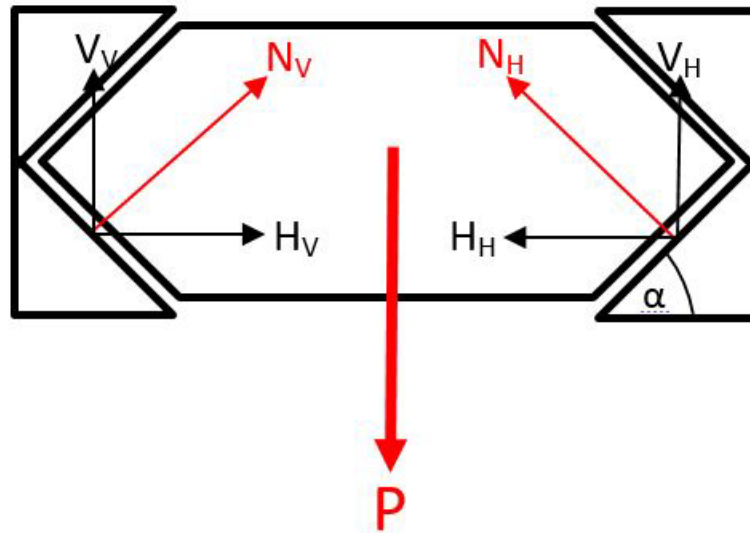


Рисунок 2.3 – Умовна схема розподілу навантажень

Тоді:

$$H_v - H_h = 0. \quad (2.13)$$

Оскільки $V_v = V_h$, тоді формула для розрахунку набуває вигляду:

$$V_v + V_h - P = 2V - P \quad (2.14)$$

$$V = \frac{P}{2} = \frac{195}{2} \text{ Н}. \quad (2.15)$$

$$\sigma = \frac{V}{S} = \frac{97,5}{0,04 \cdot \cos 45^\circ \cdot 0,003} = 11,5 \text{ МПа}. \quad (2.16)$$

Також необхідно врахувати навантаження, яке діятиме на регулятор висоти розміщення верхньої корзини при піднятій корзині. З метою забезпечення

кутового зміщення корзини на 8° необхідно передбачити наявність підшипнику у пластині для кріплення регулятора (рис. 2.4).

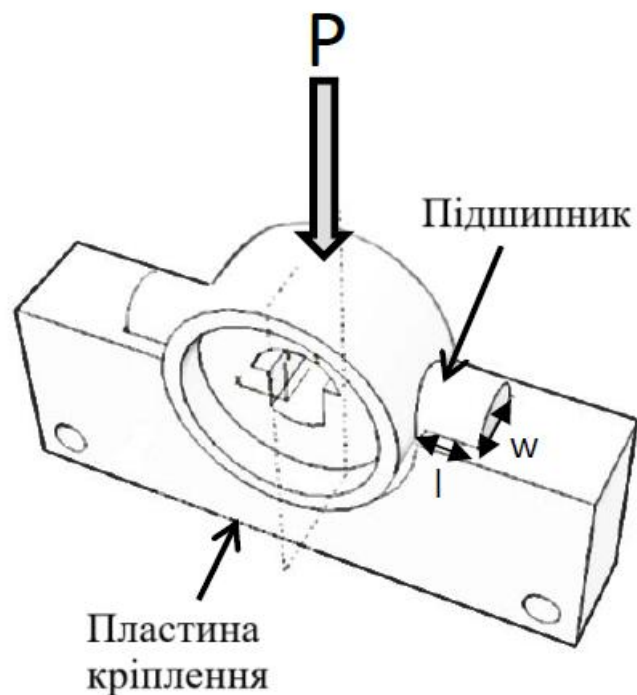


Рисунок 2.4 – Схема навантаження на підшипник

В піднятому положенні за умови прикладеного навантаження пластину для кріплення в процесі проведення досліджень на міцність необхідно прикласти навантаження від валу на опори та стабілізатор. Розрахунок для підтвердження вибору достатніх розмірів буде виконуватись за формулою:

$$\sigma = \frac{P}{PA} = \frac{P}{2lw} = \frac{195}{0,004 \cdot 2 \cdot 0,006} = 4,1 \text{ МПа.} \quad (2.17)$$

2.2 Розроблення конструкції регулятора висоти розміщення корзини

Для створення регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ використовувалась програма Autodesk Inventor. Autodesk Inventor – це систем двота тривимірного проектування та моделювання від компанії Autodesk, яка

використовується для створення прототипів промислових виробів. Вона включає в себе можливість виконання повного циклу проектування від створення тривимірних моделей виробів та деталей до випуску двовимірних креслеників із відповідною технічною документацією [17, 18].

Основними можливостями є:

- автоматичне формування креслеників;
- збірка компонентів у цілісні вузли машин;
- інтеграція двовимірних даних в єдину тривимірну модель;
- можливість виконання аналітичних розрахунків, наприклад, аналіз теплопередачі або міцності;
- поверхневе та параметричне моделювання;
- тривимірне моделювання деталей.

Для створення прототипу регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини необхідно створити декілька моделей та провести їх подальшу оцінку на предмет того, яка із запропонованих моделей буде кращою з точки зору ефективності та зручності використання у ПММ.

Для розробки прототипу механізму регулювання висоти розміщення верхньої корзини ПММ було використано підхід, зображений на рисунку 2.5. Після формулювання та аналізу проблеми (див. розділ 1) наступним етапом є створення концептуальної моделі механізму. Для регулятора висоти було обрано різні моделі, перша з яких зображена на рисунках 2.6-2.7.

Перша модель (рис. 2.6) складається із двох простих за конфігурацією елементів – задньої пластини та ручки, та одного складного елемента – механізму замикання (рис. 2.6, б).

Перед тим, як виготовляти такий механізм регулятора висоти, необхідно перевірити його працездатність та можливість експлуатації. Крім того, слід враховувати плавність ходу механізму при висуванні верхньої корзини ПММ. Як видно з рисунку 2.6, б, механізм базується на коліщатку. Необхідно визначити, яка сила тертя необхідна для обертання ролика.

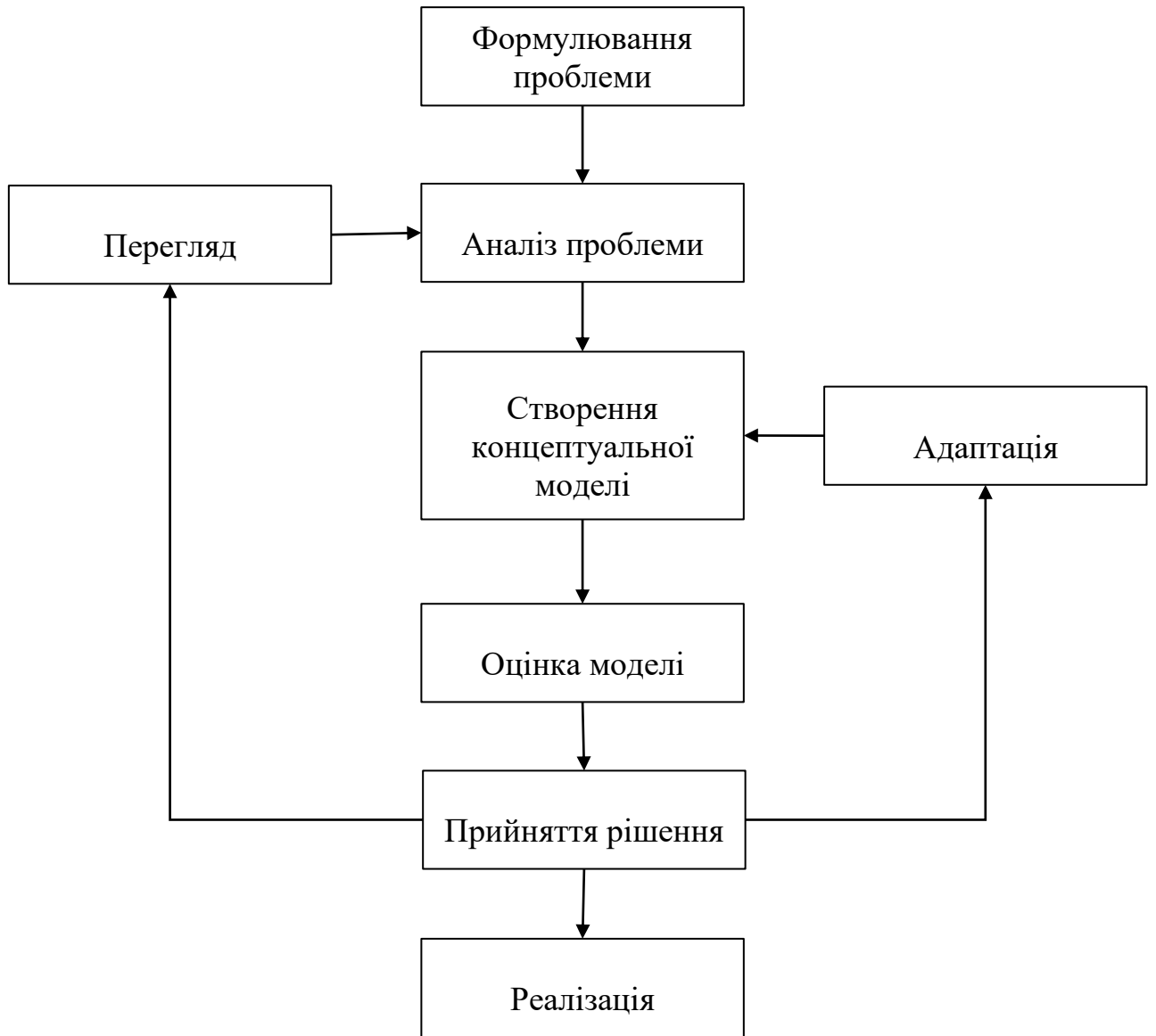
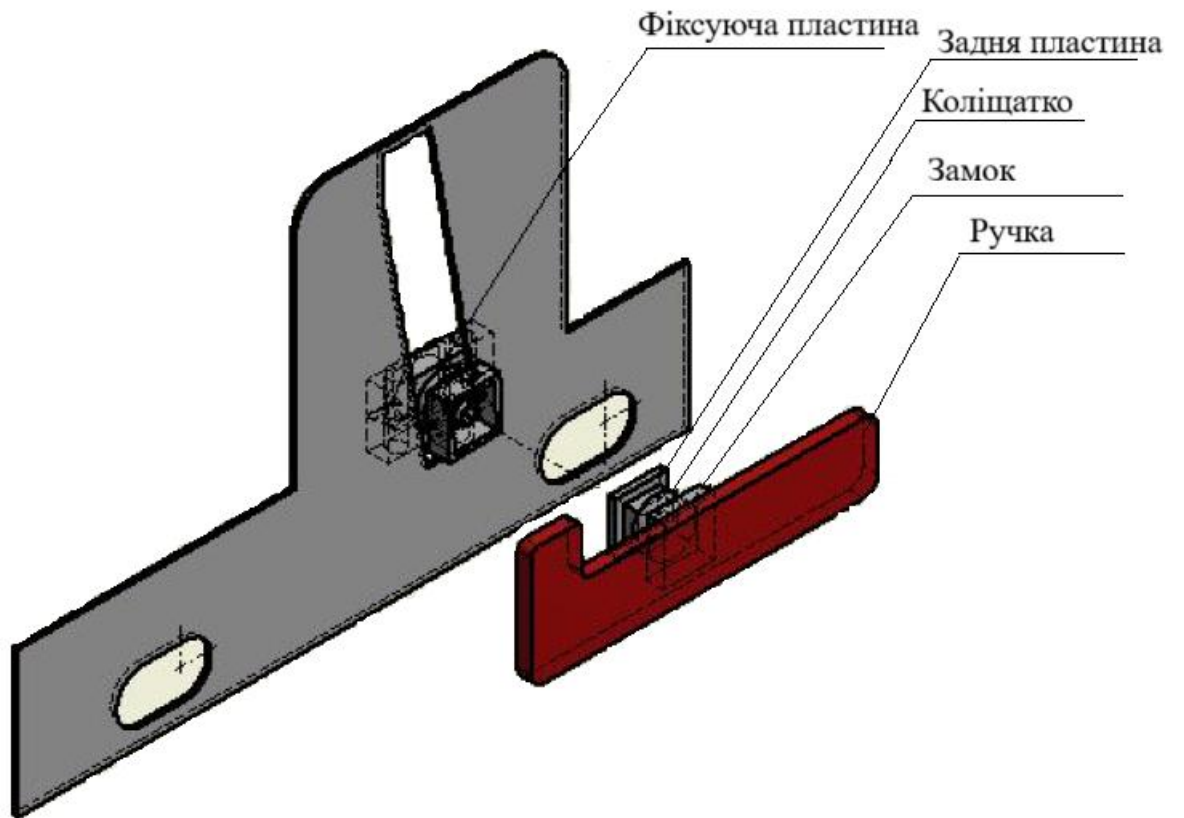


Рисунок 2.5 - Етапи створення моделі регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини

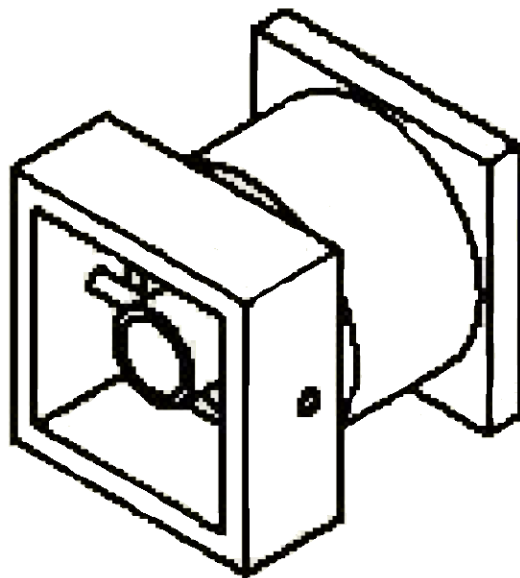
Розрахунок сили тертя виконується за формулою:

$$F_{fr} = \frac{(P - mg) \cdot \cos \alpha \cdot m}{1 + m}. \quad (2.18)$$

При розрахунку необхідно перевірити, яка максимальна швидкість може бути досягнута без застосування зовнішніх сил. Для цього використовується формула:



а)



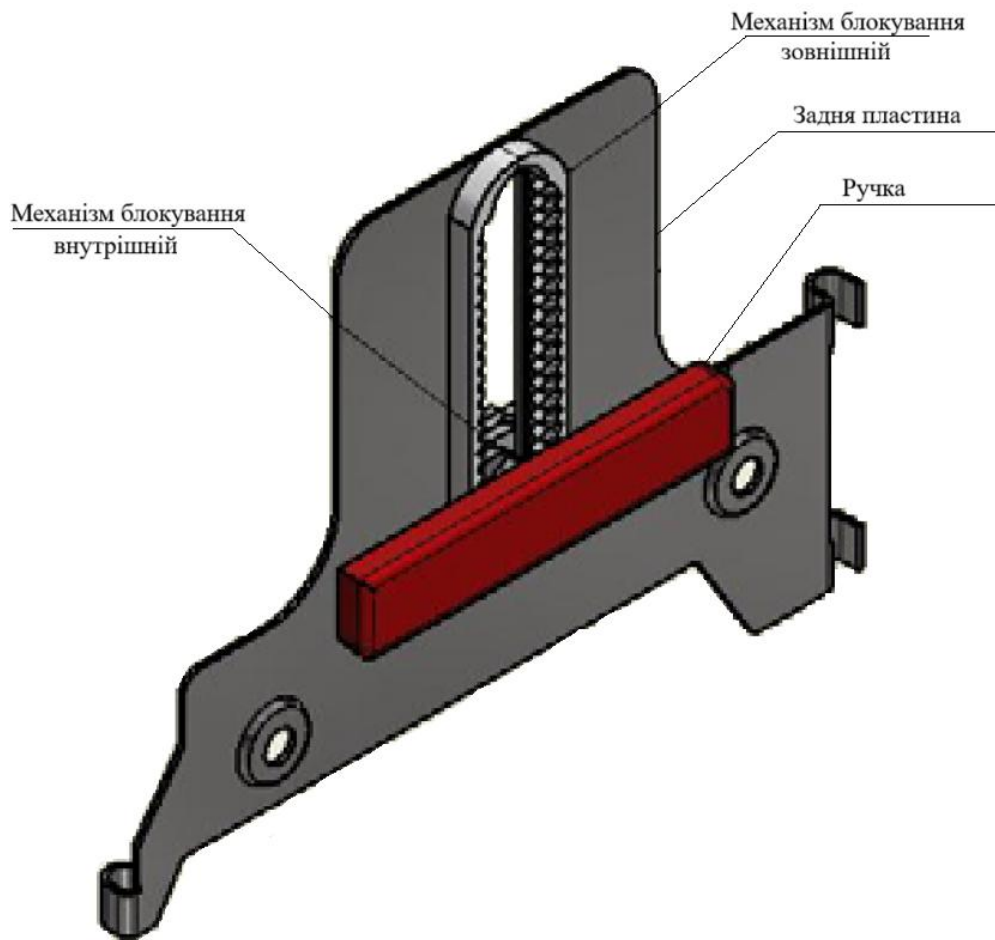
б)

Рисунок 2.6 – Перша модель регулятора висоти розміщення верхньої корзини:
а – загальний вигляд; б – механізм внутрішнього замикання

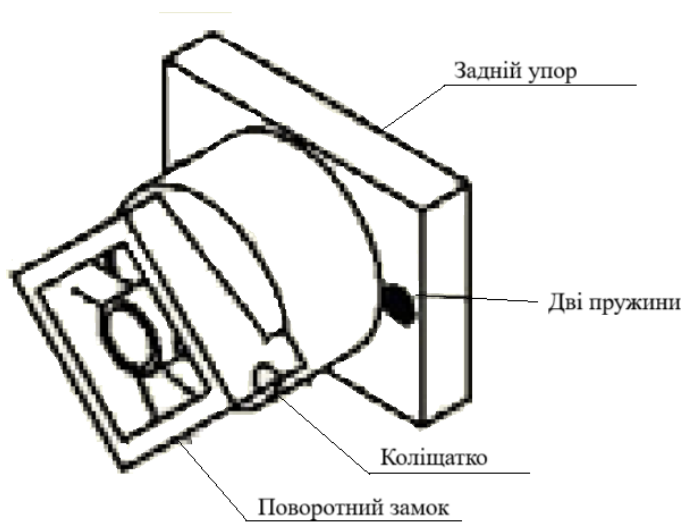
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
39



а)



б)

Рисунок 2.7 – Вдосконалена перша модель регулятора висоти розміщення верхньої корзини:

а – загальний вигляд; б – механізм внутрішнього замикання

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
41

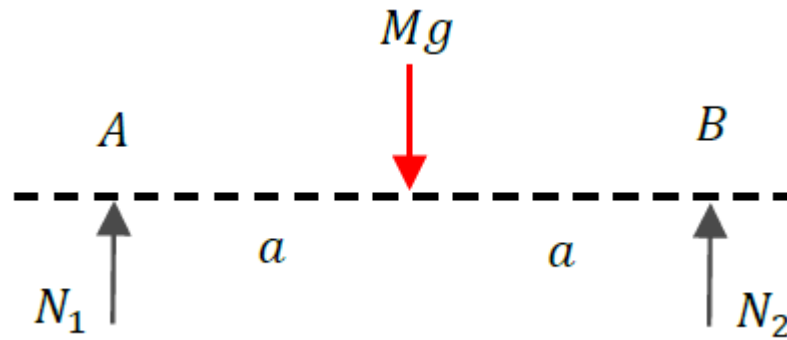


Рисунок 2.8 – Схема навантаження на вдосконалену першу модель

Відповідно, аналогічно до розрахунків, наведених у підрозділі 2.1, для цієї вдосконаленої моделі будуть наступними:

$$M_g = N_2 + N_1, \quad (2.24)$$

$$M_g \cdot a - N_2 \cdot 2a = 0, \quad (2.25)$$

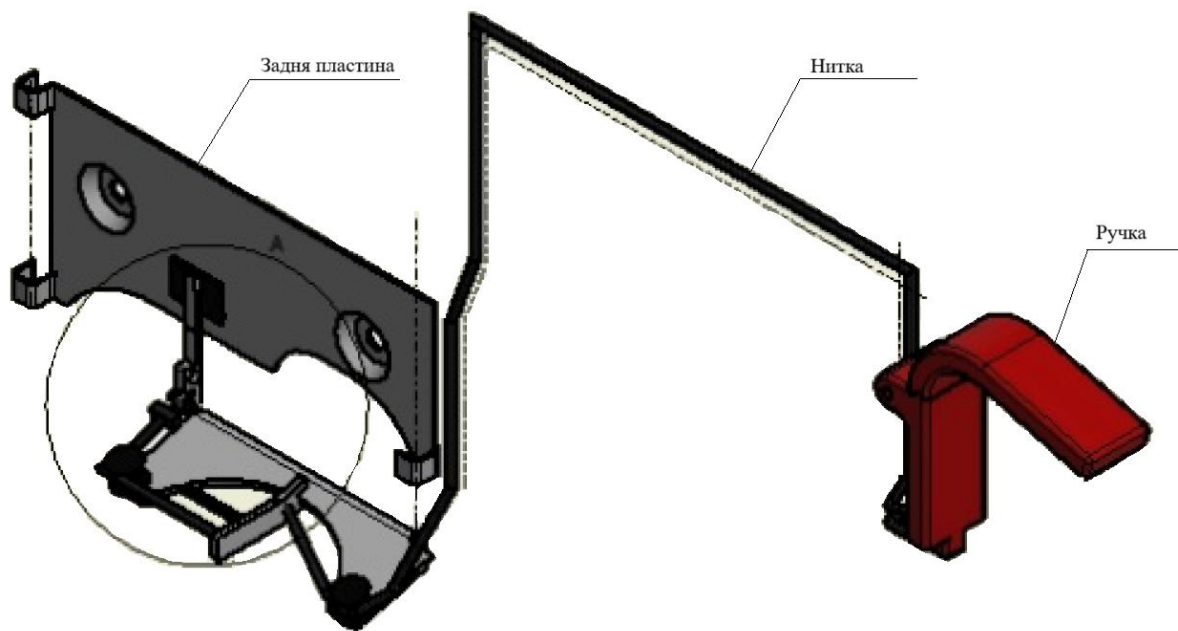
$$N_2 = M_g / 2, \quad (2.26)$$

$$M_g = 2N_1 = 130 \text{ Н}, \quad (2.27)$$

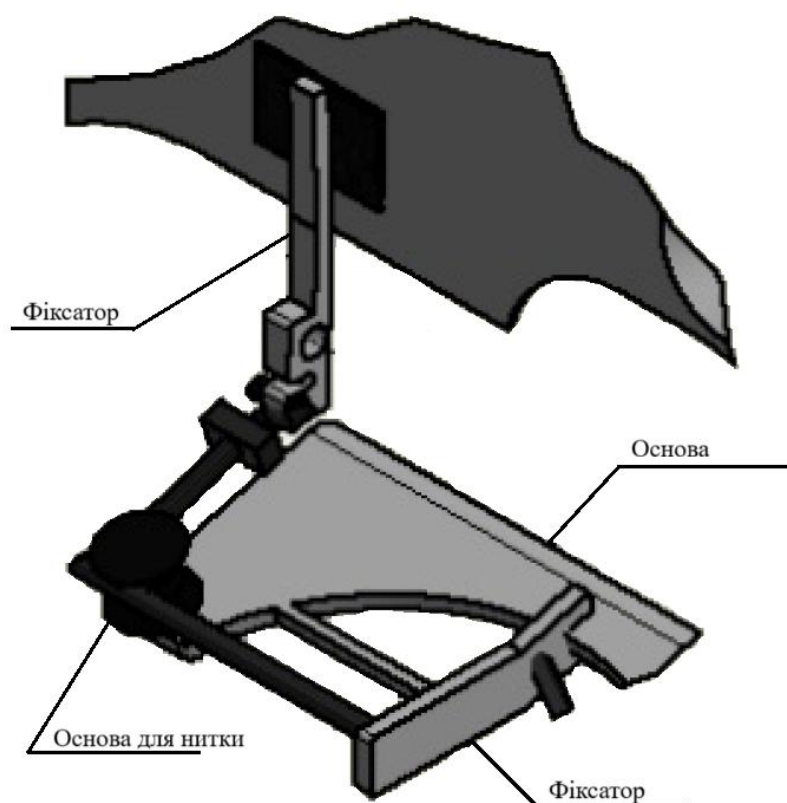
$$N_2 = N_1 = 65 \text{ Н}. \quad (2.28)$$

Наступна модель, яка пропонується в якості механізму регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ, зображена на рисунку 2.9. В цій моделі корзина піднімається догори в тому випадку, коли ручка повертається доверху. Ручка розміщена вздовж корзини, при натисканні на неї, відбувається звільнення натиску фіксуючого механізму, після чого можна виконати підйом корзини або ж її розміщення у похилому положенні.

Конструктивно ручка поділена на дві частини, завдяки чому можна її сховати у тому випадку, якщо немає необхідності змінювати висоту розміщення верхньої корзини. При підйомі ручки натягується нитка, а за нею – другий фіксуючий механізм. Сама нитка представляє собою дрiт, із пластиковим покриттям. Напрямок руху забезпечується підшипником, який закріплений на корзині.



а)



б)

Рисунок 2.9 – Друга модель регулятора висоти розміщення верхньої корзини:

а – загальний вигляд; б – механізм фіксації

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
43

Під корзиною розміщується пластина, на якій розміщені два підшипники, фіксує механізм та пружина. Фіксатор призначений для закріплення положення шляхом протягування відповідного важеля. В результаті чого звільняється натяг. Якщо ж основний фіксатор не знаходиться під натягом, корзину можна переміщувати у вертикальному напрямку в межах фіксованого інтервалу.

Після розробки такої моделі було виокремлено її основні недоліки, які можуть зробити механізм регулятора висоти недієздатним. Наприклад, вплив на різьбу великих зусиль та тиску, а також похилий рух пружини. Основним недоліком є те, що механізм розміщується порівняно далеко від центру ваги.

Крім того, у випадку використання різьбового з'єднання може виникнути багато експлуатаційних помилок. Якщо різьба буде мати хоча б один дрібний недолік, то регулятор висоти перестане функціонувати. З цієї точки зору другий варіант є менш доцільним у використанні у порівнянні із першим варіантом.

Третій варіант моделі регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ наведено на рисунку 2.10. В цій моделі також використовується нитка, яка з'єднується із ручкою. Ручка призначена для опускання та підйому корзини за допомогою відповідного механізму фіксації. В конструкції ручки наявна пружина, яка з'єднана із отвором профілю, завдяки чому користувач ПММ може відпустити її у випадку досягнення бажаної висоти розміщення верхньої корзини, а пружина направляє штифт в один із отворів.

За перетворення горизонтального руху у вертикальний відповідає шків, а закруглені отвори в пластині призначені для коліщаток, що зафіксовані у напрямній рейці. Завдяки цим коліщаткам унеможлиблюється вертикальне розміщення пластини. Нитка виготовлена із металевого дроту, який покритий шаром пластикової емалі з метою зменшення впливу корозії.

При аналізі життєздатності та експлуатаційних характеристик такої моделі регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ було виокремлено ряд недоліків, до яких відносяться:

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- на натяжну пружину припадає значне навантаження;
- натяжну пружину необхідно перемістити в іншу сторону.

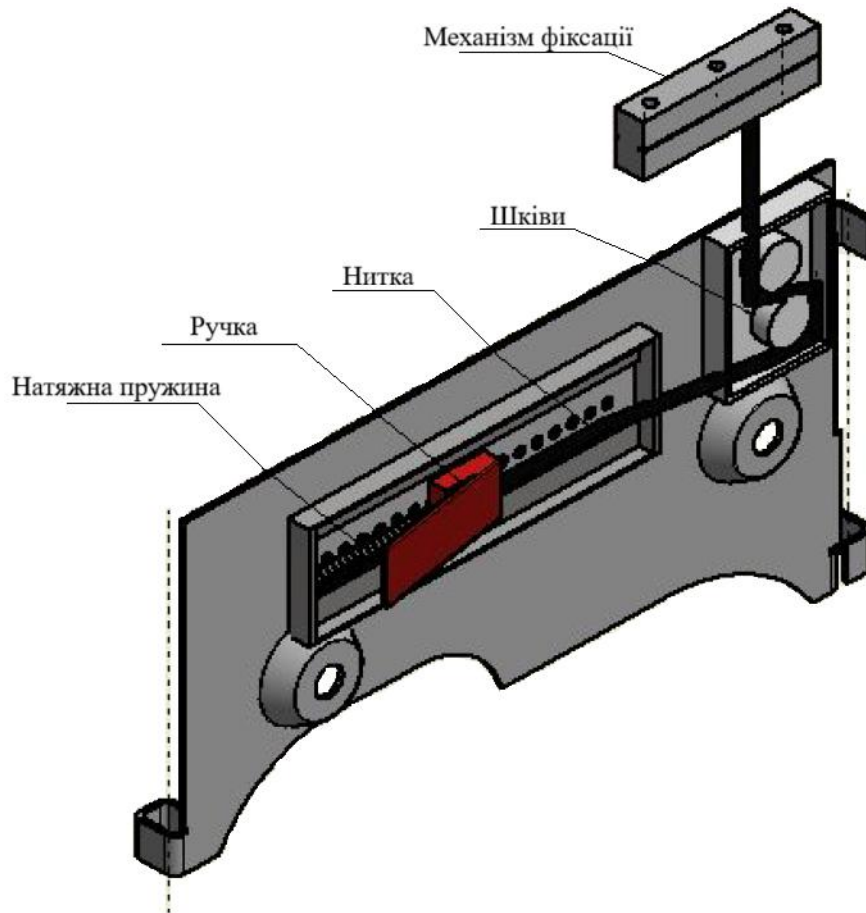


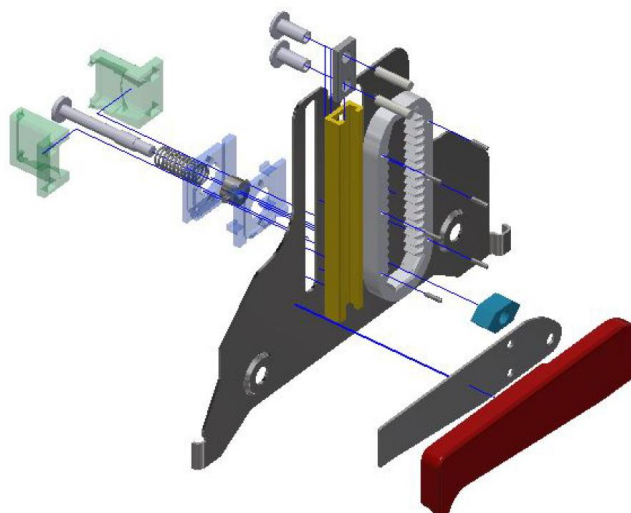
Рисунок 2.10 – Третя модель регулятора висоти розміщення верхньої корзини

Розрахунок навантаження на пружину виконувалось із врахуванням наступних умов:

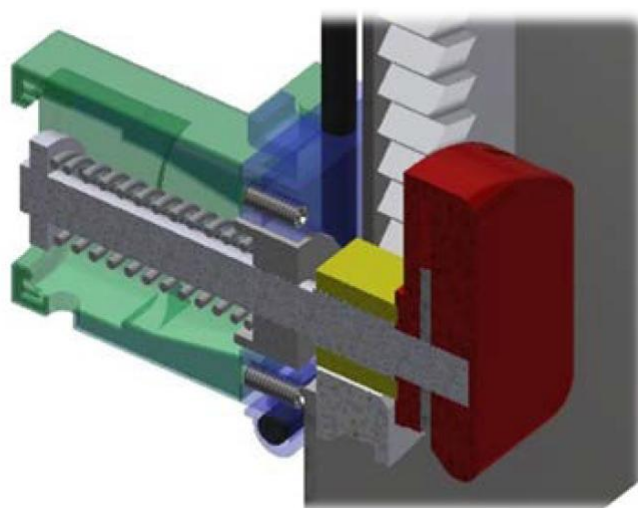
$$M_g = N_1; N_1 = F_S = 130 \text{ Н.} \quad (2.29)$$

Крім того при розміщенні пластин фіксуючого механізму, які кріпляться до корзини, необхідно врахувати, що нитки можуть піддаватись лише натягу. Враховані недоліки роблять цей варіант конструкції регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ неможливим.

В результаті на основі аналізу розроблених моделей було прийнято рішення прийняти за основу вдосконалену першу модель регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ, яка наведена на рисунку 2.7. Тривимірна модель регулятора висоти наведена на рисунку 2.11.



а)



б)

Рисунок 2.11 – Тривимірна модель регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ:

а – конструктивні елементи; б – регулятор у зафіксованому положенні

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
46

2.3 Розроблення складових елементів регулятора висоти розміщення корзини

Після виокремлення переваг та недоліків запропонованих моделей регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ та вибору остаточної моделі, необхідно виконати розроблення складових елементів регулятора висоти. До цих складових елементів відносяться:

- фіксатор;
- стабілізатор валу;
- механізм фіксації;
- пластина кріплення;
- механізм повороту.

Для утримання валу блокування положення у регуляторі висоти було розроблено конструкції фіксатора (рис. 2.12). Загальна ширина фіксатору становить 36 мм, а висота – 92 мм. Фіксатор має шість отворів із різьбою М6 для його закріплення на основі. Ці отвори передбачають кріплення гвинтами М6 DIN 912 із нержавіючої сталі (рис. 2.13) [19]. Фіксатор також повинен бути виготовлений із нержавіючої сталі, оскільки буде використовуватись у середовищі із високою вологістю та прямим контактом із водою в процесі миття посуду в ПММ.

Наступний елемент регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ – це стабілізатор валу (рис. 2.14, 2.15). Його призначення полягає в тому, щоб полегшити рух фіксатора та забезпечити можливість досягнення необхідного кута між опорою та корзиною.

З метою запобігання кочення валу отвір у стабілізаторі передбачено не круглої форми, а у формі напівкола із однією стороною у вигляді прямої. Зовнішній виступи призначенні для створення упору в пластину кріплення.

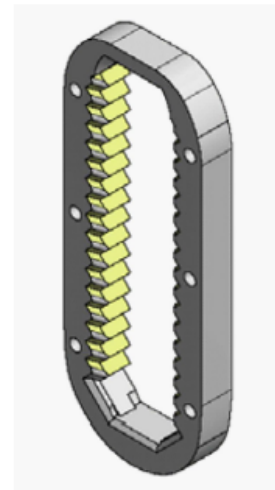
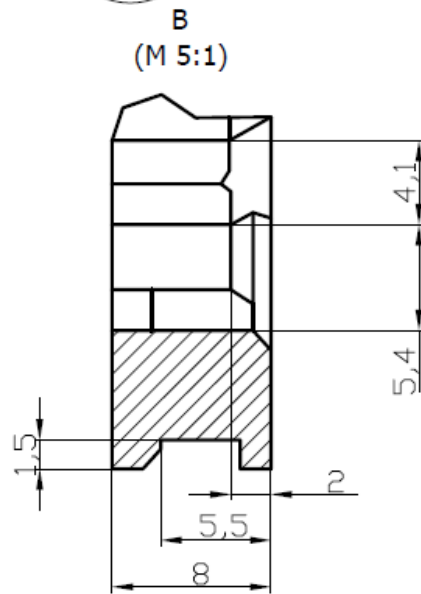
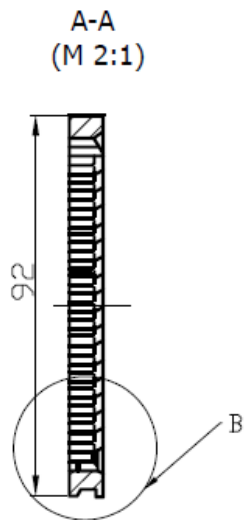
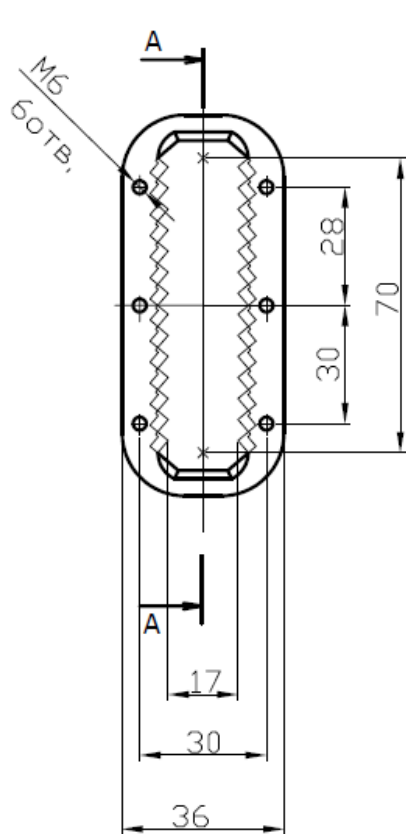


Рисунок 2.12 – Фіксатор



Рисунок 2.13 – Гвинт М6 DIN 912

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
48

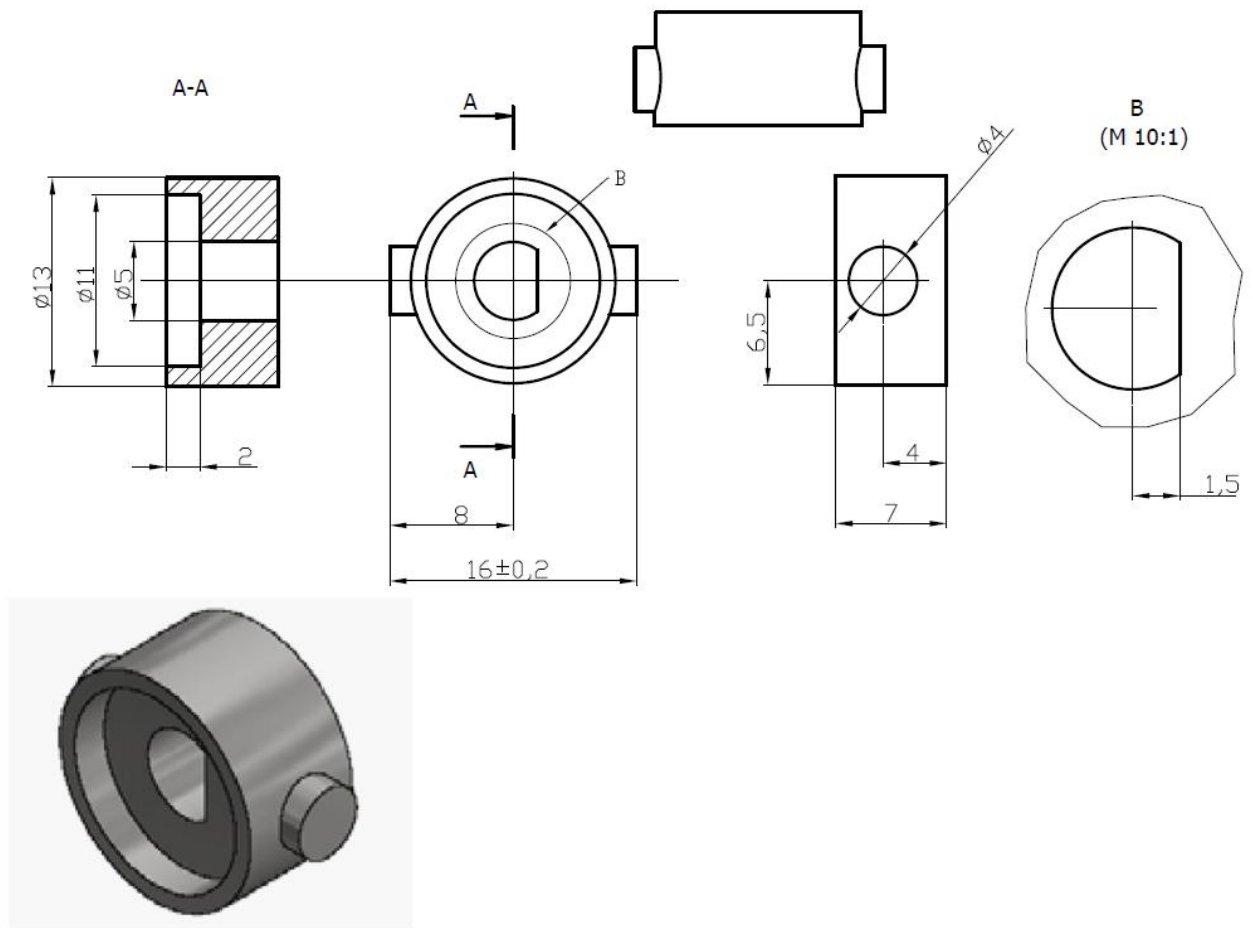


Рисунок 2.14 – Стабілізатор валу

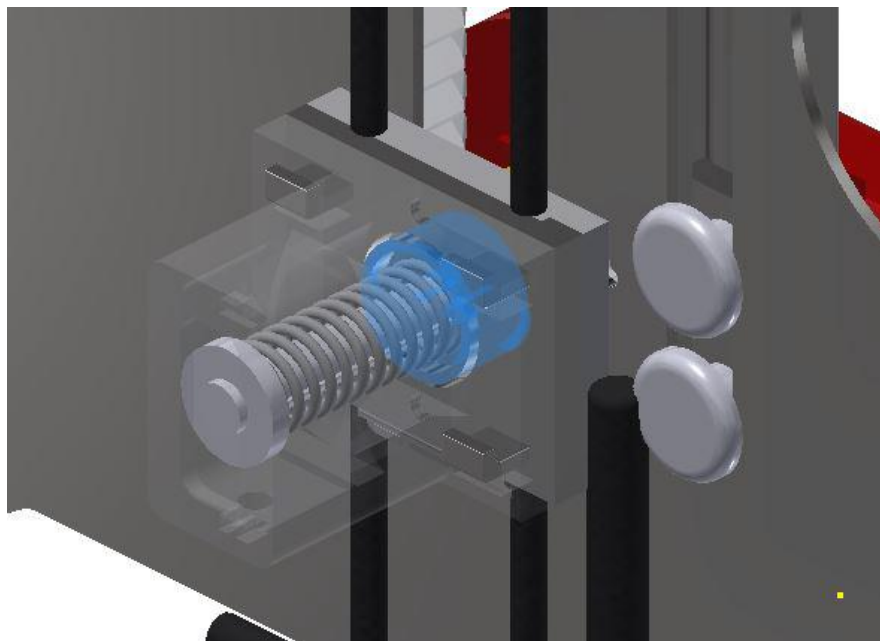


Рисунок 2.15 – Тривимірна модель стабілізатору валу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
49

Наступний елемент конструкції регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ – це механізм блокування (рис. 2.16). Призначення цього механізму полягає в утриманні корзини у визначеному положенні.

Конструктивно механізм блокування складається із чотирьох частин:

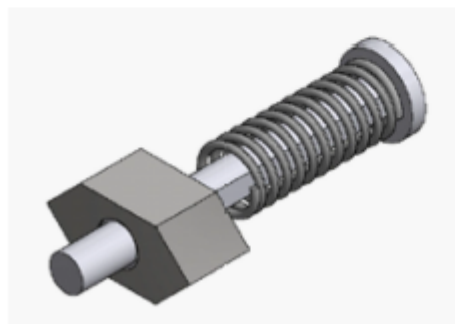
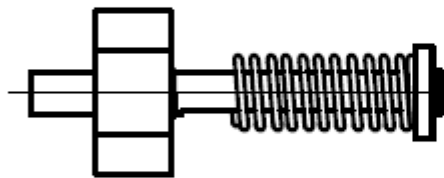
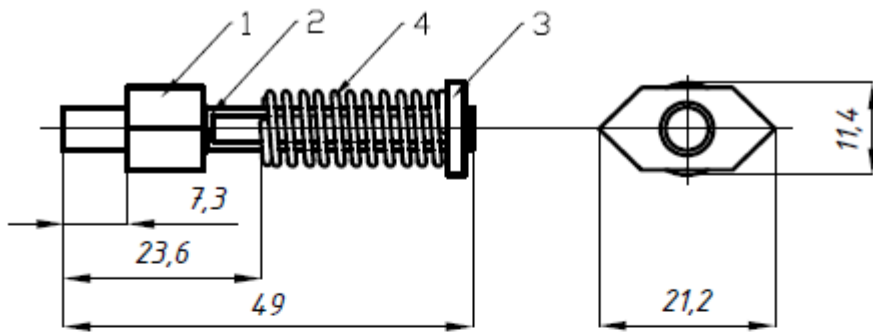
- вал;
- кріпильна головка;
- пластина;
- пружина.

Виготовлення пластини передбачено із стандартної труби квадратного профілю, а пружину необхідно закупити. В той же час сам вал необхідно виготовити.

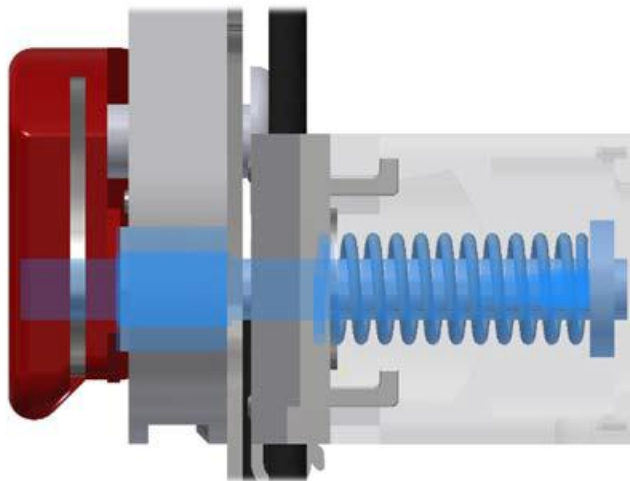
Також було передбачено корпус (рис. 2.17), який служить напрямною для валу механізму фіксації та перешкоджає пошкодженню компонентів. Цей корпус виготовлений із двох компонентів, які закріплені один на одному та відповідних пластин кріплення. Ці пластини кріпляться на напрямних рейках і кріпляться один до одного за допомогою гвинтів.

Механізм повороту (рис. 2.18) – це додатковий елемент регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ, основне призначення якого полягає у спрощенні процесу зміни висоти розміщення корзини у тому випадку, якщо вал фіксатора нахилений під кутом. Цей механізм складається із пластини, профілю, штока та трубки. Пластина виконує переміщення в площині профілю, а трубка і шток висуваються коли користувач витягує ручку.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



а)



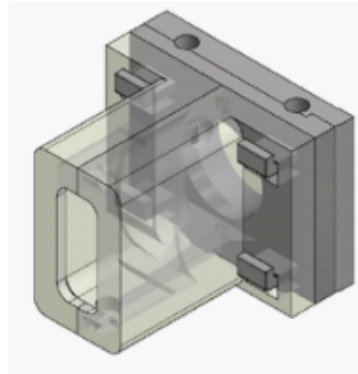
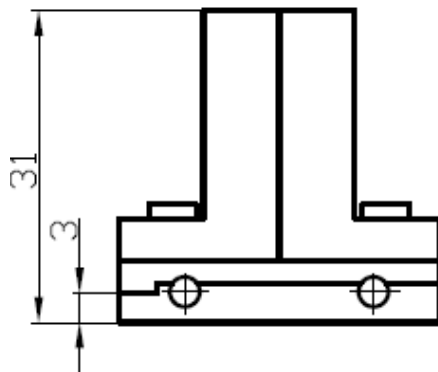
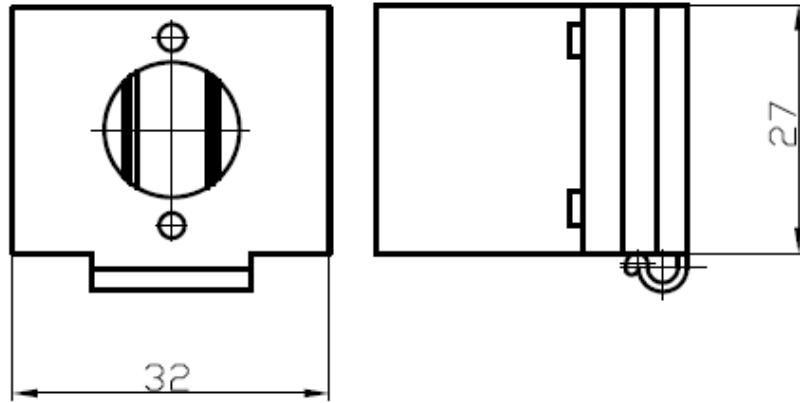
б)

Рисунок 2.16 – Механізм блокування:
а – кресленик; б – тривимірна модель

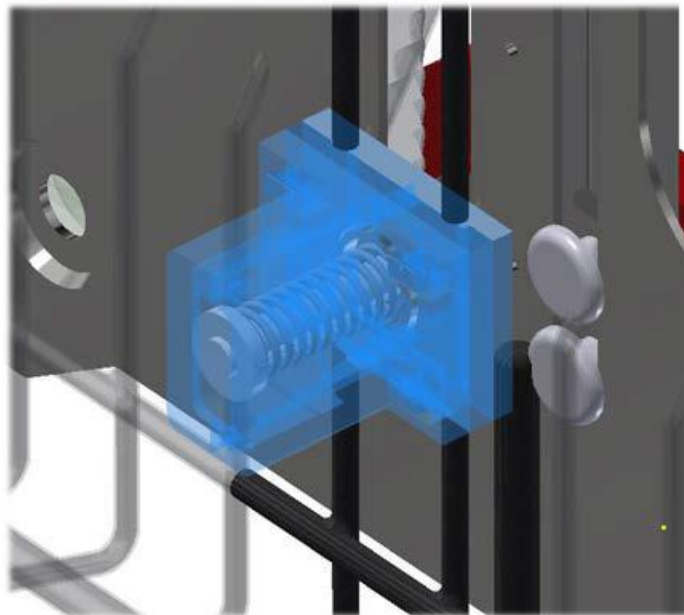
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
51



а)



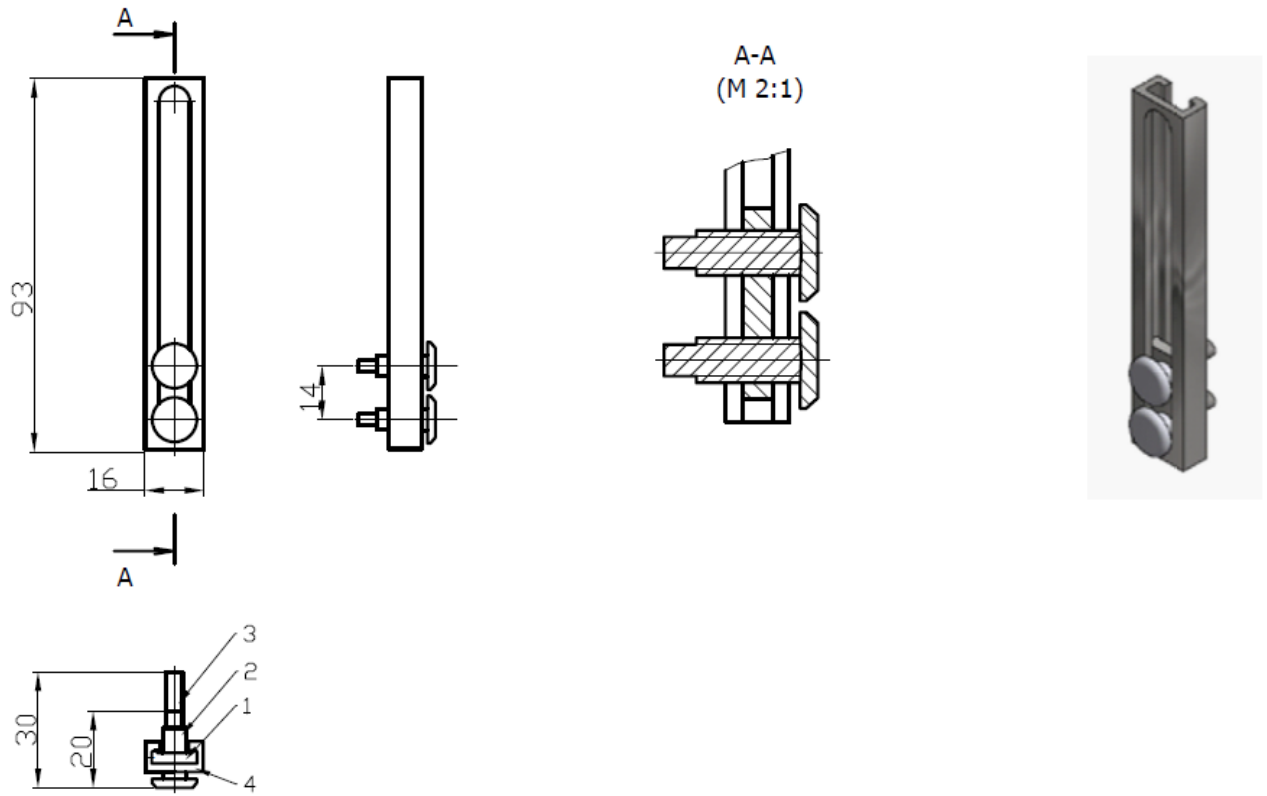
б)

Рисунок 2.17 – Пластина кріплення:
а – кресленик; б – тривимірна модель

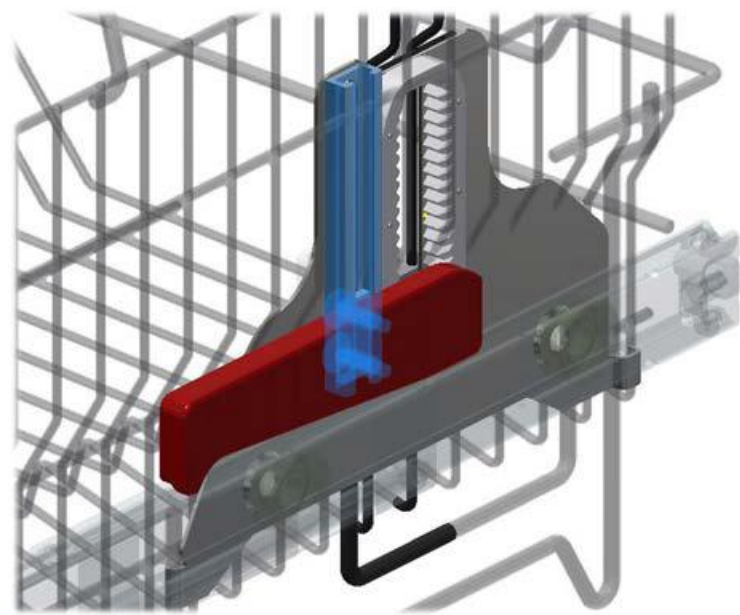
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
52



а)



б)

Рисунок 2.18 – Механізм повороту:
а – кресленик; б – тривимірний модель

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

MPMA 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

53

Висновки до другого розділу

В другому розділі було розроблено конструкцію регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ. Спочатку було виконано аналітичні розрахунки, які допомогли встановити навантаження на механізм в процесі розміщення корзини під кутом.

Також було запропоновано три варіанти конструкції регулятора висоти, виокремлено їх переваги та недоліки та обрано найбільш оптимальний із трьох запропонованих моделей регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини. Крім того, було розроблено конструкції кожного із складових елементів регулятора висоти, побудовано відповідні кресленики та тривимірні моделі цих складових.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		54

3 МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕГУЛЯТОРА ВИСОТИ КОРЗИНИ ПОСУДОМИЙНОЇ МАШИНИ

3.1 Вибір матеріалу для регулятора висоти корзини посудомийної машини

Для вибору матеріалу для конструктивних елементів регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ було використано програму EduPack 2018 [20]. EduPack містить велику базу даних матеріалів, а також дозволяє застосовувати обмеження, сортувати доступні матеріали та відображати їх візуально.

Крім того в програмі є можливість додавати фактори обмеження, після чого програма видаляє матеріали, що не підходять та ілюструє доступні матеріали. Матеріали, які не підходять під вхідні умови відображаються сірим кольором, а матеріали, що відповідають вхідним умовам відображаються іншими кольорами.

До матеріалів, які використовуються у регуляторі висоти розміщення верхньої корзини ПММ висуваються наступні умови:

- повинен мати стійкість до корозії, оскільки буде використовуватись під прямим впливом води;
- бути безпечним для здоров'я, оскільки він може контактувати із посудом для їжі;
- витримувати підвищені значення температури;
- буди придатними до зварювання із металами;
- піддаватися прокатуванню;
- мати невисоку вартість;
- витримувати тиск на рівні до 60 МПа.

Ці умови були завантажені у програму EduPack, після чого було отримано графік матеріалів, що можуть використовуватись (рис. 3.1).

За результатами було встановлено, що для таких конструктивних елементів регулятора висоти, як опора, вал, стабілізатор валу, тощо, пластик не відповідає

вхідним параметрам за умови моделювання для 10 тисяч циклів. Для цих конструктивних елементів необхідно використати нержавіючу сталь. Програма запропонувала декілька видів нержавіючих сталей, які показані на рисунку 3.2.

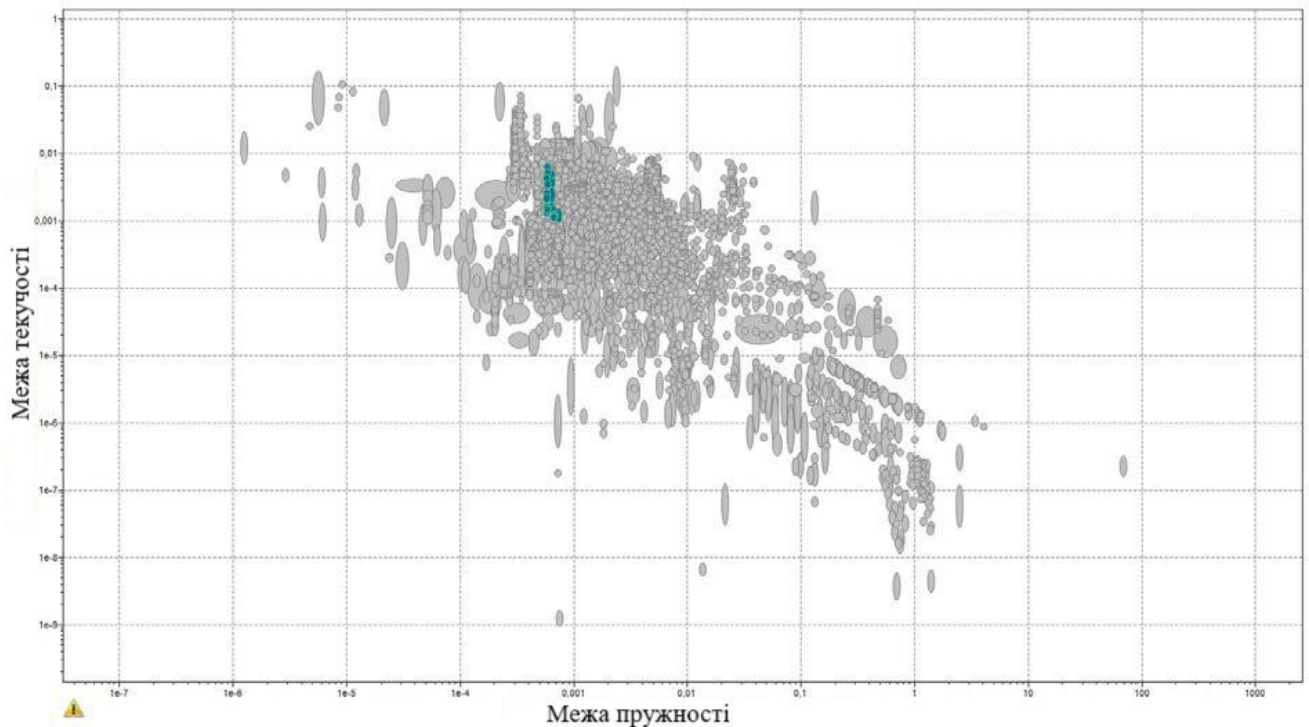


Рисунок 3.1 – Вибір матеріалів в EduPack

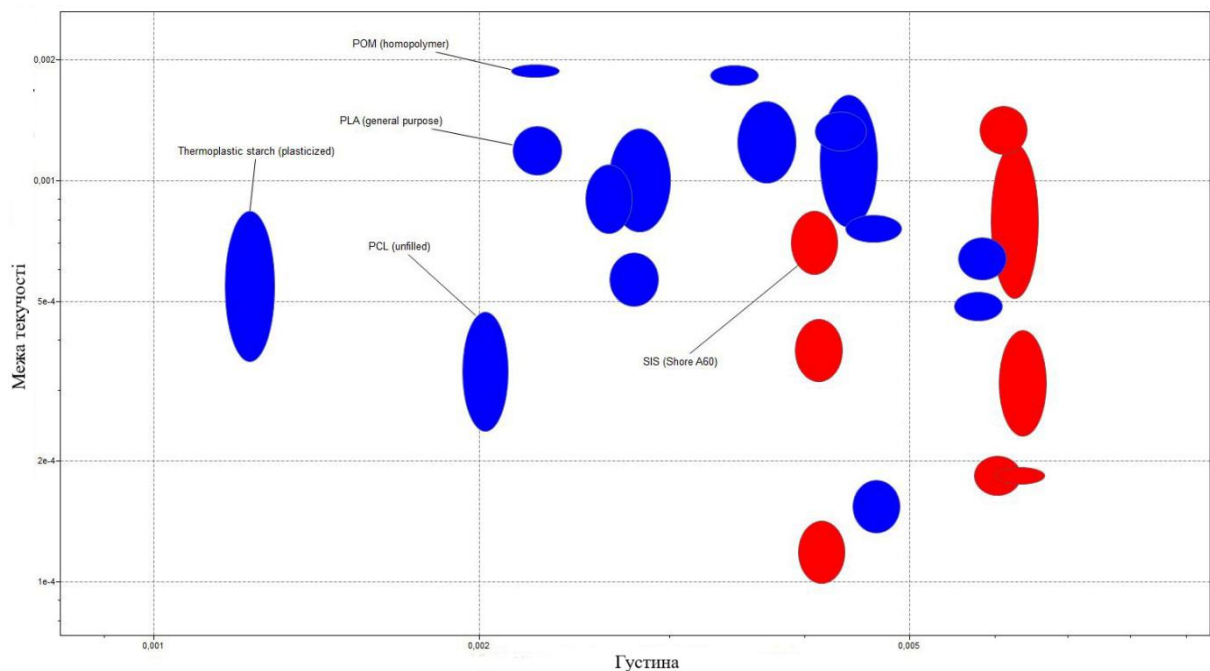


Рисунок 3.2 – Нержавіючі сталі, запропоновані в EduPack

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
56

Слід враховувати, що програма містить англомовні види нержавіючих сталей, яким в подальшому можна обрати вітчизняні аналоги, доступні на ринку України. Наприклад, за результатами вибору матеріалів програма найбільш оптимальними вважає сталі AISI 304 (ISO EN 1.4301) або AISI 302 (ISO 1.4310), які відповідають українському аналогу 08X18Н10.

При цьому для конструктивних елементів, на які діють менші навантаження програма пропонує використовувати пластик. Це дозволить зробити механізм більш дешевим у виготовленні. Графік запропонованих пластиків наведений на рисунку 3.3.

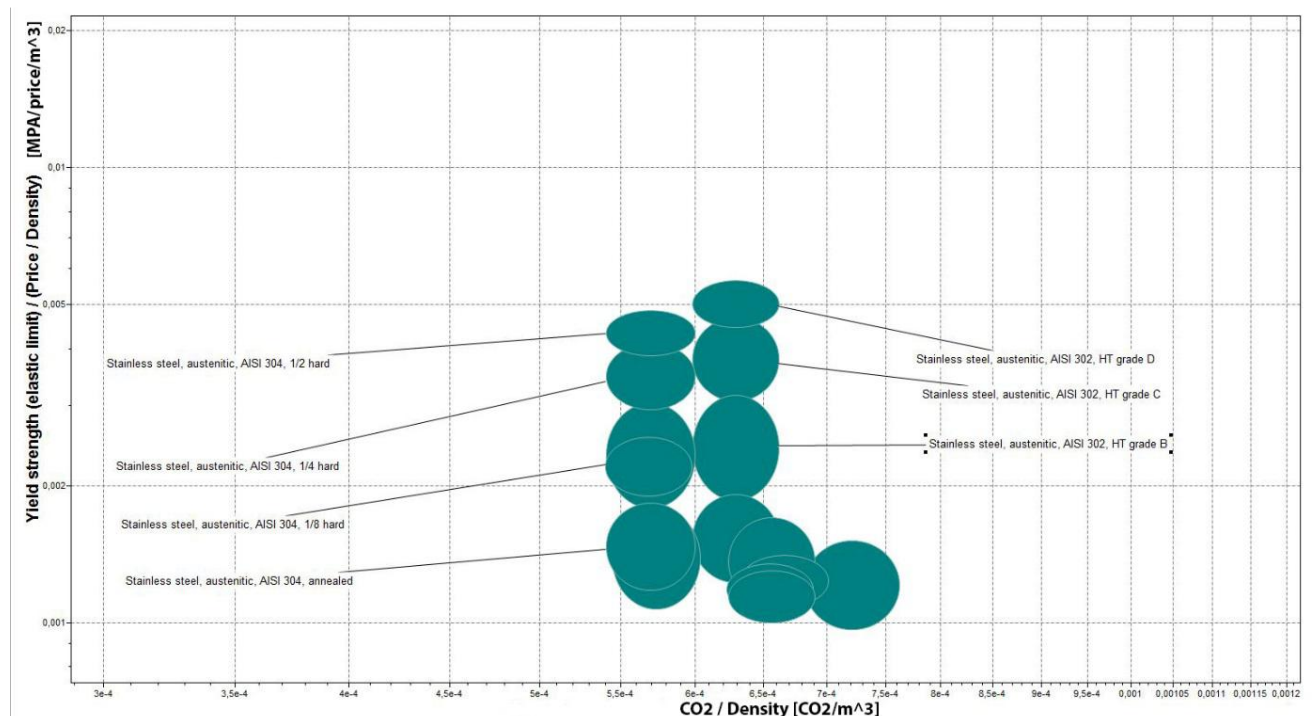


Рисунок 3.3 – Запропоновані пластики для регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ

Провівши аналіз запропонованих програмою пластиків було обрано ПОМ, оскільки він найбільше відповідає вхідним умовам, які висуваються до матеріалу. До того ж, використання цього матеріалу набуло широкого поширення саме в посудомийних машинах, оскільки він стійкий до корозії та температури, при цьому абсолютно безпечний для людей.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

MPMA 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
57

3.2 Моделювання роботи конструктивних елементів регулятора висоти корзини посудомийної машини

Для перевірки аналітичних розрахунків конструктивних елементів регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ необхідно провести аналіз умов роботи в процесі підйому та у заблокованому положенні. Особливої уваги потребують з'єднання між пластиною кріплення та стабілізатором валу, а також між фіксатором та механізмом фіксації.

Для проведення такого аналізу найбільш оптимальним методом буде метод скінченних елементів. Метод скінченних елементів (МСЕ) відноситься до методів чисельного розв'язанні диференціальних рівнянь, який набув широкого поширення в математичному та інженерному моделюванні [21]. Принцип розв'язанні задач базується на повному усуненні диференціального рівняння при необхідності вирішення стаціонарних задач. У випадку, якщо необхідно вирішити інші задачі, то диференціальні рівняння за МСЕ розкладають на такі ж рівняння з частинними похідними у апроксимуючу систему звичайних диференціальних рівнянь. Ці звичайні рівняння потім підлягають розв'язуванню за допомогою стандартних технік, наприклад, методом Рунге-Кутта або Ейлера [22].

До переваг МСЕ відносять:

- можливість врахування різних матеріалів в суміжних елементах системи, що розглядається;
- поділ деталі на прості області;
- можливість передбачення змінних розмірів елементів;
- дозволяє створити загальні програми для розв'язування задач, які відносяться до різного класу;
- спрощення розв'язку до розв'язування системи алгебраїчних рівнянь.

Основна задача, яка була поставлена для моделювання роботи конструктивних елементів- це їх перевірка на предмет того, чи здатні вони витримати навантаження, яким будуть піддаватись. В результаті такий підхід

дозволить спростити вибір матеріалу, з якого повинні бути виготовлені ці конструктивні елементи регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ.

В деяких випадках матеріал був закладений ще до проведення аналізу. Наприклад, у випадку стабілізатора валу необхідно використовувати нержавіючу сталь, оскільки він контактує із пружиною.

На першому етапі передбачалось використання пластику для виготовлення пластини кріплення. Такий вибір пояснювався тим, що пластину буде простіше виготовити методом 3D друку, оскільки в неї достатньо складна конфігурація.

Для аналізу використовувались два матеріали – POM пластик та сталь 08X18H10, яка має наступні аналоги в різних країнах світу [23]:

- AISI 304 – США;
- X5CrNi18-10 – Європа;
- 0Cr19Ni9 – Китай.

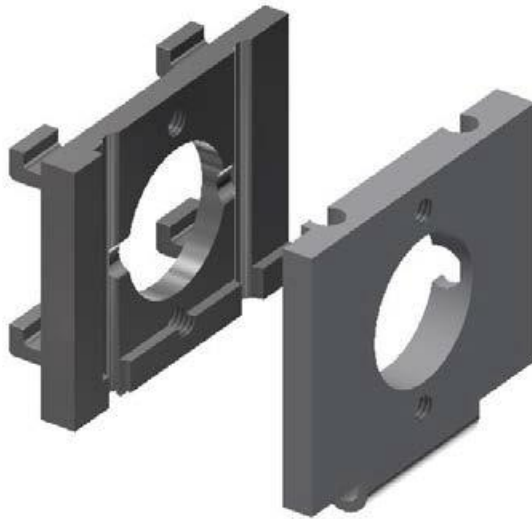
Порівняння характеристик POM та нержавіючої сталі 08X18H10 наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики матеріалів для конструктивних елементів регулятора висоти розміщення верхньої корзини

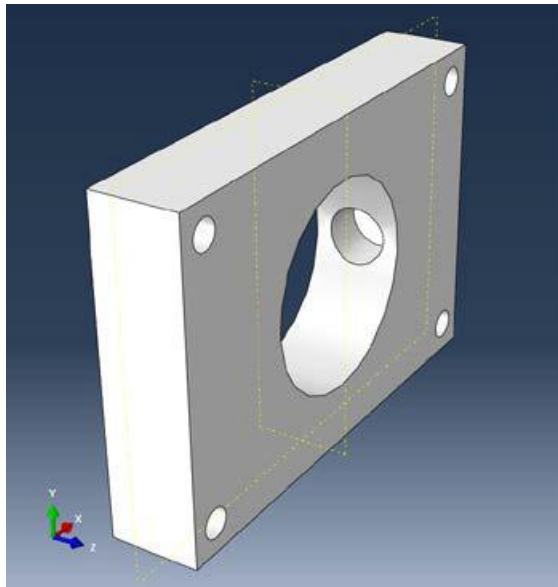
Матеріал	Коефіцієнт Пуассона	Модуль Юнга, ГПа	Границя текучості, МПа
POM	0,44	3	70
08X18H10	0,3	200	190

Для проведення аналізу за допомогою МСЕ в деяких деталях була дещо спрощена геометрія. Пластина кріплення вважалася цілою деталлю, модель якої показана на рисунку 3.4.

На першому етапі проведення аналізу вважалось, що пластина кріплення виготовлена методом екструзії, а стабілізатор валу вважався деталлю, що піддається деформаціям.



а)



б)

Рисунок 3.4 – Модель пластини кріплення:
а – реальна модель; б – модель для аналізу МСЕ

Перше моделювання за МСЕ виконувалось для пластини кріплення та стабілізатора валу за умови, що обидва цих конструктивні елементи виготовлені із сталі 08X18H10, властивості якої наведені у таблиці 3.1. Для другого моделювання за МСЕ матеріал кріпильної пластини був змінений зі сталі

відповідно. При першому моделюванні, коли обидва матеріали були сталеві, коефіцієнт тертя становив 0,22, а для пари сталь-пластик коефіцієнт тертя становив 0,28.

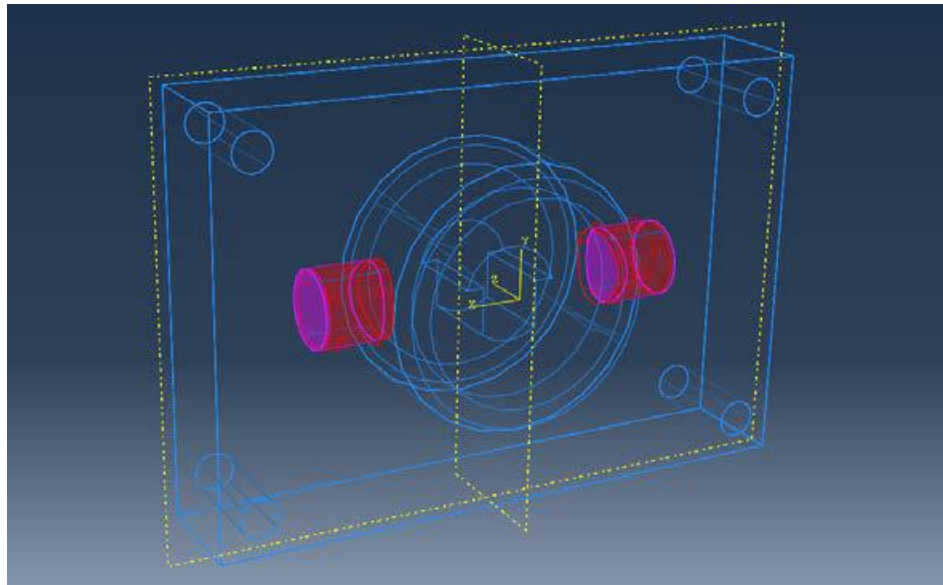


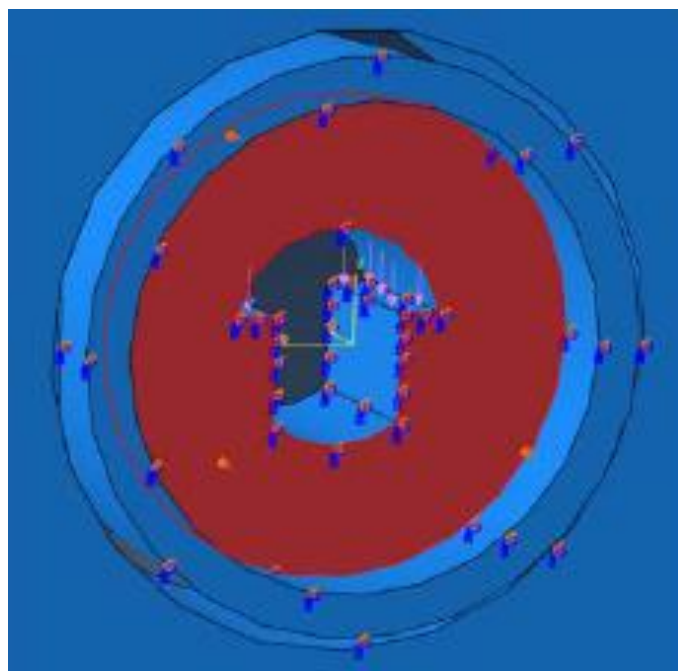
Рисунок 3.6 – Взаємодія поверхонь кріпильної пластини та стабілізатора валу

Моделювання проводилось із наступними умовами. Пластина кріплення монтується в отвори в кожному куті, а стабілізатор валу обмежений у русі таким чином, що він здатен лише виконувати поступальний рух по осі y та обертання навколо осі x . На стабілізатор подавався тиск, який відповідав силі пружини в 14 Н в напрямку осі z , а також силу, яка представляла собою вплив ваги в напрямку осі y . Результати моделювання показані на рисунку 3.7.

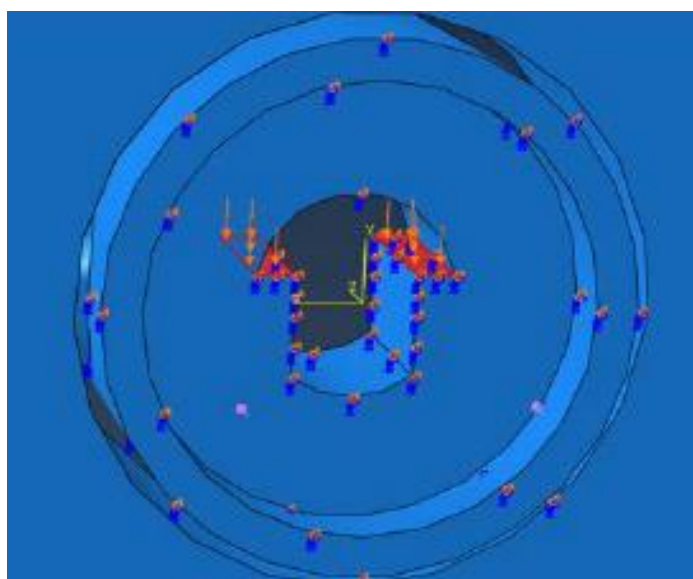
Остаточна сітка для МСЕ складалась із елементів локальної сітки, розміром 0,6 мм для пластини кріплення і стабілізатора валу та глобальної сітки, розміром 1,6 мм для пластини кріплення та 1,35 мм для стабілізатору валу. За МСЕ Стабілізатор був поділений на 5544 елементи, а пластина кріплення – на 17 362 елементи (рис. 3.8). Також було виконано перевірку на збіжність, результати якого наведені на рисунку 3.9.

Наступний конструктивний елемент регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ, який аналізувався – це фіксатор. Основна мета перевірки

полягала у проведенні дослідження реакції фіксатору на бажані значення навантаження, яке він повинен витримувати, які були встановлені на рівні 13,2 кг.



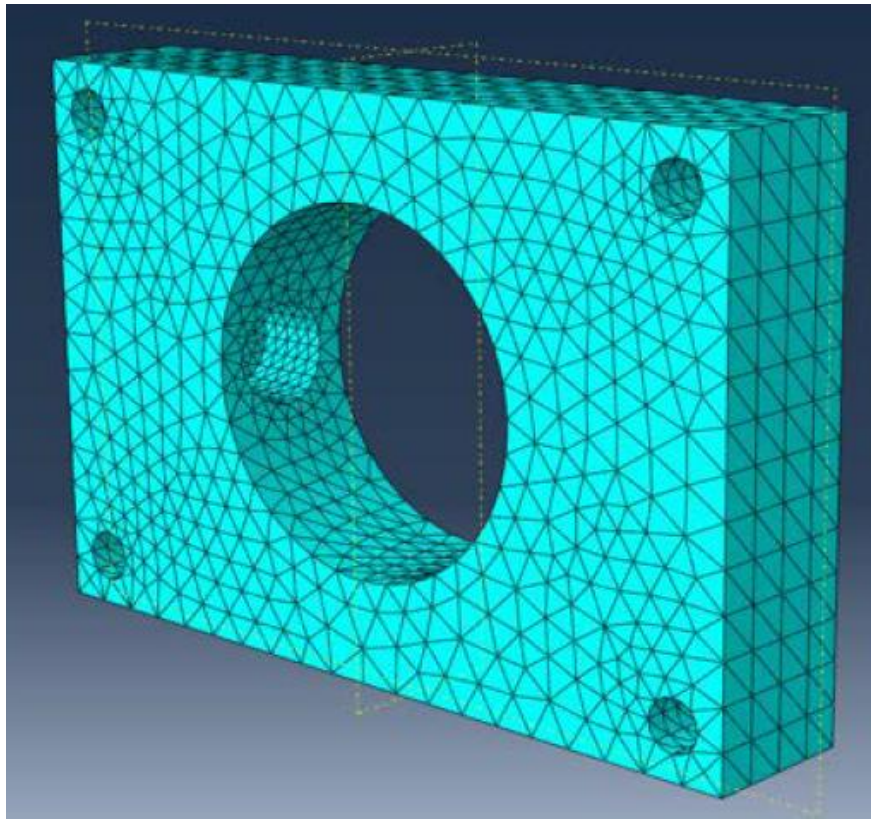
а)



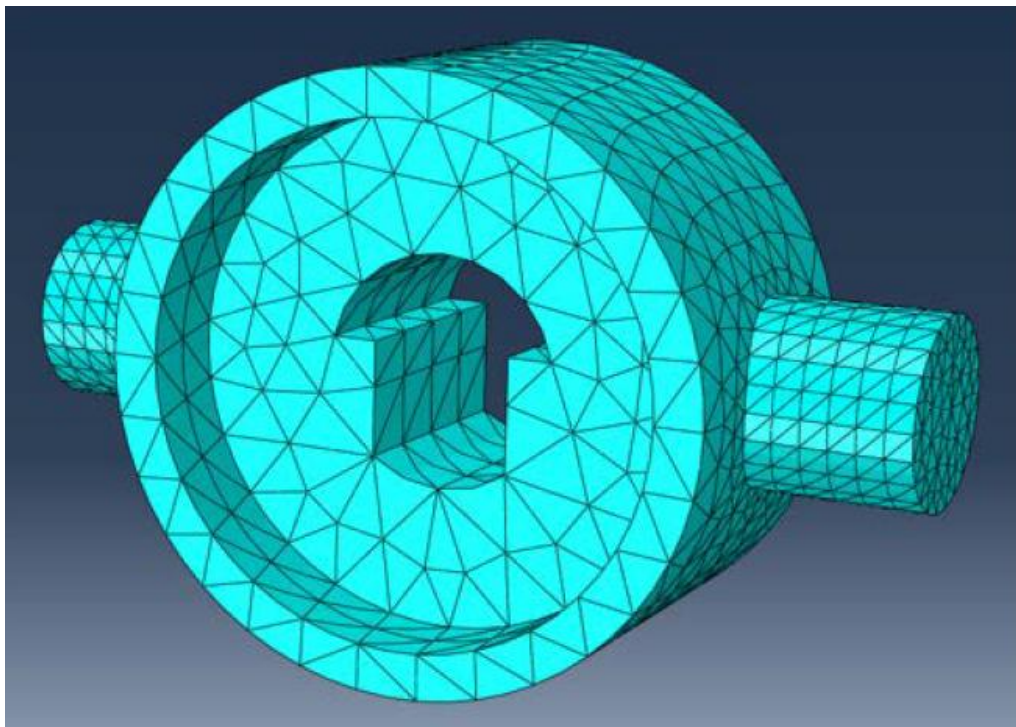
б)

Рисунок 3.7 – Навантаження, які діють на стабілізатор валу:

а – від пружини; б – вплив ваги



а)



б)

Рисунок 3.8 – Сітка для моделювання за МСЕ:
а – пластина кріплення; б – стабілізатор валу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
64

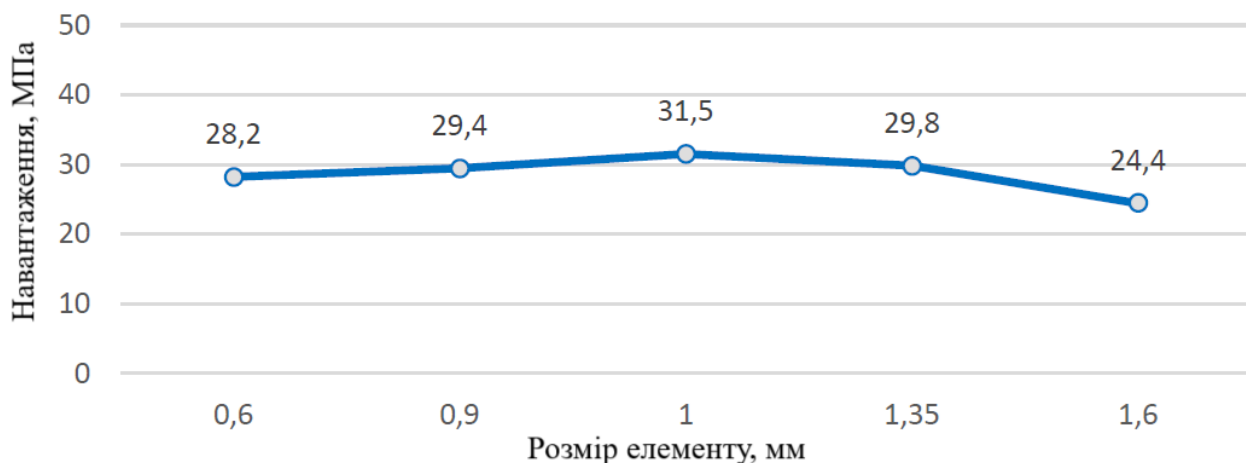


Рисунок 3.9 – Результати перевірки на збіжність кріпильної пластини та стабілізатору валу

За допомогою такого аналізу можна визначити накопичення найбільш напружень.

Моделювання та подальший аналіз виконувався для фіксатора із чотирма різними значеннями розміщення механізму фіксації по висоті (рис. 3.10). Оскільки фіксатор має симетричну форму, то в моделі відображається вплив лише однієї частини цього конструктивного елемента.

Для аналізу було встановлено матеріал нержавіючу сталь 08X18H10, модуль Юнга – 200 ГПа, а коефіцієнт Пуассона – 0,3. В якості головної поверхні була обрана поверхня на пластині, а в якості підлеглої – поверхня на профілі. Аналогічно до попереднього аналізу вважалось, що поведінка тангенціальна, а коефіцієнт тертя встановлювався на рівні 0,18.

Профіль фіксації був обгорнутий навколо отворів для штифтів (рис. 3.11), а фіксуєча пластина була обмежена рухом тільки в напрямку осі у. Ці граничні умови найкращим чином відображали реальні умови експлуатації. Система була розрізана навпіл і зафіксована з обмеженням симетрії в напрямку осі х.

При моделюванні вважалось, що сила, яка діє на фіксатор, прилягає в рівних частинах до правої та лівої частин фіксатора. Вважалось, що навантаження діє у

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

верхній частині фіксатора (рис. 3.12). Такий аналіз дозволив перевірити фіксатор на працездатність в умовах навантаження.

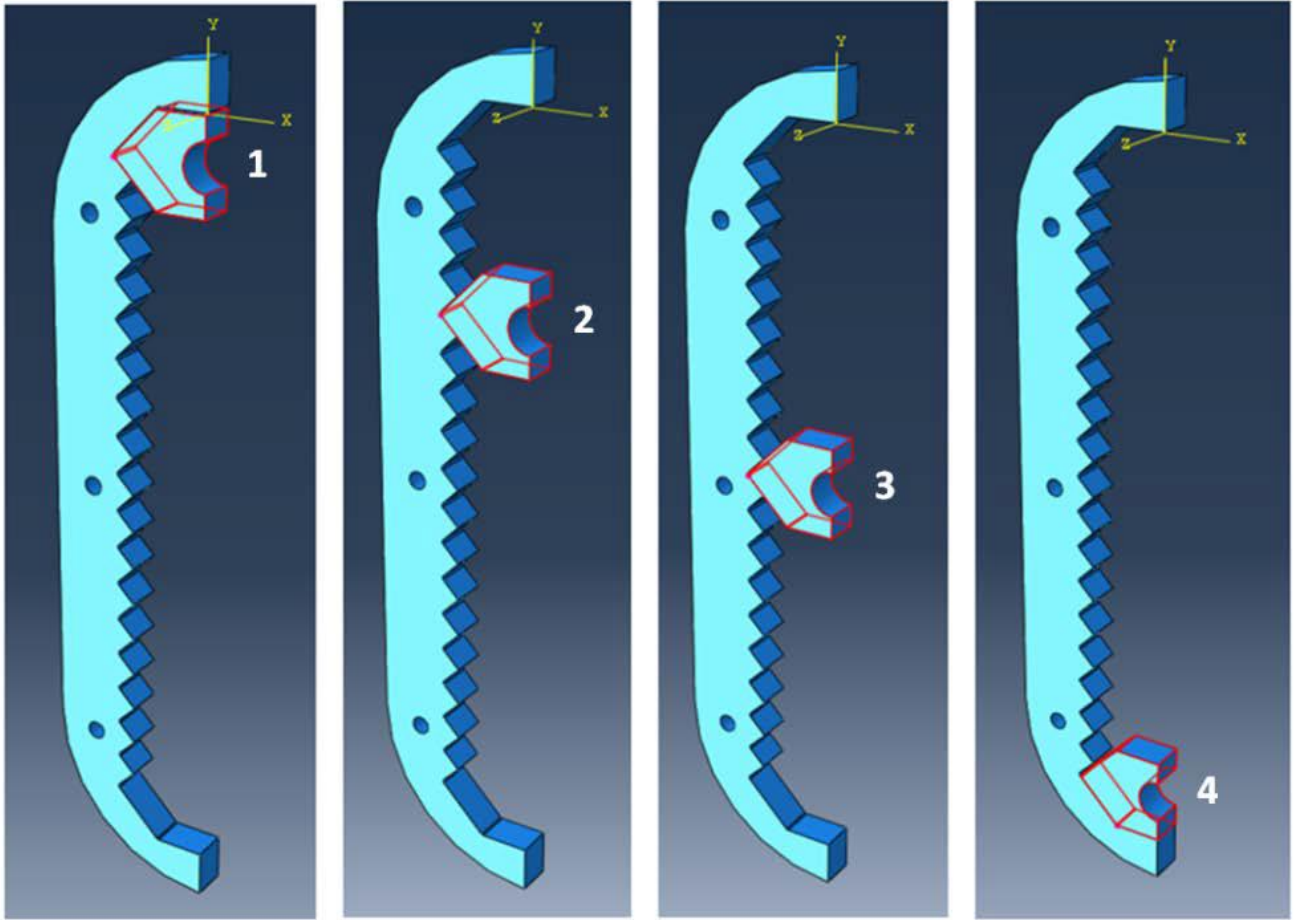


Рисунок 3.10 – Модель для аналізу впливу навантажень на фіксатор

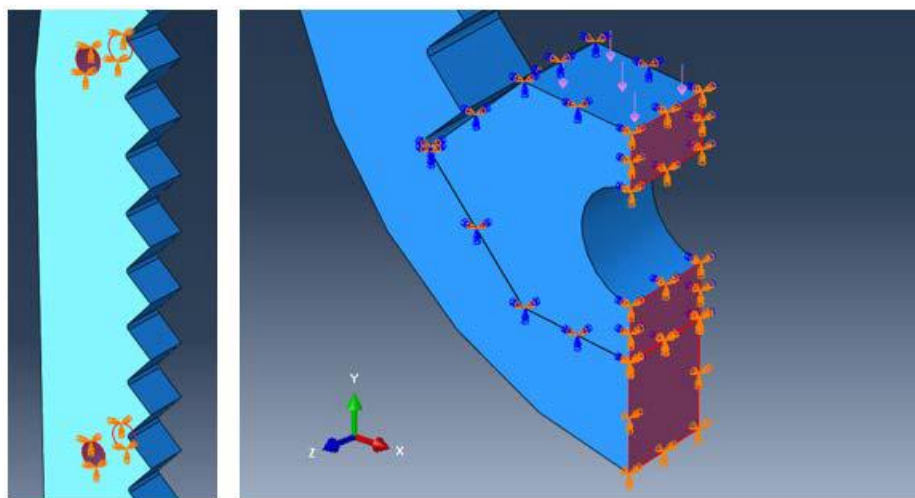


Рисунок 3.11 – Граничні умови фіксатора при моделюванні за МСЕ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

66

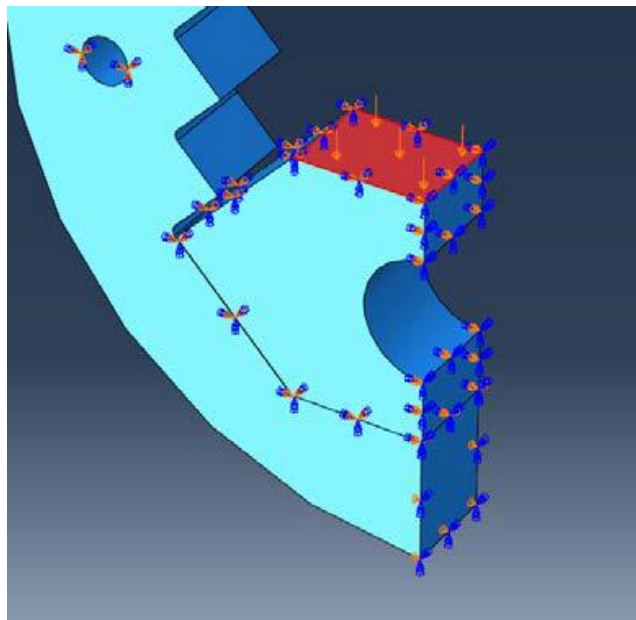


Рисунок 3.12 – Навантаження, що діє на фіксатор

При створенні сітки для моделювання фіксатор мав найбільший розмір елемента 0,6 мм локальної сітки та 0,9 мм глобальної сітки. В результаті конструктивний елемент профілю мав 60 765 елементів, а фіксатору – 9 926 елементів (3.13).

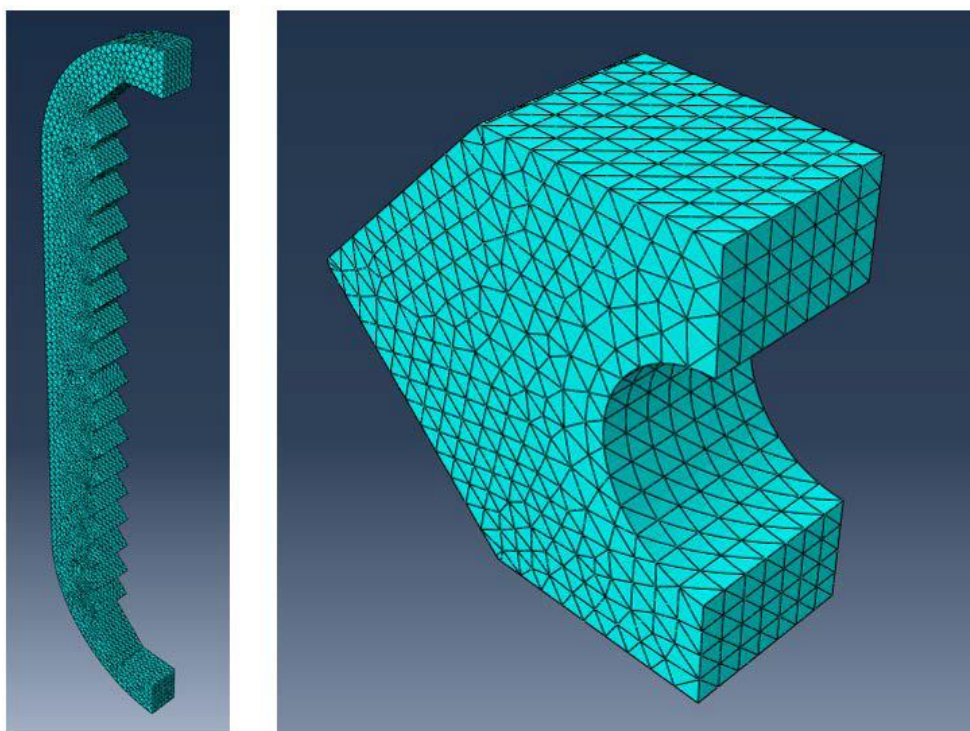


Рисунок 3.13 – Сітка для моделювання за МСЕ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
67

Аналогічно до перевірки кріпильної пластини та стабілізатору валу для фіксатору також було проведено перевірку на збіжність, результати якої наведені на рисунку 3.14.

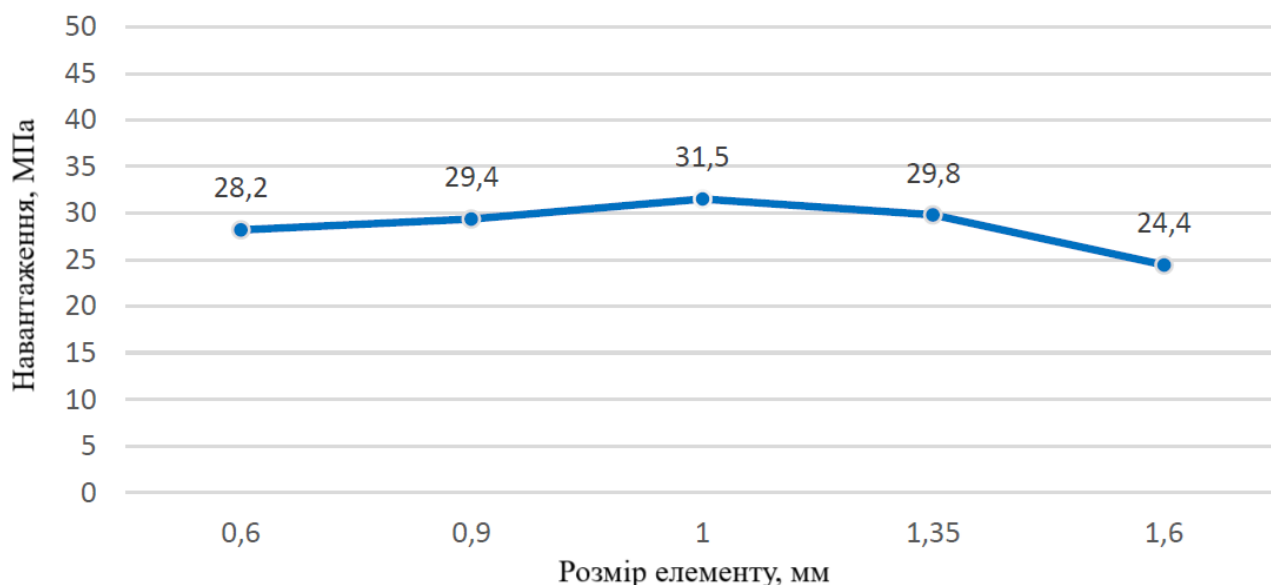


Рисунок 3.14 – Результати перевірки на збіжність фіксатору

3.3 Принцип роботи регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини

В роботі запропоновано три моделі конструкції регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ, наведено їх переваги та недоліки та обрано один із запропонованих варіантів (див. розділ 2.2).

Остаточна модель регулятора висоти розміщується по обидві сторони від корзини ПММ (рис. 3.15), завдяки чому можна змінювати розміщення верхньої корзини у будь-якому бажаному вигляді, незалежно один від одного, наприклад від куту відносно нижньої корзини. Самі по собі моделі регулятора висоти симетричні одна відносно одної.

Конструкція регулятора висоти поділена на окремі складові, які також були розроблені та описані (див. розділ 2.3). Передбачається, що пружина та штифти будуть купуватись у готовому вигляді.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
68

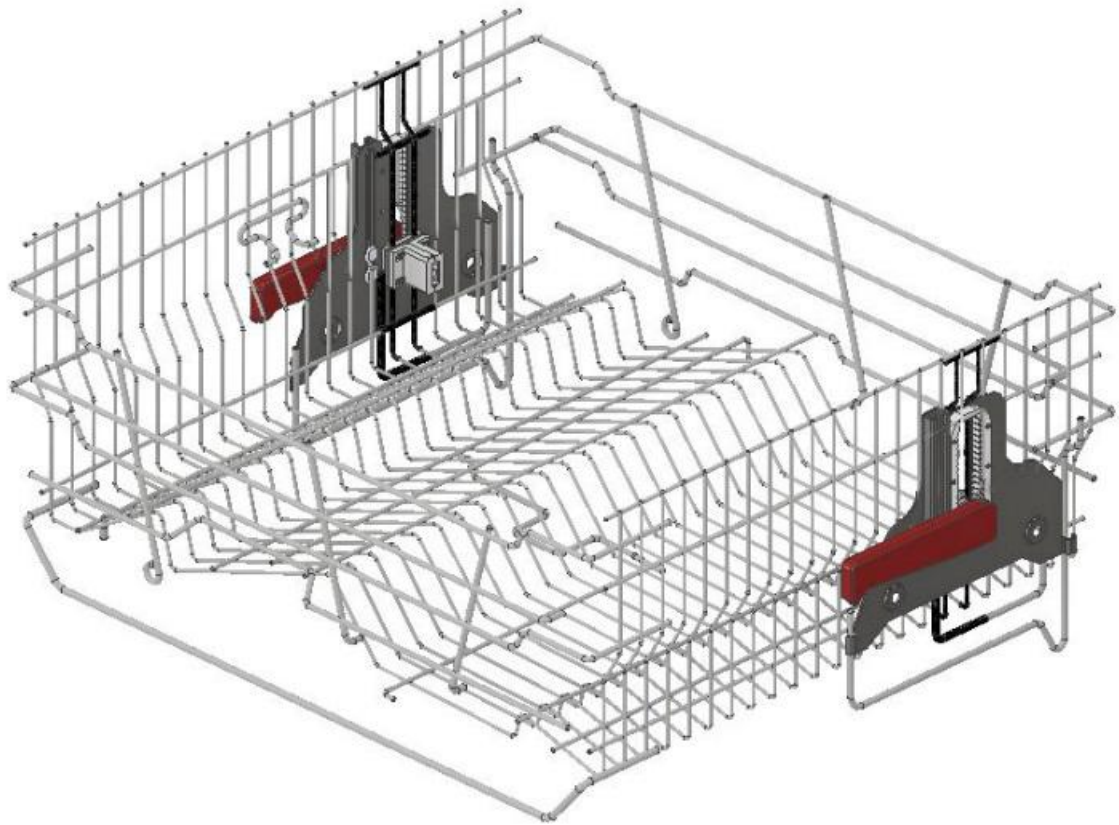


Рисунок 3.15 – Регулятор висоти розміщення верхньої корзини ПММ

Регулятор висоти має 17 рівнів висоти, які дозволяють змінювати розміщення верхньої корзини ПММ в межах 70 мм. За допомогою фіксатору можна звільнити ручку в будь-якому бажаному положенні у встановлених межах.

Принцип зміни висоти розміщення верхньої корзини ПММ наведено на рисунку 3.16. Сам процес представляє собою чотири етапи. Початкове положення (рис. 3.16, а) залежить від попередньо встановленого рівня висоти, при чому регулятор знаходиться у фіксованому положенні. Витягнувши ручку назовні можна виконати розблокування фіксації (рис. 3.16, б), після чого можна відрегулювати корзини на бажану висоту (рис. 3.16, в). Останнім етапом є фіксація регулятора висоти (рис. 3.16, г) шляхом відпускання ручки, після чого пружина втягує ручку всередину конструкції регулятора висоти.

За проведеними аналітичними дослідженнями регулятору висоти буде мати наступні характеристики:

- зміна куту корзини в межах 8° ;
- максимальне навантаження на пластину кріплення 4,1 МПа;
- розширення опори в межах 12,6 мм;
- тиск фіксатору у зафіксованому положенні – 11,5 МПа.

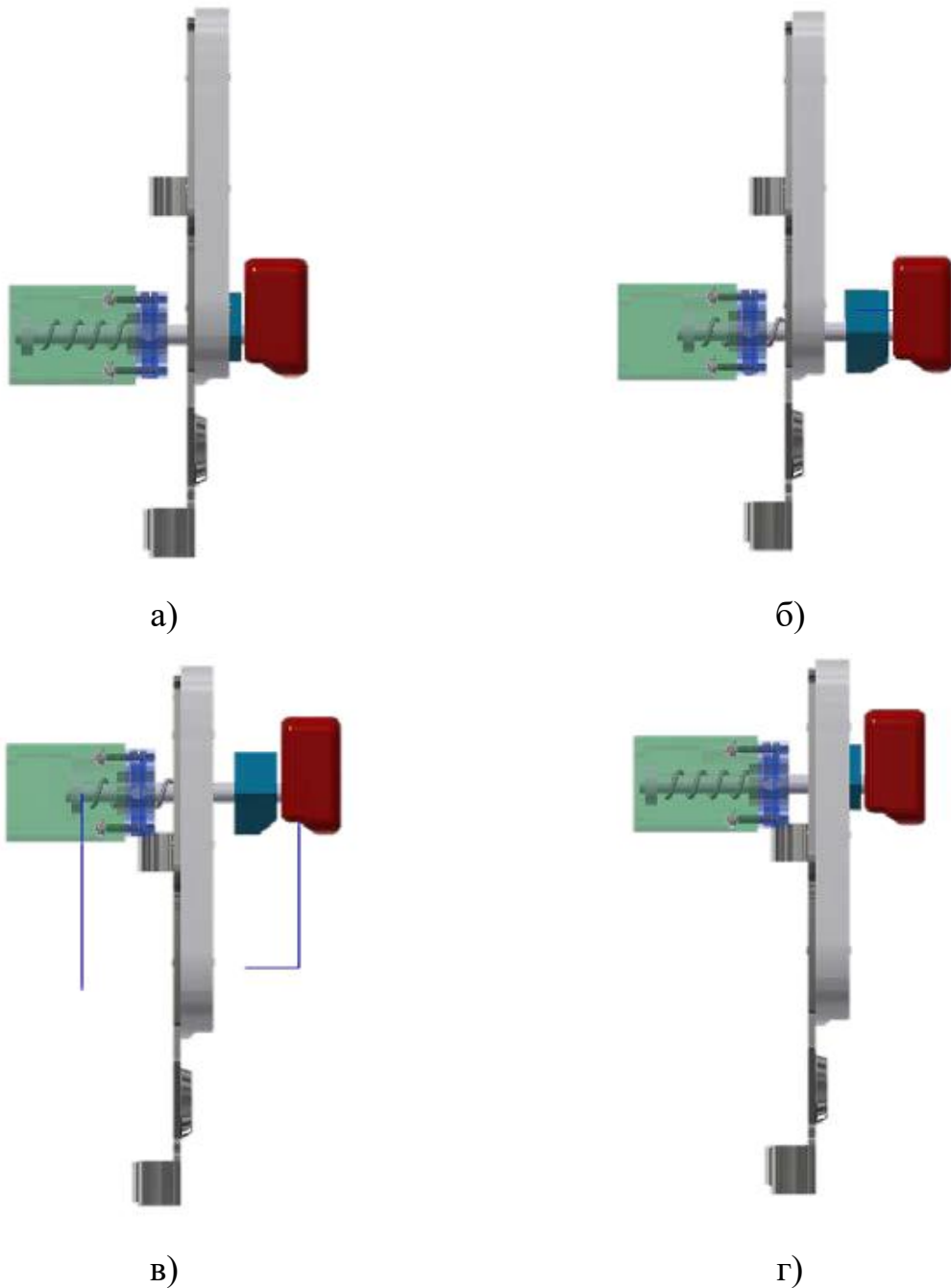


Рисунок 3.16 – Принцип роботи регулятора висоти:

а – зафіксоване початкове положення; б – розблокування фіксації;
 в – зміна висоти розміщення корзини; г – фіксація на заданій висоті

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
70

За результатами моделювання було встановлено, що в регуляторі висоти використовується два матеріали – нержавіюча сталь та ПОМ пластик. Ці матеріали по різному сприймають навантаження, наприклад, найвища концентрація навантаження сталевих частин зосереджена в районі кріпильної пластини, в той час як для пластикових деталей - в області з'єднання.

За результатами моделювання за МСЕ було встановлено, що найвищі напруження на фіксатор спостерігаються у положенні 4 (рис. 3.17).

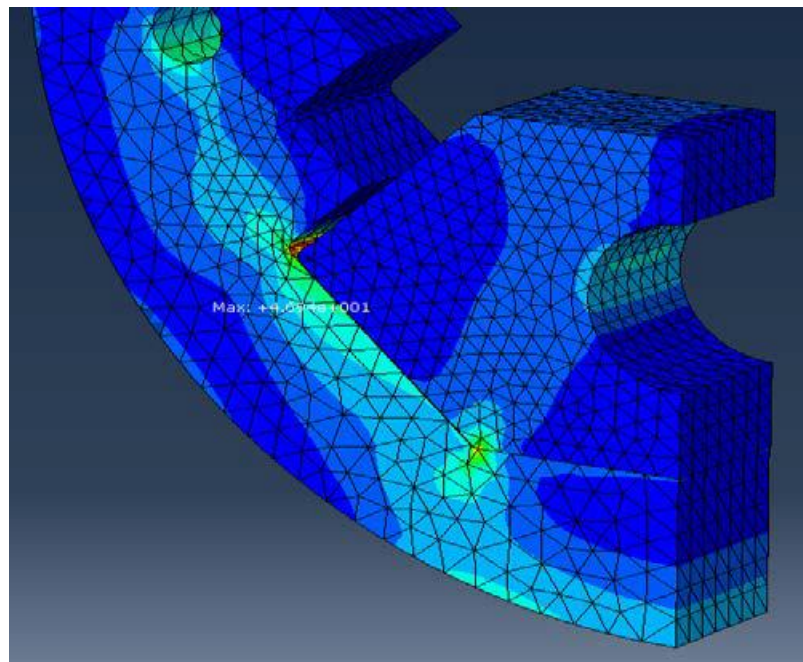


Рисунок 3.17 – Розподіл навантажень по фіксатору

Запропоноване конструктивне рішення щодо регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ передбачає необхідність виконання зміни конструкції самого верхнього кошику. Він повинен стискатись на місці з'єднання основи регулятора висоти із корзиною (рис. 3.18). Інший підхід – це збільшити ширину самої ПММ, що не є доцільним рішенням, оскільки ширина моделей ПММ є стандартною і це може вплинути на не бажання покупців обрати саме цю модель ПММ.

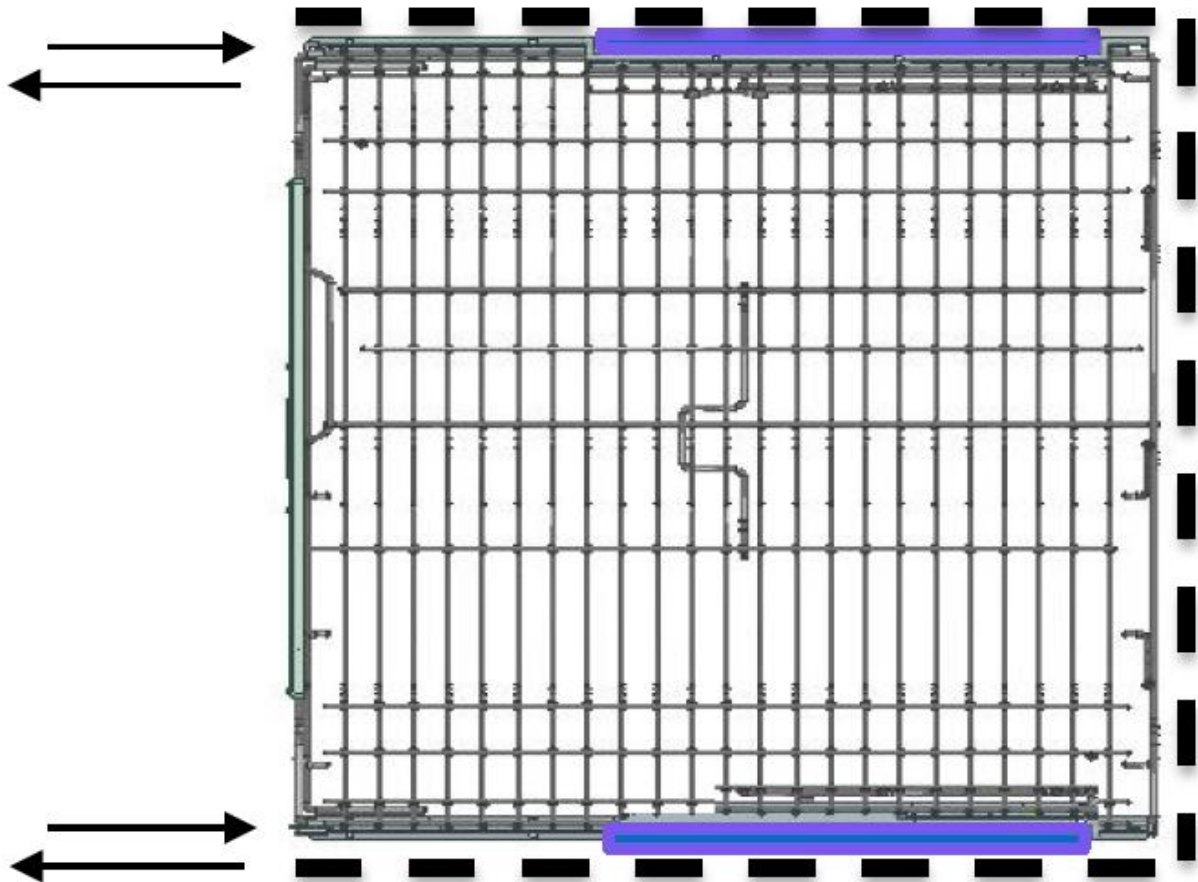


Рисунок 3.18 – Місце розташування регулятора висоти на верхній корзині

Серед розглянутих конструкцій регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ було обрано модель, який використовує геометричний фіксатор та пластину кріплення. Висота фіксатора у регуляторі висоти визначається положенням ручки. Для зміни висоти розміщення верхньої корзини необхідно витягнути ручку. Для витягування ручки необхідно витягнути вал фіксатору (рис. 3.19).

Після цього пружина на задній плиті регулятора висоти, яка відмічена зеленим кольором на рисунку 4.1, стискається та вискакує із профілю фіксатора, який відображений білим кольором. Завдяки цьому забезпечується вільний рух по вертикалі.

Жовтим кольором на рисунку 4.1 показане коліщатко, яке відповідає за надання напрямку руху. При досягненні необхідної висоти і після того, як

верхньої корзини ПММ. За результатами моделювання було встановлено, які конструктивні елементи можна виконати із безпечного та більш дешевого ПОМ пластику, а які елементи потребують використання саме нержавіючої сталі. Крім того, було розраховано навантаження, які діють на регулятор висоти.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		74

4 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ РЕГУЛЯТОРА ВИСОТИ КОРЗИНИ ПОСУДОМИЙНОЇ МАШИНИ

4.1 Розрахунок параметрів конструктивних елементів регулятора висоти корзини посудомийної машини

З метою уникнення пластичних деформацій в процесі експлуатації регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ необхідно перевірити обрані матеріали, товщину та розміри конструктивних елементів регулятора висоти.

Перший фактор, який необхідно враховувати – це середовище, в якому працюватиме регулятор висоти. Середовище всередині ПММ характеризується як середовище із високим рівнем корозійних властивостей, тому для деталей обов'язково необхідно передбачити захист від корозії. Крім того, всередині ПММ відбуваються різкі перепади температур, оскільки використовується як холодна, так і гаряча вода, а також може використовуватись сушка для посуду.

На рисунку 4.1 наведено сили, які діють на механізм фіксації регулятора висоти розміщення верхньої корзини за умови, що вона розміщена не під кутом. За аналітичними розрахунками було встановлено, що вага, яку повинна витримувати корзина, встановлена на рівні 13,2 кг, що приблизно відповідає тиску у 13 Н.

У випадку, якщо корзину необхідно використовувати у нахиленому положенні, приблизна схема впливу наведена на рисунку 4.2, б, в інших випадках відповідно до схеми, наведеній на рисунку 4.2, а. Для перевірки працездатності механізму регулятору висоти розміщення верхньої корзини ПММ необхідно розрахувати силу пружини, яка відповідає за повернення ручки.

					MPMA 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

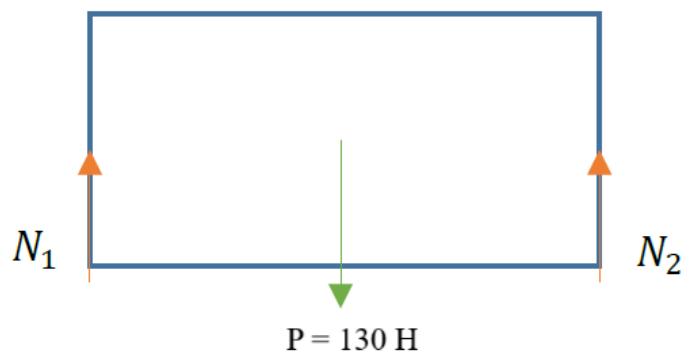


Рисунок 4.1 – Схема впливу рівномірного навантаження

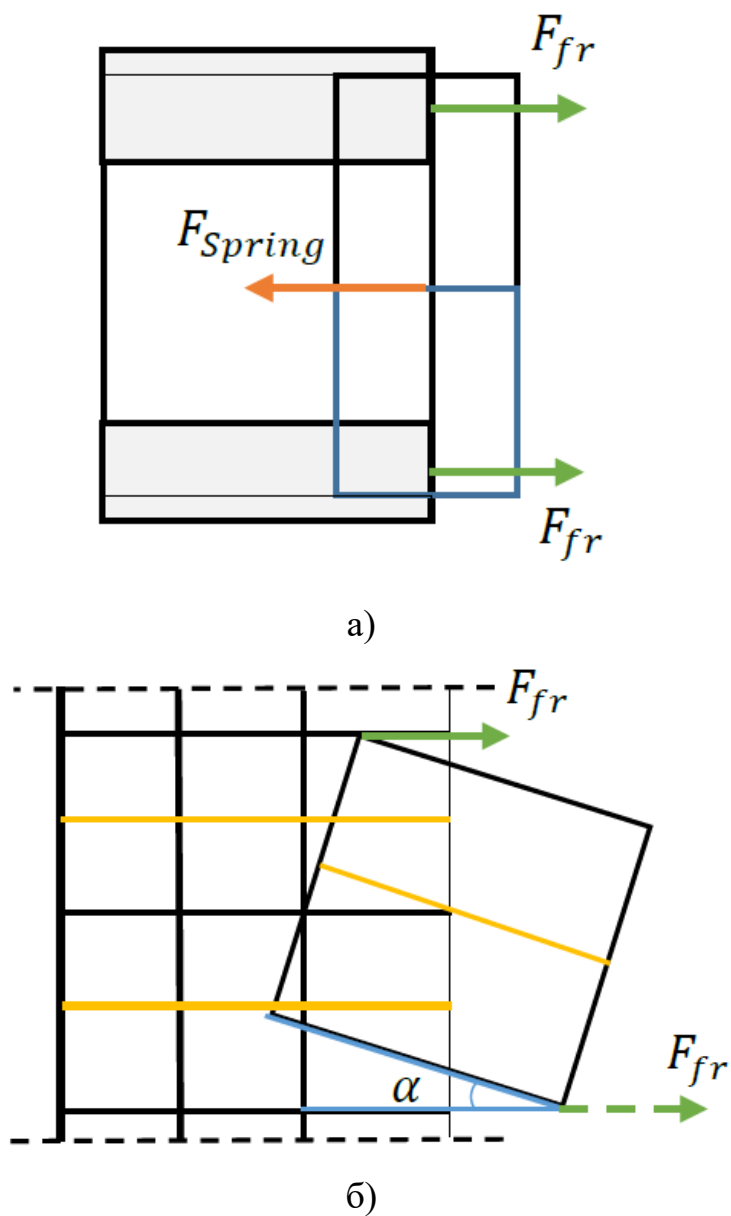


Рисунок 4.2 – Схема впливу сил тертя на пружину:

а – в звичайному положенні; б – при нахилі корзини під кутом

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Фізична модель навантажень, які діють на пружину в процесі її використання у регуляторі висоти розміщення верхньої корзини ПММ наведена на рисунку 4.3. Розрахунок пружини виконаний відповідно до [24], та виконується за формулою:

$$F_{spring} - 2F_{fr} = ma_{spring}, \quad (4.1)$$

де F_{fr} – сила тертя, Н;

m – вага, кг;

F_{spring} – сила пружини, Н.

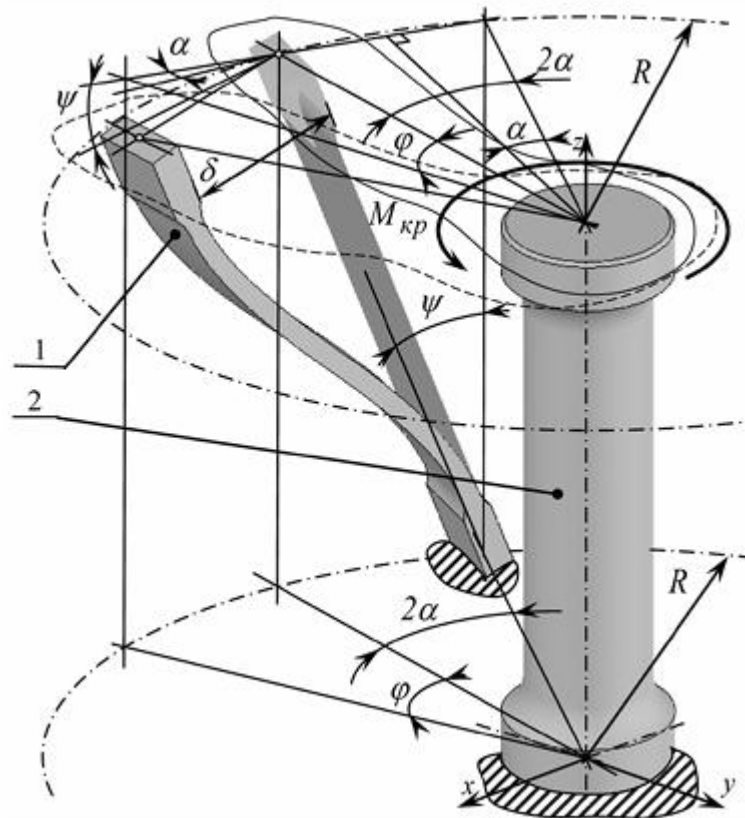


Рисунок 4.3 – Фізична модель навантаження пружини фіксатора

Оскільки в процесі відпускання пружини значення $ma_{spring} > 0$, а розрахунок сили виконується за формулою 4.2, то сила тертя зводиться до

обрахунку, наведеного у формулі 4.3. Подальші розрахунки представляють арифметичні розрахунки та не потребують деталізації.

$$N = M \cdot g \cdot \cos \alpha. \quad (4.2)$$

$$F_{fr} = N \cdot \mu. \quad (4.3)$$

Пружина передбачена із нержавіючої сталі, фіксатор також виготовляється із нержавіючої сталі. Коефіцієнт тертя нержавіючої сталі по сталі становить 0,1. Тоді розрахунок сили тертя становитиме:

$$F_{fr} = 0,1 \cdot N = \frac{0,1 \cdot M \cdot g \cdot \cos \alpha}{2}. \quad (4.4)$$

Після підстановки отриманої залежності у 4.1 маємо:

$$F_{spring} - 2 \cdot \frac{0,1 \cdot M \cdot g \cdot \cos \alpha}{2} = m a_{spring}. \quad (4.5)$$

Тоді

$$F_{spring} = m a_{spring} + 0,1 \cdot M \cdot g \cdot \cos \alpha. \quad (4.6)$$

За аналітичними розрахунками було встановлено, що максимальний кут нахилу корзини за допомогою регулятора висоти становить приблизно 8° , то:

$$\cos \alpha = \cos 8 = 0,99 \approx 1. \quad (4.7)$$

Оскільки виконується умова, що $m a_{spring} > g$, тоді

$$m a_{spring} = 2 g m. \quad (4.8)$$

Вхідні дані для розрахунку становлять:

- максимальна вага посуду, який передбачається на верхньому кошику M – 13,2 кг;
- вага регулятора висоти m – 0,05 кг;
- сила тяжіння g – 9,81 м/с².

Тоді:

$$F_{spring} = 2gm + 0,1 Mg = 14 \text{ Н.} \quad (4.9)$$

Призначення пружини у регуляторі висоти розміщення верхньої корзини ПММ полягає в зміщенні системи фіксації та надання напрямку фіксації в замок. Це виконано шляхом того, що пружина втягує вал фіксації на 10 мм. Базуючись на рекомендаціях стосовно пружин [25] спочатку був створений ескіз (рис. 4.4), який відображає найбільш важливі характеристики пружини, які необхідні для регулятора висоти.

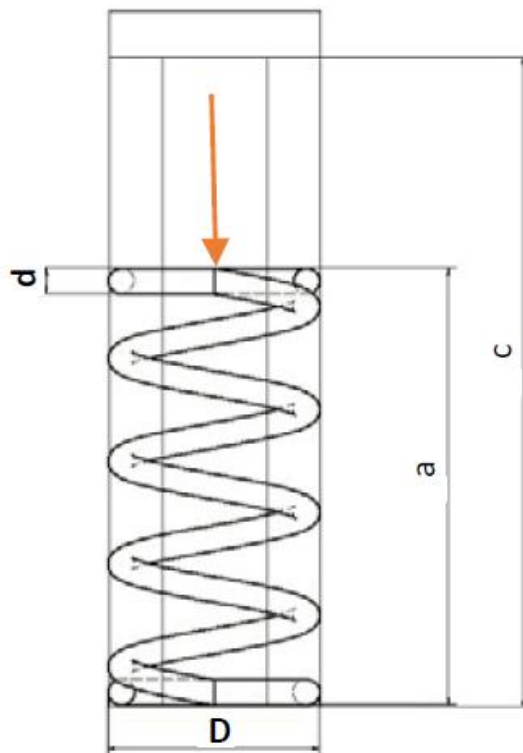


Рисунок 4.4 – Ескіз пружини

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

МРМА 25.00.00.000 ПЗ

Арк.
79

Параметри пружини, зображені на рисунку 4.4, наступні:

- діаметр пружини – d , мм;
- зовнішній діаметр пружини – D , мм;
- вільна довжина пружини – c , мм;
- довжина пружини при стисканні – a , мм;
- кількість витків пружини – N , штук;
- сила – F , 14 Н;
- тиск пружини – G , 79 ГПа.

Наступним кроком необхідно визначити умови експлуатації пружини, при яких можлива її відмова. Оскільки ця пружина буде експлуатуватись в умовах вологого динамічного середовища, найбільш важливими факторами є втома та корозія, а на третьому місці – вигин пружини.

З огляду на наведені фактори, до пружини ставляться наступні вимоги:

- конструктивні елементи пружини повинні мати антикорозійне покриття;
- повинен бути відсутній контакт бокових сторін пружини із корпусом валу фіксації;
- зміщення висоти не повинно перевищувати коефіцієнт 0,8.

Для розрахунку коефіцієнту безпеки пружини необхідно спочатку визначити її відносне зміщення y , яке становить

$$y = a - c = 10 \text{ мм.} \quad (4.10)$$

Тоді коефіцієнт безпеки розраховується за формулою:

$$N_a = \frac{Gd^4(10 \cdot 10^{-3})}{64FR^3} = 8,22 \quad (4.11)$$

Параметри зовнішнього діаметру пружини та діаметру нитки пружини були попередньо обрані і встановлено, що їх відношення повинно лежати в межах від

4 до 12. Діаметр нитки пружини був обраний на значенні 10 мм, в результаті чого відношення становило 10.

Оскільки конструктивно ця пружина представляє собою пружину стиснення (рис. 4.5), то було обрано пружину із закритими та шліфованими кінцями. Крім того, необхідно було передбачити наявність зазору, який би становив 10% від діаметру витка пружини.

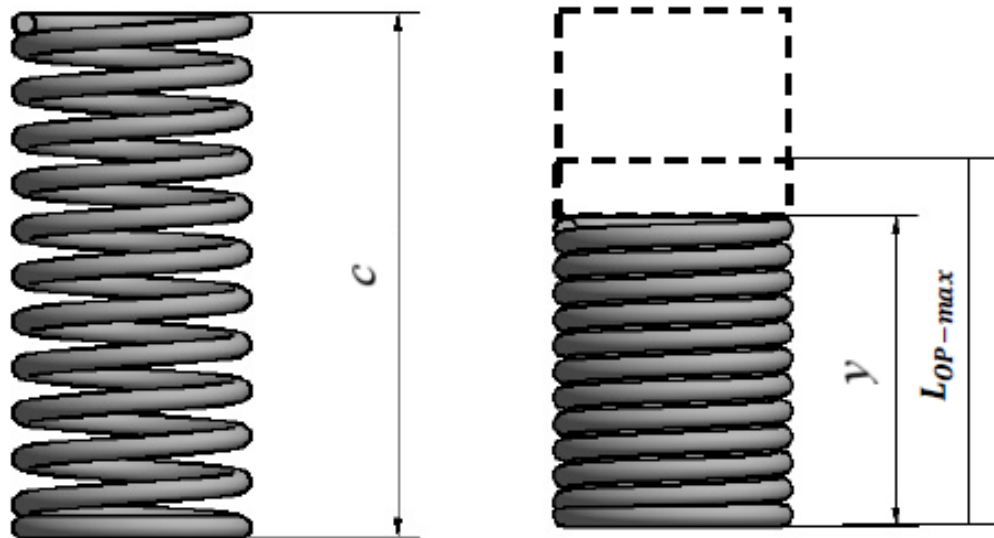


Рисунок 4.5 – Параметри пружини у стисненому та звичайному стані

Після цього можна розрахувати силу пружини:

$$N_a + N_n = 10,22. \quad (4.12)$$

За умови діаметру витка пружини, який становить 1 мм, висота пружини в нестиснутому стані становитиме 11 мм. Умова щодо зміщення, яке не повинно перевищувати 80%, забезпечується. Тоді мінімальна робоча довжина пружини a становитиме:

$$a = 11 \cdot 1,2 = 13,2 \text{ мм}; \quad (4.13)$$

$$c = 13,2 + y = 23,2 \text{ мм}. \quad (4.14)$$

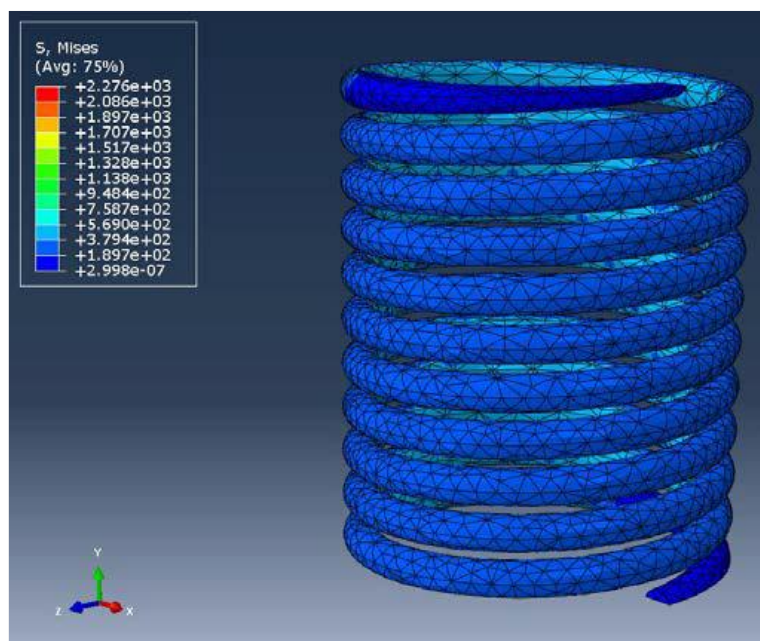
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

MPMA 25.00.00.000 ПЗ

Арк.

81

Для пружини було виконано аналіз за МСЕ, результати якого наведені на рисунку 4.6. Перевірка роботи пружини виконувалась для сили 14 Н. З рисунку 4.6 видно, що пружина стискається і досягає напруження, яке становить 2,3 ГПа за методом фон Мізеса. При цьому забезпечується умова щодо збереження коефіцієнту стиснення пружини не більше 0,8.



Рисунк 4.6 – Аналіз пружини методом скінченних елементів

За МСЕ було встановлено, що вхідні дані для обрахунку пружини наступні:

- $B = 2153,5$ МПа;
- $d = 1$ мм;
- $a = -0,16$.

Тоді

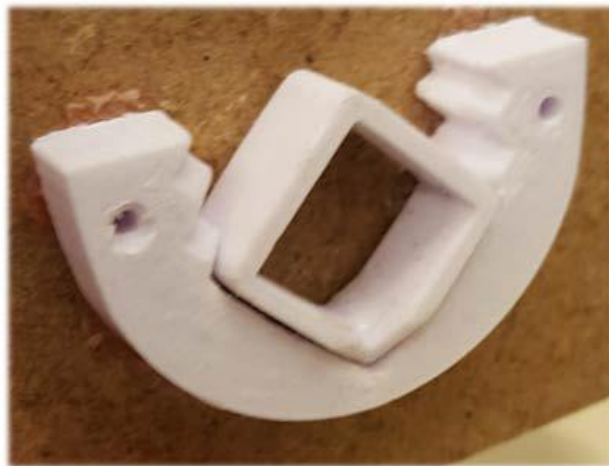
$$S_{ut} = Bd^a = 6,6 \text{ Гпа.} \quad (4.15)$$

Тобто, остаточний розрахунок пружини:

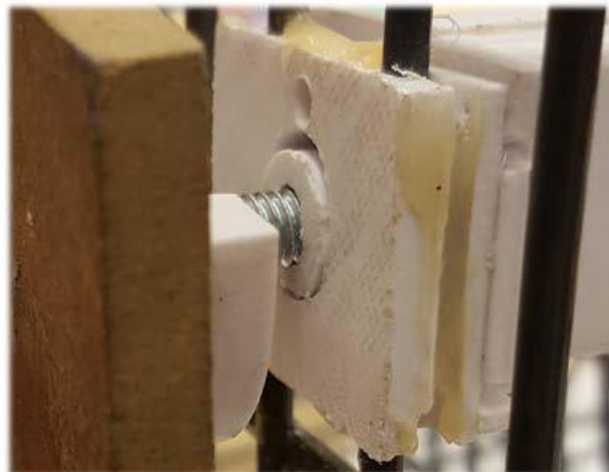
$$\frac{S_{ut}}{\sigma_{МСЕ}} = \frac{6,6}{2,3} \approx 3. \quad (4.16)$$

4.2 Виготовлення регулятора висоти корзини посудомийної машини

Після розроблення конструкції регулятора висоти та моделювання його роботи було створено його прототип (рис. 4.7) за допомогою технології 3D друку. При друці використовувались грубі рівні допуску, оскільки основне призначення прототипу полягало у проведенні подальших експериментальних досліджень на міцність та працездатність конструкції.



а)



б)

Рисунок 4.7 – Прототип регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини:

а – зовнішній вигляд; б – кріплення до корзини

Розробка прототипу була виконана для конструкції регулятора висоти, який наведений на рисунку 2.6. Після виокремлення недоліків прототипу конструкцію регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ було вдосконалено до конструкції, яка зображена на рисунку 2.7.

Після створення прототипу було проведено перевірку міцності його кріплення до верхньої корзини ПММ (рис. 4.7, б) та здатності витримувати задане навантаження. Також було проведено перевірку роботи механізму фіксації та його роботи при нахилі корзини.

При перевірці роботи прототипу було встановлено, що якщо існує необхідність розмістити верхню корзину під кутом відносно внутрішньої поверхні корпусу ПММ, то другу частину корзини, яка не буде нахилитись, необхідно притримувати рукою.

Висновки до четвертого розділу

В четвертому розділі було виконано розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини. Оскільки основним конструктивним елементом, який забезпечує фіксацію регулятора висоти у певному стані та його повернення до попереднього стану є пружина, то було виконано перевірку параметрів пружини, а саме її конструктивних розмірів та сили.

За результатами перевірки було встановлено, що обрана пружина підходить для використання в регуляторі висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини.

Крім того, було розроблено прототип регулятора висоти, який було виготовлено за технологією 3D друку. Після виготовлення на прототипі проводилась перевірка працездатності, міцності та експлуатаційних характеристик регулятора висоти. Результати показали, що такий регулятор висоти виконує свою функцію.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		84

Також було виокремлено один незначний недолік. При перевірці роботи прототипу було встановлено, що якщо існує необхідність розмістити верхню корзину під кутом відносно внутрішньої поверхні корпусу ПММ, то другу частину корзини, яка не буде нахилитись, необхідно притримувати рукою.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		85

ВИСНОВКИ

В першому розділі проведено огляд та аналіз технічних та технологічних рішень щодо конструкцій посудомийних машин. Було наведено класифікацію посудомийних машин за призначенням, за класом енергоефективності, за розміром та вмістом та за способом установки.

Також наведено конструктивні складові ПММ та їх призначення. Проведено аналіз рішень щодо конструкції регулятора висоти верхньої корзини в різних моделях ПММ та виокремлено переваги та недоліки кожного із підходів.

В розділі наведено обмеження, які наявні при виконанні процесу розроблення регулятора висоти верхньої корзини ПММ та методологію, за якою буде виконуватись дослідження.

В другому розділі було розроблено конструкцію регулятора висоти розміщення верхньої корзини ПММ. Спочатку було виконано аналітичні розрахунки, які допомогли встановити навантаження на механізм в процесі розміщення корзини під кутом.

Також було запропоновано три варіанти конструкції регулятора висоти, виокремлено їх переваги та недоліки та обрано найбільш оптимальний із трьох запропонованих моделей регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини. Крім того, було розроблено конструкції кожного із складових елементів регулятора висоти, побудовано відповідні кресленики та тривимірні моделі цих складових.

В четвертому розділі було виконано розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції регулятора висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини. Оскільки основним конструктивним елементом, який забезпечує фіксацію регулятора висоти у певному стані та його повернення до попереднього стану є пружина, то було виконано перевірку параметрів пружини, а саме її конструктивних розмірів та сили.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		86

За результатами перевірки було встановлено, що обрана пружина підходить для використання в регуляторі висоти розміщення верхньої корзини посудомийної машини.

Крім того, було розроблено прототип регулятора висоти, який було виготовлено за технологією 3D друку. Після виготовлення на прототипі проводилась перевірка працездатності, міцності та експлуатаційних характеристик регулятора висоти. Результати показали, що такий регулятор висоти виконує свою функцію.

Також було виокремлено один незначний недолік. При перевірці роботи прототипу було встановлено, що якщо існує необхідність розмістити верхню корзину під кутом відносно внутрішньої поверхні корпусу ПММ, то другу частину корзини, яка не буде нахилитись, необхідно притримувати рукою.

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

7. Бондаренко М.Й., Кулік Т.І. Устаткування для сервісного обслуговування електропобутової техніки: навчальний посібник. Київ: КНУТД, 2019. 260 с.

8. Посудомийна машина Asko DFI544B. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bt.rozetka.com.ua/ua/dishwashers-asko-154418702/p556114356/> (дата звернення - 15.09.2025)

9. Лозинський А., Копчак Б.Л., Бушер В.В. Системи керування електропобутовими приладами. Львів: Львівська політехніка, 2010. 302 с.

10. Загальна електротехніка і основи електроніки: навчальний посібник / Співак В.М. та ін. Київ: КПІ, 2020. 266 с.

11. Повний посібник з поліоксиметилену (ПОМ). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ua.swks-plasticparts.com/info/complete-guide-on-polyoxymethylene-pom-93301291.html> (дата звернення - 21.09.2025)

12. Jänsch J., Birkhofer H. The Development of the Guideline VDI 2221 – the Change of Direction. *International design conference Design 2006*. Dubrovnik, Croatia. pp. 45-52

13. Данильян О.Г., Дзьобань О.П. Методологія наукових досліджень: підручник. Харків: Право, 2019. 368 с.

14. Кірчук Р.В., Дадурєв І.М. Математичне моделювання машин: навчальний посібник. Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2014. 134 с.

15. Опір матеріалів: Навч. посібник / С. Ю. Берестянська, О. В. Лобяк, О. В. Опанасенко та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2020. – Ч. 1. – 151 с.

16. Писаренко Г.С. Опір матеріалів: підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський. – К.: Вища школа, 2004. – 655 с.

17. Waguespack C. Mastering Autodesk Inventor 2014 and Autodesk Inventor LT 2014. John Wiley & Sons, Inc, Canada. 1034 с.

18. Донченко М.В. Технології комп'ютерного проектування: навчальний посібник. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 364 с.

					МРМА 25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					<i>МРМА 25.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		