

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

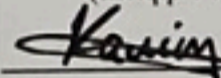
на тему:

**«РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ
ДВЕРЕЙ МОРОЗИЛЬНОЇ КАМЕРИ»**

08-64.МКР.009.00.000.ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ПМ-22м
спеціальності 131 – Прикладна механіка

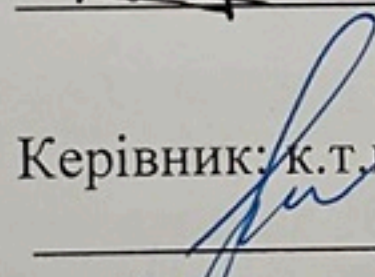
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Калінніков О.В.

(прізвище та ініціали)

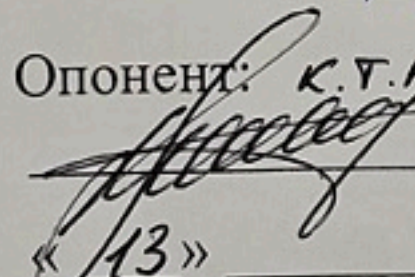
Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

 Сухоруков С.І.

(прізвище та ініціали)

« 8 » грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АТМ

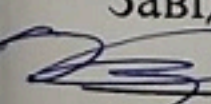
 Шибал С.В.

(прізвище та ініціали)

« 13 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Козлов Л.Г.

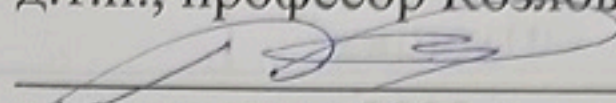
(прізвище та ініціали)

« 14 » 12 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет Машинобудування та транспорту
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13-Механічна інженерія
Спеціальність – 131 – Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., професор Козлов Л.Г.


«16» жовтня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Каліннікову Олександровичу Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Розробка установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери

керівник МКР Сухоруков Сергій Іванович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року №274

2. Строк подання студентом МКР: 15 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до МКР: Морозильна камера Large

Програма випробувань N=190000 циклів

Матеріал: АД1 ГОСТ 4784-97

4. Зміст текстової частини: Надійність роботи механізмів машин; Розробка конструкції установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери; Технологічна частина; Економіка виробництва; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Складальне креслення установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери; Складальне креслення рами; Складальне креслення блоку кріплення ручки; Схема пневматична принципова; Креслення деталі, креслення заготовки, технологічний процес механічної обробки деталі

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Основна частина	к.т.н., доц. Сухоруков С.І.	10.10.23	2.11.23
Економічна частина	к.т.н., проф. Лесько О.Й.	16.10.23	24.11.23
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	24.10.23	24.11.23

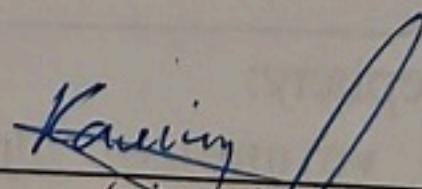
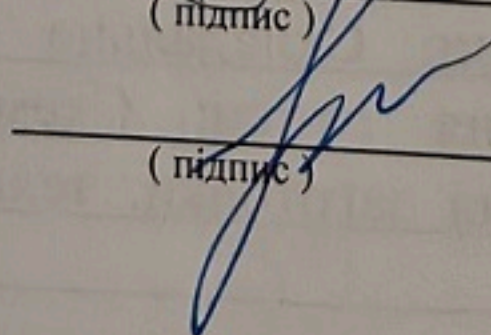
7. Дата видачі завдання 10 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	до 25.10.2023	виконано
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	до 25.10.2023	виконано
3	Розв'язання поставлених задач	до 30.10.2023	виконано
4	Формування висновків по роботі, практичної цінності результатів	до 20.11.2023	виконано
5	Виконання розділу «Економічна частина»	до 25.11.2023	виконано
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	до 25.11.2023	виконано
7	Попередній захист МКР	до 02.12.2023	виконано
8	Перевірка роботи на плагіат	до 04.12.2023	виконано
9	Нормоконтроль МКР	до 13.12.2023	виконано
10	Рецензування МКР	до 15.12.2023	виконано
11	Захист МКР	до 20.12.2023	

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Калінніков О.В.

Сухоруков С. І.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.7

Калінніков О.В. Розробка установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 131 – Прикладна механіка, освітня програма - Технології машинобудування, Вінниця: ВНТУ, 2023. 104 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 19; табл. 22.

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено розробку установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери. У загальній частині роботи розглянуто основні показники, які характеризують надійність. Проаналізовано причину зносу елементів конструкції холодильних машин.

В конструкторській частині розроблено конструкцію установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери, а саме каркасу випробувального стенду, силового механізму на базі пневмоциліндра. Спроековано пневматичну систему керування роботою установки. Для найбільш навантаженого вузла проведено статичний аналіз.

В технологічній частині проведено розрахунок розмірів заготовки деталі "Корпус". Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі "Корпус". Для розміру $\varnothing 8 \times 8$ визначено припуски і технологічні розміри на механічну обробку. Для цієї ж поверхні розраховані режими різання. Для всіх операцій механічної обробки розраховано технічні норми часу.

У розділі охорони проведено аналіз технічних рішень щодо безпечної експлуатації об'єкта. Визначено показники мікроклімату на робочому місці. Досліджено стійкість роботи в умовах впливу загрозливих факторів НС.

В економічній частині проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.

Графічна частина складається з 7 листів та плакатів.

Ключові слова: установка для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери, надійність.

ABSTRACT

Kalinnikov O.V. Development of a device for analyzing the durability of freezer doors. Master's qualification work in the specialty 131 – Applied mechanics, educational program - Technologies of Mechanical Engineering, Vinnytsia: VNTU, 2023. 104 p. In Ukrainian language Bibliogr.: 26 titles; fig.: 19; table 22.

The master's qualification work included the development of an installation for analyzing the durability of freezer doors. In the general part of the work, the main indicators characterizing reliability are considered. The cause of wear of structural elements of refrigeration machines is analyzed.

In the design part, the design of the installation was developed to analyze the durability of the freezer doors, namely the frame of the test stand, the power mechanism based on the pneumatic cylinder. A pneumatic control system for the operation of the installation was designed. A static analysis was carried out for the most loaded node.

In the technological part, the dimensions of the blank part “Corpus” were calculated. A technological process for machining the “Case” part has been developed. For size 8H8, allowances and technological dimensions for machining have been determined. Cutting modes are calculated for the same surface. Technical time standards have been calculated for all machining operations.

In the security section, an analysis of technical solutions for the safe operation of the facility was carried out. The characteristics of the microclimate in the workplace have been determined. The stability of work under the influence of threatening emergency factors has been studied.

In the economic part, the efficiency of investments and their payback period were calculated.

The graphic part consists of 7 sheets and posters.

Keywords: installation for analyzing the durability of the freezer, reliability.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 НАДІЙНІСТЬ РОБОТИ МЕХАНІЗМІВ МАШИН	6
1.1 Надійність машин та механізмів як найважливіша експлуатаційна властивість ...	6
1.2 Методи підвищення довговічності.....	10
1.3 Знос деталей промислового обладнання.....	11
1.4 Аналіз дефектів деталей та способи їх визначення у процесі експлуатації.....	15
1.5 Аналіз причин зносу елементів конструкції холодильних машин.....	18
1.6 Висновки по розділу 1	19
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ ДВЕРЕЙ МОРОЗИЛЬНОЇ КАМЕРИ	20
2.1 Концепція випробувального стенду.....	20
2.2 Конструкція установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери.....	23
2.3 Пневматична система керування роботою випробувального стенду.....	28
2.4 Аналіз на міцність конструкції випробувального стенду	31
2.5 Висновки по розділу 2	33
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	34
3.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі.....	35
3.2 Вибір способу виготовлення заготовки	37
3.3 Розробка маршруту механічної обробки	37
3.4 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 8H8$	40
3.5 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки	45
3.6 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	48
3.7 Висновок до розділу 3	50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	51
4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	51
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	56

4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи в умовах дії загрозових чинників надзвичайних ситуацій	61
4.4 Висновок до розділу 4	64
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	65
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи	65
5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки	67
5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення	70
5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування	72
5.5 Обрання методу ціноутворення	72
5.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення	72
5.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення	75
5.8 Прогнозування витрат на виконання роботи	76
5.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	82
5.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	85
5.11 Висновки до розділу 5	87
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	89
Додаток А (обов'язковий). ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ	92
Додаток Б (обов'язковий). ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	93

ВСТУП

В роботі проводиться розробка установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери .

Однією з основних вимог, які висуваються до машин, є надійність. Проблема забезпечення надійності досить гостро стоїть у багатьох галузях економіки. Довговічність роботи механізмів є однією з основних складових які характеризують надійність роботи механізму. Тому питання визначення довговічності роботи промислового обладнання, а саме механічних частин морозильних камер є актуальними.

Метою роботи є розробка конструкції установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери.

Для досягнення вказаної мети в роботі були поставлені і вирішені такі завдання:

- проведено аналіз показників довговічності;
- проведено аналіз вимог до випробувальних стендів;
- розроблено конструкцію установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери;
- розроблено пневматичну схему керування автоматизованим механізмом відкривання-закривання дверей морозильної камери;
- проведено силовий розрахунок механізму відкривання-закривання дверей морозильної камери;
- розроблено маршрут механічної обробки корпусу блоку захвату ручки морозильної камери;
- проведено розробку заходів з охорони праці та безпеки життєдіяльності;
- розраховано економічну доцільність впровадження запропонованої розробки.

Об'єкт дослідження: установка для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери.

Предмет дослідження: конструкція та складові установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери.

Методи дослідження:

– аналітичний огляд сучасного стану методів дослідження довговічності механізмів машин;

– математичне моделювання взаємодії елементів конструкції установки;

Наукова новизна одержаних результатів: набула подальшого розвитку методика проектування установок для аналізу довговічності роботи механізмів.

Практичне значення одержаних результатів: полягає в розробці конструкції установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери.

Особистий внесок здобувача. Основні результати досліджень отримані автором самостійно. Мета та завдання досліджень узгоджені з науковим керівником. В працях, що опубліковані у співавторстві автору належать: математичне моделювання взаємодії елементів конструкції установки.

Апробація результатів. Основні матеріали роботи розглядались на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)”.

Публікації. Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи були опубліковані в тезах наукової конференції [7].

1 НАДІЙНІСТЬ РОБОТИ МЕХАНІЗМІВ МАШИН

Надійність є комплексною властивістю і її забезпечення вимагає врахування великої кількості факторів на всіх стадіях життєвого циклу машини. Причому серед комплексу факторів, що впливають на формування та підтримання надійності, можна відзначити не лише конструктивні, а й технологічні, експлуатаційні аспекти. Окремо варто виділити вплив людського чинника, т. я. він практично завжди не прогнозоване.

Необхідний рівень надійності закладається при проектуванні виробу, забезпечується при виготовленні, проявляється та підтримується в експлуатації.

1.1 Надійність машин та механізмів як найважливіша експлуатаційна властивість

Під надійністю розуміють властивість виробу виконувати задані функції, зберігаючи свої експлуатаційні показники в заданих межах протягом заданого проміжку часу або необхідного напрацювання (обсяг роботи виробу, що вимірюється у годинах, циклах, метрах, штуках тощо).

Будь-який механізм створюється для виконання певних функцій протягом заданого терміну служби. Функціональна придатність конструкції визначається мірою надійності машини, показниками її працездатності. При визначенні надійності найчастіше походять від поняття відмови машини, тобто. будь-якої її вимушеної зупинки.

Відмова може відбуватися не тільки через руйнування окремих вузлів або деталей, а й виходу похибок виконання машиною свого функціонального призначення за межі норм. Відмова може наступити і тому, що машина виконує свою роботу з такими помилками, при яких або повністю порушується технологічний процес, виробу, що виробляються, і операції непридатні (шлюб). Два фактори – 1) поломка (руйнування) деталей та 2) порушення точності роботи пристрою – практично визначають функціональну надійність машини. Вони

залежать від повноти виконання функціонально-експлуатаційних (експлуатаційних) вимог, що передбачаються ТЗ та реалізуються за допомогою технічних рішень, що закладаються в конструкцію машини.

Руйнування деталей (1-й фактор) – наслідок їх недостатньої об'ємної та поверхневої міцності. За наявності достатнього асортименту машинобудівних матеріалів та методів виготовлення, розвиненої науки про міцність будь-яким деталям та вузлам можна надати необхідну (практично необмежену) довговічність та гарантувати їх від руйнування. Те, що руйнування деталей все ж таки відбувається, пояснюється конструктивними і технологічними дефектами, неправильною експлуатацією або випадковістю.

Конструктивні дефекти - неправильна оцінка ступеня навантаження деталі, розташування небезпечних перерізів і найбільш навантажених точок. Звичайні в інженерній практиці методи аналізу (розрахунку) дозволяють визначити напруги із задовільною точністю для порівняно небагатьох найпростіших розрахункових випадків. Аналіз більшості складних деталей на міцність ґрунтується на спрощеннях, які не завжди витримуються в реальних умовах.

Таким чином, для запобігання деталям від руйнування конструктор повинен враховувати такі функціонально-експлуатаційні вимоги:

- об'ємну та поверхневу міцність при статичних та динамічних навантаженнях;
- жорсткість конструкції;
- зносостійкість деталей, що труться;
- тепло- та холодостійкість деталей;
- вібростійкість конструкції.

Порушення функціональної точності (2-й фактор) – наслідок відхилень форми, розмірів та розташування поверхонь деталей та самих деталей, що становлять конструкцію. Ці відхилення виникають в результаті помилок при виготовленні деталей і вузлів, неминучих деформацій в конструкції під впливом діючих навантажень, зносу деталей, що труться, неточностей монтажу і регулювання, температурних змін.

Основною причиною зниження надійності в процесі експлуатації є знос і

старіння компонентів об'єкту. Знос призводить до зміни розмірів, порушення працездатності (наприклад, через погіршення умов мащення), поломок, зниженню міцності і так далі. Старіння призводить до зміни фізико-механічних властивостей матеріалів, що тягне за собою поломки або відмови.

Умови експлуатації призначаються такими, щоб максимально понизити знос і старіння: наприклад, знос зростає в умовах дефіциту або низької якості мащення. Старіння зростає при виході температурних режимів за допустимі (наприклад, ущільнюючі прокладки, клапани і т.п.).

Надійність об'єкту на стадії експлуатації можна ілюструвати графіком типової залежності інтенсивності відмов об'єкту від часу експлуатації, представленим на рисунку 1.1 [1].

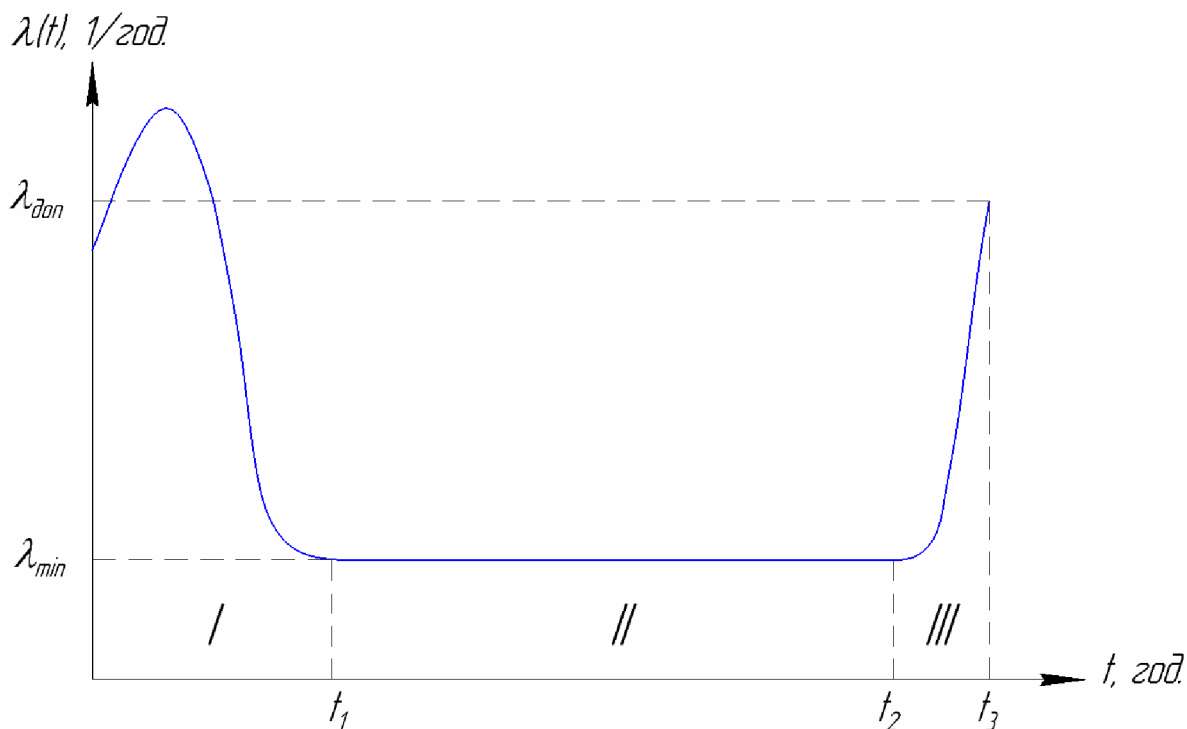


Рисунок 1.1 – Залежність інтенсивності відмов від часу

I період – період приробітку ($0 \dots t_1$). Цей період характеризується високою інтенсивністю відмов, що обумовлено виходом з ладу виробів, що мають приховані дефекти, які не вдалося виявити при їх виготовленні. Тривалість періоду приробітку складає частку відсотка часу нормальної роботи виробу.

Період приробітку вважається завершеним, коли інтенсивність відмов наближується до \min . Відмови приробітку можуть бути наслідком конструктивних,

технологічних та експлуатаційних помилок.

II період – період нормальної роботи ($t_1...t_2$). Цей період характеризується мінімальною і постійною інтенсивністю відмов. Величина λ_{\min} тим менша, а інтервал тим більший, чим досконаліша конструкція, вища якість її виготовлення і більш ретельно дотримані режими експлуатації. Цей період складає десятків тисяч годин.

III період – період зносу і старіння ($t_2...t_3$). Цей період характеризується різким зростанням інтенсивності відмов через появу зносу і старіння матеріалів.

Завершується період III, а разом з тим припиняється експлуатація виробу, коли інтенсивність відмов наближається до максимально допустимого значення $\lambda_{\text{доп}}$.

Показники, що характеризують надійність: безвідмовність, довговічність, збереження та ремонтпридатність машин та механізмів.

Безвідмовністю називають властивість виробу безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або деякого напрацювання.

Довговічність - властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного значення при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту.

До основних показників довговічності відносяться:

1) середній ресурс (наприклад, середнє напрацювання до капітального ремонту, середнє напрацювання від капітального ремонту до списання);

2) гамма-відсотковий ресурс (напрацювання, протягом якого об'єкт не досягне граничного). Під параметром розуміється деяка вихідна характеристика деталі, сполучення, складальної одиниці або автомобіля в цілому, як яку приймається один або кілька технологічних показників якості. Вихід значення параметра межі граничного значення класифікується як відмова, якщо цьому відбувається порушення працездатного стану об'єкта, тобто. такого стану, у якому значення всіх параметрів, що характеризують його здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної та (або) конструкторської документації.

Безвідмовність - властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан

протягом деякого часу або напрацювання.

Основними показниками безвідмовності є:

1) ймовірність безвідмовної роботи (ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відмова об'єкта не виникає);

2) середнє напрацювання на відмову (ставлення напрацювання об'єкта, що відновлюється, до середнього значення числа його відмов протягом цього напрацювання);

3) параметр потоку відмов (відношення середньої кількості відмов об'єкта, що відновлюється, за довільно малу його напрацювання до значення цього напрацювання).

Зберігання – властивість виробу зберігати значення показників безвідмовності, довговічності та ремонтпридатності протягом та після зберігання та (або) транспортування. Характеризується терміном збереження та гамма-відсотковим терміном збереження.

Ремонтпридатністю називають пристосованість виробу до попередження та виявлення причин виникнення відмов, пошкоджень, підтримки та відновлення працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування (ТО) та ремонту (наприклад, можливість заміни деталі в експлуатації). Показники - середній час відновлення, питома трудомісткість ТО та ремонту, відносна вартість ремонту.

1.2 Методи підвищення довговічності

Довговічність деталей механізмів та машин значною мірою залежить від якості робочих поверхонь деталей. Поняття якість поверхні, що визначає експлуатаційні властивості та зносостійкість деталей, характеризується сукупністю геометричних параметрів та фізичних властивостей їх поверхневого шару.

Підвищити довговічність деталей можна кількома шляхами: покращенням умов експлуатації та догляду за обладнанням та підвищенням якості матеріалу, з якого виготовляються деталі. Останнє може бути досягнуто при застосуванні більш

міцних матеріалів та покращення поверхневої механічної обробки деталей [2].

Якщо довговічність деталі залежить від тривалості обох етапів пошкодження (виникнення та розвиток тріщин), то при її визначенні не можна користуватися простими формулами, виведеними з урахуванням міркувань розвитку тріщини в деталі.

На довговічність деталей трансмісій, силових агрегатів, шасі зовнішня корозія не має визначального впливу. Догляд за ними зводиться до періодичного видалення бруду, зачищення від продуктів корозії та підфарбовування нітроемалями, що дозволяє зберігати естетичний вигляд автомобіля.

Продовження довговічності деталей, складальних одиниць та виробу загалом необхідно обґрунтувати технічно. Технологічні принципи збільшення довговічності, а також деякі конструктивні принципи пов'язані з підвищенням трудомісткості виготовлення виробу. Тому конструктор повинен уникати того, щоб виріб мав надмірну довговічність. Бажано, щоб вузли, механізми та деталі виробу рівною мірою мали довговічність, що незначно перевищує термін служби виробу в цілому.

Вимоги довговічності деталей, що піддаються зносу, можуть бути задоволені забезпеченням таких фізико-механічних властивостей матеріалу (з урахуванням хіміко-термічної обробки), при яких інтенсивність зношування робочих поверхонь деталей буде в допустимих межах.

Підвищення довговічності деталей досягається також застосуванням при їх виготовленні зміцнювальної обробки: загартування та цементації.

1.3 Знос деталей промислового обладнання

Термін служби промислового обладнання визначається зносом його деталей - зміною розмірів, форми, маси або стану їх поверхонь внаслідок зношування, тобто залишкової деформації від навантажень, що постійно діють, або через руйнування поверхневого шару при терті.

Зношування - процес поступової зміни розмірів, тіла при терті, що

проявляється у відділенні з поверхні тертя матеріалу та (або) його залишкової деформації.

Зношування - результат зношування, що проявляється у вигляді відділення або залишкової деформації матеріалу.

Лінійний знос - знос, що визначається зменшення розміру по нормалі до поверхні тертя.

Швидкість зношування - відношення величин зносу до часу, протягом якого він виник. Швидкість зношування деталей обладнання залежить від багатьох причин: умов і режиму їх роботи; матеріалу, з якого вони виготовлені; характеру мастила поверхонь, що труться; питомого зусилля та швидкості ковзання; температури в зоні сполучення; стану навколишнього середовища (запиленість та ін).

Величина зносу характеризується встановленими одиницями довжини, обсягу, маси та ін. Визначається знос зі зміни зазорів між поверхнями деталей, що сполучаються, появі течі в ущільненнях, зменшенню точності обробки виробу та ін. Зноси бувають нормальними і аварійними. Нормальним, чи природним, називають знос, що виникає за правильної, але тривалої експлуатації машини, т. е. у результаті використання заданого ресурсу її. Аварійним, або прогресуючим, називають знос, що настає протягом короткого часу і досягає таких розмірів, що подальша експлуатація машини стає неможливою. При певних значеннях змін, що виникають в результаті зношування, настає граничне зношування, що викликає різке погіршення експлуатаційних якостей окремих деталей, механізмів і машини в цілому, що потребує її ремонту.

Першорядною причиною зношування деталей (особливо сполучаються і труться під час руху друг про друга) є тертя – процес опору відносному переміщенню, що виникає між двома тілами у зонах зіткнення їх поверхонь щодо до них, супроводжуваний дисипацією енергії, т. е. перетворенням їх у теплоту. У повсякденному житті тертя приносить одночасно і користь, і шкоду. Користь полягає в тому, що через шорсткість усіх без винятку предметів у результаті тертя між ними не виникає ковзання. Цим пояснюється, наприклад, те, що ми вільно

можемо пересуватися землею, не падаючи, предмети не вислизають з наших рук, цвях міцно тримається в стіні, поїзд рухається рейками тощо. Те саме явище тертя спостерігається в механізмах машин, робота яких супроводжується рухом частин, що взаємодіють. У цьому випадку тертя дає негативний результат - зношування поверхонь деталей, що сполучаються. Тому тертя в механізмах (за винятком тертя гальм, приводних ременів, фрикційних передач) - явище небажане.

Найбільш часто зустрічаються видів, що приймаються за основні, до яких належать: 1) абразивне зношування; 2) зношування внаслідок пластичного деформування; 3) зношування при тендітному руйнуванні; 4) втомне зношування.

За результатами досліджень [2] виявлено, що основною причиною відмов є зношування. Причому дослідники відзначають, що зношування є причиною закономірних відмов, тоді як пластична деформація або руйнування втомі найчастіше пов'язані або з конструкторськими недоробками, або з порушенням умов експлуатації машини.

Абразивне зношування. Абразивним називається зношування поверхні деталі в результаті ріжучої або дряпаючої дії твердих тіл або частинок. Механізм цього виду зношування полягає у видаленні матеріалу з зношується поверхні або у вигляді дуже дрібної стружки, або фрагментів передзруйнованого матеріалу, видавленого попередньо по сторонах пластично деформованої подряпини, або у вигляді більш менш дисперсних шматочків, тендітно відокремлюються при одноразовому або багаторазовому впливі.

Абразивні частинки, що зношують, можуть бути мінерального походження (наприклад, пил, що містить кварц), бути окалиною або наклепанними металевими продуктами зношування, або твердими структурними складовими одного з поєднаних матеріалів. Тверді частинки можуть мати різну форму і бути по-різному орієнтовані гранями або ребрами щодо зношуваної поверхні, тому; різати і знімати стружку можуть лише деякі з них, більша частина пластично деформує більш м'який матеріал, залишаючи сліди у вигляді видавлених рисок, подряпин і канавок. Навали по краях таких пластично видавлених подряпин, що складаються з передзруйнованого матеріалу, знімаються іншими абразивними зернами, можливо,

попередньо повторному деформуванню.

Абразивне зношування, що спостерігається при роботі сполучених деталей, може бути поділено на три підвиди відповідно до джерела та характеру абразивного впливу:

а) абразивний вплив на матеріал однієї зі сполучених деталей твердих структурних елементів матеріалу іншої деталі;

б) абразивний вплив на матеріал однієї зі сполучених деталей твердих сторонніх частинок, які шаржують поверхню іншої деталі;

в) абразивний вплив на матеріал обох сполучених деталей твердих сторонніх частинок, що пересуваються між поверхнями сполучених деталей.

Зношування внаслідок пластичного деформування. Пластичне "деформування" зазвичай супроводжує зношування металів, проте ми маємо на увазі настільки інтенсивне пластичне деформування, яке саме по собі веде до зміни розмірів деталі, тобто зумовлює зношування.

У разі пластичних сплавів, що працюють при значних навантаженнях і підвищених температурах, спостерігається поступове переміщення поверхневих шарів у напрямку ковзання, що веде до суттєвого переміщення матеріалу, зміни розмірів підшипника, хоча може бути і не пов'язане зі втратою ваги. І тут пластичне протягом відбувається під впливом сил тертя.

Інший підвид зношування внаслідок пластичного деформування полягає в поступовому макродеформуванні деталі під дією навантаження, що може бути і динамічної. Таке зношування спостерігалось, наприклад, на дишлових втулках паровозів, виготовлених цілком із бронзи. Тут так само, як і в попередньому випадку, зношування проявляється у зміні розмірів деталі без втрати ваги.

Втомне зношування. При повторних, досить високих напругах, що випробовуються тим самим обсягом матеріалу, прилеглого до поверхні (особливо при чергуванні знака напруг), у ньому виникають мікротріщини і може відбутися місцеве поверхнєве руйнування у вигляді утворення ямок внаслідок викрашування. Цей вид зношування проявляється лише через деякий період роботи деталі. Закономірності протікання (залежно від зміни напруги та числа циклів) такі ж, як

при втомному руйнуванні, тому поверхнєве викришування вважається за своєю втомою. Воно спостерігається при тертях кочення або кочення з ковзанням, коли контакт деталей зосереджений.

Поверхнєве викришування називається також піттингом, подібним зношуванням, зношуванням внаслідок поверхневої втоми. Поверхнєве викришування є типовим видом зношування елементів підшипників кочення, зубів зубчастих коліс, кулачків.

При терті ковзання в місцях дійсного контакту шорстких поверхонь також можуть виникати високі контактні напруги і при великій кількості повторних циклів напруг одного і того ж обсягу можлива поява поверхневих або підповерхневих втомних тріщин і місцеве руйнування у вигляді поверхневого фарбування або лущення. Зношування такого типу відмічено при лабораторних випробуваннях полімерних матеріалів та металів та передбачається ймовірним в умовах роботи деталей. Можливо, що воно є супутнім видом зношування, коли інтенсивніше зношування іншого виду є домінуючим (наприклад, абразивне або окислювальне).

Одним із важливих експлуатаційних факторів, що впливають на зносостійкість та довговічність вузлів тертя є експлуатація їх у режимі «пуск-стоп». При змінному режимі руху спостерігається найбільше зношування деталей трибосполучень у порівнянні з їх безперервним рухом.

Пусковий період пов'язаний з підвищеною інтенсивністю зносу, яка залежить від тривалості бездіяльності вузла перед пуском, від температури деталей та властивостей мастила. Пусковий період супроводжується змінами величин і форм зазорів, а деяких вузлах - різкими змінами. В окремих перерізах зазори можуть досягати навіть нульових значень.

1.4 Аналіз дефектів деталей та способи їх визначення у процесі експлуатації

Про зношування деталей машини можна судити за характером їх роботи. При зносі деталей шпонкових і шліцьових з'єднань глухі та різкі поштовхи відчуваються

при зміні напрямку обертання, погіршується якість продукції, що випускається. Збільшення мертвого ходу рукояток, укріплених на гвинтах, понад допустиме - свідчення зносу різьблення гвинтів та гайок. Про зношування деталей часто роблять висновок по подряпинах, забоїнах, а також по зміні їх форми.

Про знос підшипників кочення можна судити за їх температурою та характером шуму під час роботи. При нормальній роботі чутно слабкий шум, якщо робота підшипників порушена, виникають сильні шуми. Свист або різкий (дзвінкий) шум вказує на те, що в підшипнику немає мастила, кульки або ролики защемлені між біговими доріжками кілець. Гучний шум означає, що на кульках або кільцях з'явився знос або в підшипник потрапив абразивний пилю або бруд. Глухі удари сигналізують про ослаблення посадки підшипника на валу та в корпусі. Туге провертання валу свідчить про відсутність співвісності між ним і підшипником або надмірно тугу посадку підшипника на валу або в корпусі.

При зносі деталей можуть з'являтися вібрації, заїдання, порушення циклічності роботи механізмів.

Механічний знос деталей, мають напрямні поверхні, зазвичай відбувається нерівномірно з їхньої довжини.

Знос напрямних представлений рисунку 1.2.

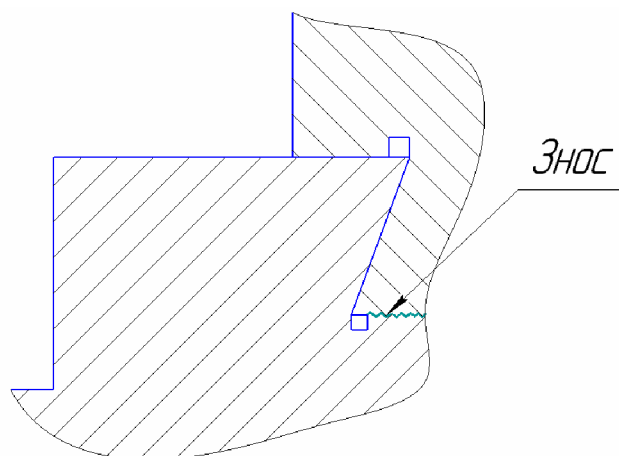


Рисунок 1.2 – Знос напрямних

В результаті зносу порушуються площинність, прямолінійність та паралельність напрямних; у деяких випадках та перпендикулярність їх до інших

поверхонь.

Нерівномірне зношування - це результат дії на поверхню напрямних по їх довжині неоднакових навантажень.

Дефектами зношених напрямних є: загальне або місцеве зношування; фарбування; порушення шорсткості поверхні.

Основні несправності підшипників ковзання: вироблення внутрішньої поверхні, порушення геометричної форми, подряпини, задираки; заїдання валу в підшипнику; забруднення маслопроводних трубок та отворів; порушення кріплення втулок та вкладишів у корпусах; відшарування бронзи у підшипнику; поломка окремих деталей підшипника.

Знос та задири у підшипника ковзання представлені на рисунку 1.3.

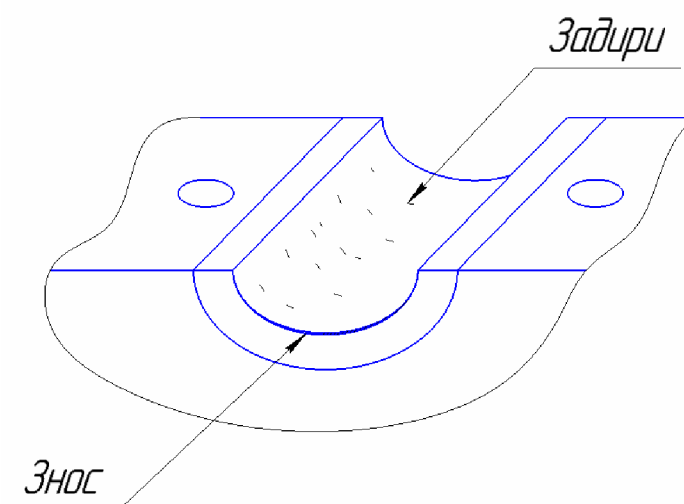


Рисунок 1.3 – Знос та задири у підшипника ковзання

Несправності підшипників кочення - це вм'ятини та поглиблення, тріщини, поломка тіл кочення та сепараторів, лущення та відшаровування поверхонь робочої частини доріжок та елементів кочення, задираки, зміна розмірів підшипників, корозія, руйнування сепараторів.

Зношування обмежує довговічність машин за різними умовами працездатності: втрати міцності; зниження коефіцієнта використання устаткування; зниження міцності внаслідок зменшення перерізів та збільшення динамічних навантажень;

підвищення шуму, збільшення вібрації, поштовхів; зменшується продуктивність, знижується якість продукції, збільшується витрата електроенергії, зростають втрати від шлюбу, підвищується собівартість продукції, знижується техніко-економічні показники роботи підприємства.

1.5 Аналіз причин зносу елементів конструкції холодильних машин

У практиці експлуатації холодильного обладнання трапляються найрізноманітніші випадки руйнування деталей.

Можна виділити такі види руйнування матеріалів деталей: деформація та злам; механічне зношування; молекулярно-механічне зношування; корозійне зношування; корозійно-механічне зношування [3].

Деформація і злам виникають при надмірному збільшенні напруги в матеріалі деталей, що перевершують межу плинності або межу міцності. Залишкова деформація призводить до зміни розмірів та конфігурації деталі або до аварійного поділу деталі на частини з повною втратою працездатності.

Факторами, що збільшують ймовірність уповільненої руйнації, є дефекти конструкції та монтаж, неякісна термічна обробка, наявність концентраторів напруг та ін. [4]

Досить частою причиною виходу з ладу холодильного обладнання є недостатня герметизація дверей і камери. Причиною тому є знос ущільнювача.

У випадку, коли зношений ущільнювач, є можливість появи на стінах камер конденсату і подальше утворення нальоту снігу і льоду. При цьому датчик температури не відключає компресор, оскільки не може зафіксувати належну робочу температуру [5].

Причиною пошкодження ущільнювача може бути деформування самого матеріалу, адже еластичний полімер не має високих властивостей протистояння низьким температурам. Як наслідок у цьому випадку гума тріскається і лопається, і потрібна заміна ущільнювача в холодильному устаткуванні. Ще однією причиною пошкодження може бути безпосередньо розрив еластичного матеріалу, особливо на

кутах дверей обладнання.

Також несправності холодильного обладнання виникають у вигляді короблення та тріщин на панелі дверей або в холодильній (морозильній) камері, що спричиняє підвищений теплоприток у низькотемпературному або холодильному відділенні, Знос механічних елементів кріплення дверей спричиняє деформацію напрямних елементів та збільшення зусилля для відкриття-закриття дверей морозильних камер, що в свою чергу збільшує інтенсивність зносу деталей що труться [6].

В деяких екземплярах холодильного обладнання для автоматичного закривання дверей встановлюють торсіон. З часом торсіон втрачає свої властивості і двері закриваються більш повільно, а в деяких випадках двері не повністю закриваються, що призводить до пошкодження внутрішнього холодильного обладнання [7].

1.6 Висновки до розділу 1

Основною причиною зниження надійності в процесі експлуатації є знос і старіння деталей дверей морозильних камер.

Підвищити довговічність деталей можна кількома шляхами: покращенням умов експлуатації та догляду за обладнанням та підвищенням якості матеріалу, з якого виготовляються деталі.

Для гарантії безвідмовної роботи механічних частин морозильних камер на весь період гарантійного обслуговування необхідно проводити дослідження на довговічність роботи обладнання.

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ ДВЕРЕЙ МОРОЗИЛЬНОЇ КАМЕРИ

2.1 Концепція випробувального стенду

Для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери нам необхідно розробити установку або випробувальний стенд на якому будуть відпрацьовувати характерні механічні рухи, а саме відкривання та закривання дверей морозильної камери.

Випробувальний стенд – це технічний пристрій для встановлення об'єкта випробування у задане положення, створення впливів, збору інформації та здійснення управління процесом випробувань та об'єктом випробувань. Випробувальні стенди зазвичай складаються з трьох частин: - виконавчої, в яку входять об'єкт випробування та системи, що забезпечують вплив різних експлуатаційних факторів; - інформаційно-керуючої, до якої входять системи управління та вимірювальні системи, що інформують про параметри об'єкта випробування та стенду; - систем живлення. Проектування випробувальних стендів – складний процес, що включає розробку технічного завдання, проектних пропозицій, ескізного і технічного проектів, розробку функціональних і принципових схем, розрахунків елементів і систем стенду, вибір компоновочної схеми стенду, що забезпечує задані проектні параметри, і остаточну розробку робочої документації стенд. Існують різні підходи до проектування випробувальних стендів. При індивідуальному підході вирішуються переважно приватні завдання створення стенду, що виникають на тому чи іншому підприємстві у зв'язку з необхідністю контролю певних параметрів машини чи її вузла.

Функціональні елементи стенду характеризуються такими основними незалежними параметрами: - точністю вимірювання та управління режимами випробувальних засобів; - ступенем автоматизації досліджень; - рівнем математичного забезпечення експериментів. Їх взаємозв'язок можна представити як граф оцінок випробувальних систем (рис. 2.1). Вершини графа визначають ступінь

досконалості компонентів системи: n , m – кількість оцінюваних, керованих та вимірюваних параметрів відповідно; α, μ – оцінки точності управління та вимірювання; β, η – оцінки ступеня автоматизації вимірювальних та керуючих систем; γ, δ – оцінки рівня математичного забезпечення відповідно в системах навантажувального впливу та отримання інформації; C – оцінка якості стенду.

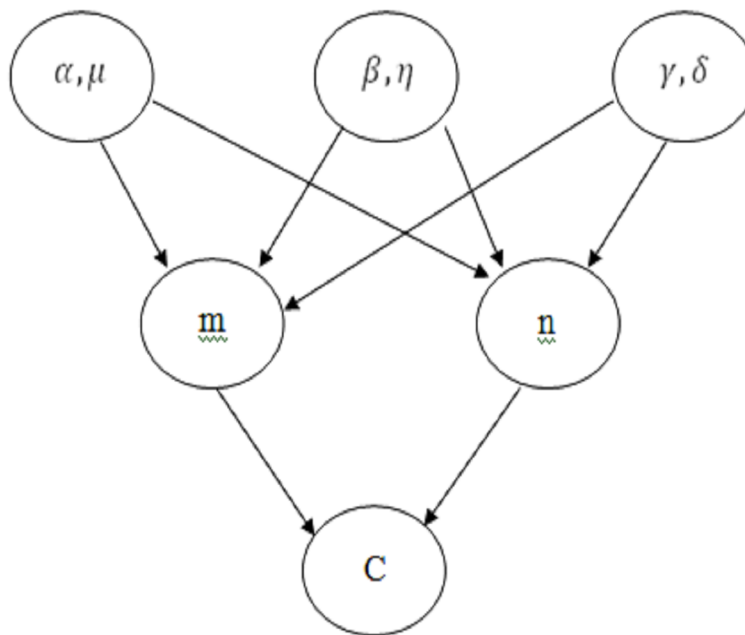


Рисунок 2.1 – Граф оцінок випробувального стенду

Враховуючи незалежність оцінок якості окремих елементів, їх можна подати у вигляді ортогональних векторів, кожен з яких задовольняє аксіомам тотожності, рангового порядку та адитивності. Тоді оцінку якості стенду можна подати у вигляді співвідношення

$$C = \left[\left(\sum_{i=1}^n \sqrt{\alpha_i^2 + \beta_i^2 + \gamma_i^2} \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n \sqrt{\mu_i^2 + \eta_i^2 + \delta_i^2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Для оцінки якості кожного елемента розробляється для $\alpha, \mu, \beta, \eta, \gamma, \delta$ шкала порядку, а для n, m – шкала найменувань. При створенні та застосуванні стендів для

оцінці довговічності роботи також враховуються техніко-економічні критерії ефективності.

Головними завданнями при проектуванні випробувальних стендів можна віднести такі:

- створення на основі теорії фізичного моделювання та теорії подібності імітаторів експлуатаційних навантажень, що максимально наближають умови наземних випробувань виробів до експлуатаційних. Вирішення цієї проблеми спрямоване на підвищення ефективності експериментального відпрацювання.

- створення засобів вимірювання, засобів оцінки та реєстрації параметрів виробу, а також впливів, що відтворюються стендами експлуатаційних навантажень, контрольованих у процесі експериментального відпрацювання.

Автоматизація випробувальних стендів забезпечує:

- підвищення ефективності та якості наукових досліджень на основі отримання та уточнення за допомогою ЕОМ явищ або процесів;

- одержання кількісно нових наукових результатів, досягнення яких принципово неможливе без використання автоматизації;

- скорочення термінів та зменшення трудомісткості експериментального циклу за рахунок прискорення підготовки та проведення експерименту;

- підвищення оперативності отримання, обробки та використання інформації про якість та надійність; використання результатів експрес-аналізу;

- попередження передчасного руйнування елементів конструкції;

- зменшення числа помилок при вимірі та обробці;

- збільшення точності результатів експериментальних даних та їх достовірності;

- підвищення інформативності експерименту за рахунок збільшення числа вимірювальних каналів, датчиків і більш повної обробки даних;

- посилення контролю за ходом експерименту та можливості його оптимізації;

- скорочення учасників експерименту, особливо у разі підвищення небезпеки проведення експерименту;

- оперативне отримання результатів випробувань у найбільш зручній формі.

2.2 Конструкція установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери

Для проведення дослідів по аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери нам необхідно спроектувати випробувальний стенд, що застосовується для проведення випробувань холодильних установок з двома дверцятами за заздалегідь розробленою і заданою програмою.

Сутність роботи випробувального стенду заснована на створенні імітації робочих режимів відчинення дверей холодильних установок у процесі експлуатації.

У якості дослідного зразку буде слугувати морозильна камера Large (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд морозильної камери Large

У якості каркасу для створення дослідної установки будемо використовувати рамну конструкцію, яка виготовляється з профільної сталеві труби розмірами 40×40 мм та товщиною стінки 3 мм (рис. 2.3). Така конструкція має невелику вагу і достатню жорсткість для забезпечення багатогодинної безперервної роботи стенду.

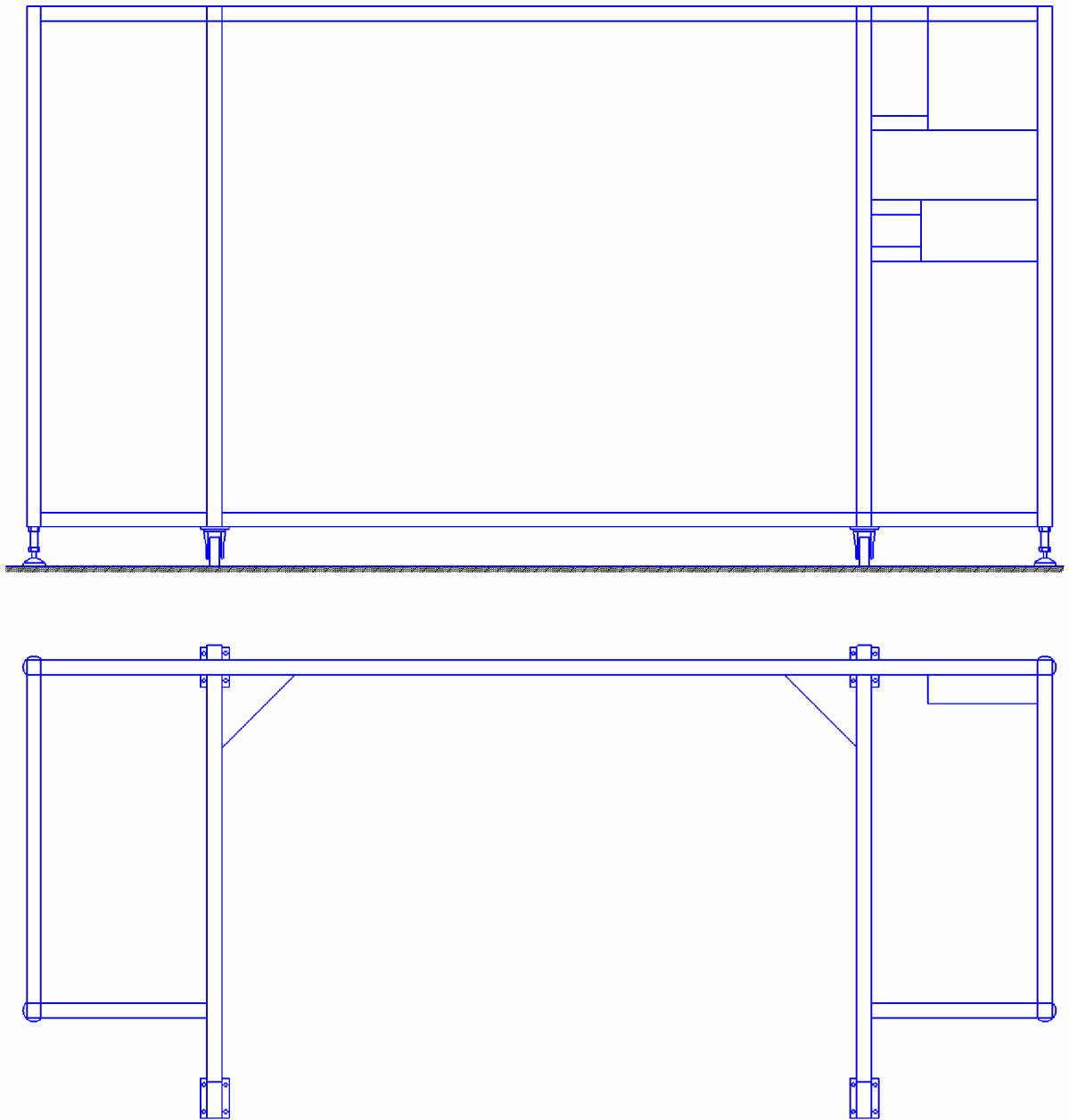


Рисунок 2.3 – Загальний вигляд каркасу випробувального стенду

Для забезпечення зручного переміщення випробувальної установки передбачені поворотні колісні опори, а для забезпечення стабільності положення під час випробувань в конструкції рами передбачені нерухомі гвинтові опори.

У якості силової конструкції випробувального стенду будемо використовувати важільну схему (рис. 2.4).

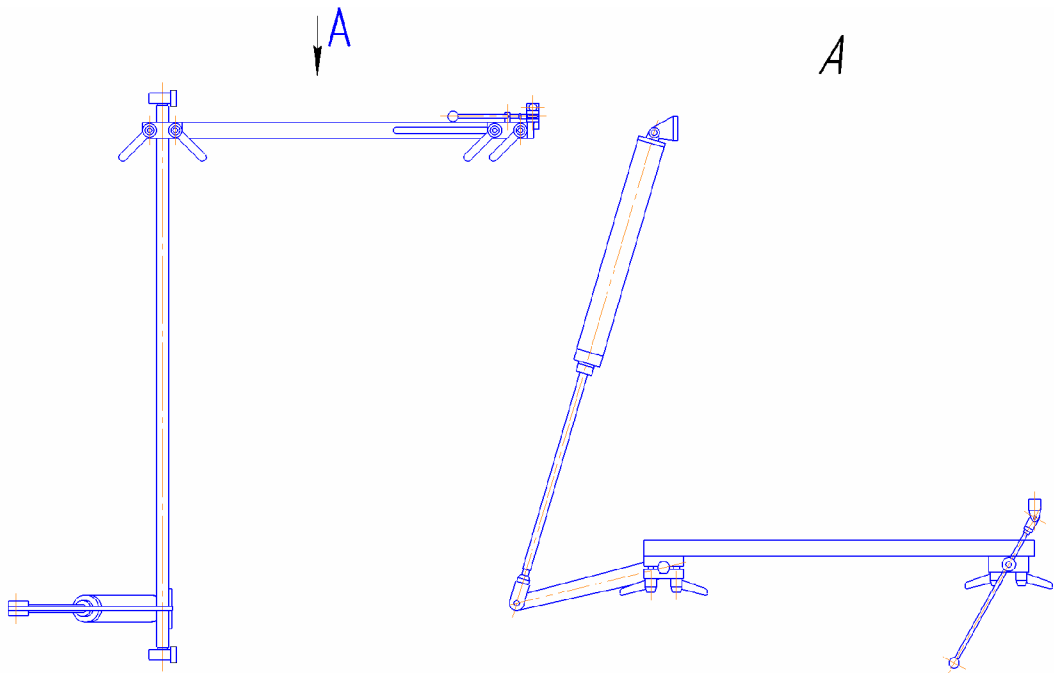


Рисунок 2.4 – Схема силової конструкції стенду

При виборі робочого органа силової частини стенду необхідно враховувати те, що зусилля, потрібне для відкривання дверей морозильної камери згідно нормативів, не повинно перевищувати 100 Н. Тому у якості робочого органа будемо використовувати пневмоциліндр. Застосування пневмоциліндрів економічно вигідніше на відміну від гідроциліндрів, яким для роботи потрібні спеціальні рідини, їм для роботи необхідне лише чисте повітря.

Для забезпечення можливості використовувати даний стенд для проведення дослідження довговічності роботи механічних частин морозильних камер різного типорозміру механізм захвату ручки морозильної камери робимо рухомим з можливістю регульованого вильоту.

За конструктивною схемою визначаємо, що для повороту дверей морозильної камери на 90° (повне відкриття) необхідно забезпечити робочий хід пневмоциліндра в 500 мм (рис. 2.5).

Складаємо розрахункову схему для з'ясування потрібної сили, з якою шток пневмоциліндру буде давити на важіль для забезпечення відкриття та закриття дверей морозильної камери. Силу з, якою потрібно розвинути для відкриття та закриття дверей, з врахуванням коефіцієнту запасу $K=2,5$, приймаємо рівною 250 Н.

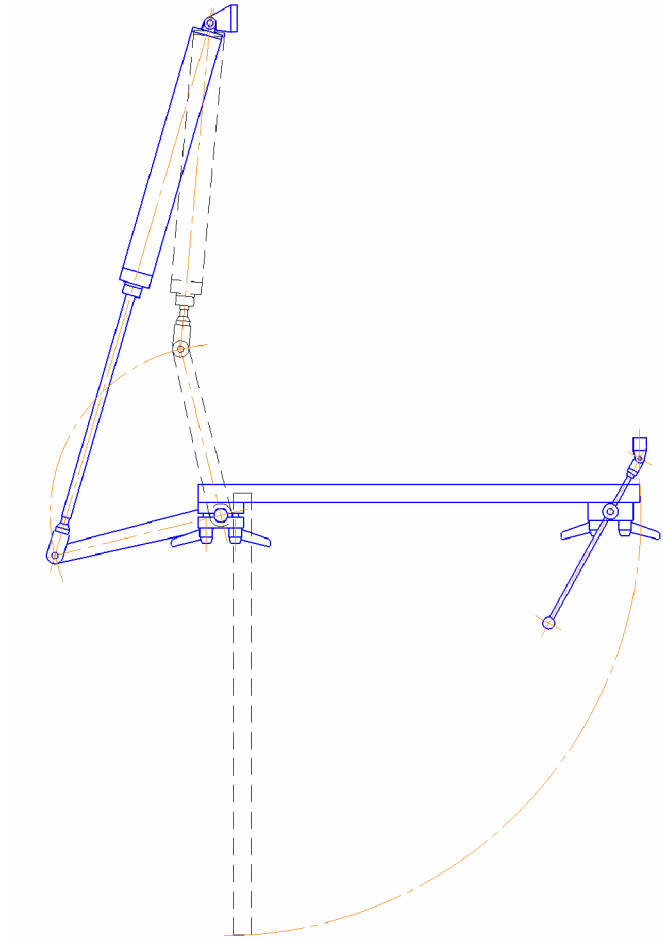


Рисунок 2.5 – Схема граничних положень рухомих елементів стенду
 Вимірюємо плечі дії відповідних сил . Приймаємо $l_1 = 330$ мм, $l_2 = 925$ мм.
 Рівняння моментів відносно центру обертання

$$F_{\text{від}} \cdot l_2 = F_{\text{вт}} \cdot l_1 \text{ [Н]}, \quad (2.1)$$

Звідки:

$$F_{\text{вт}} = \frac{F_{\text{від}} \cdot l_2}{l_1} = \frac{250 \cdot 925}{330} \cong 700 \text{ (Н)}.$$

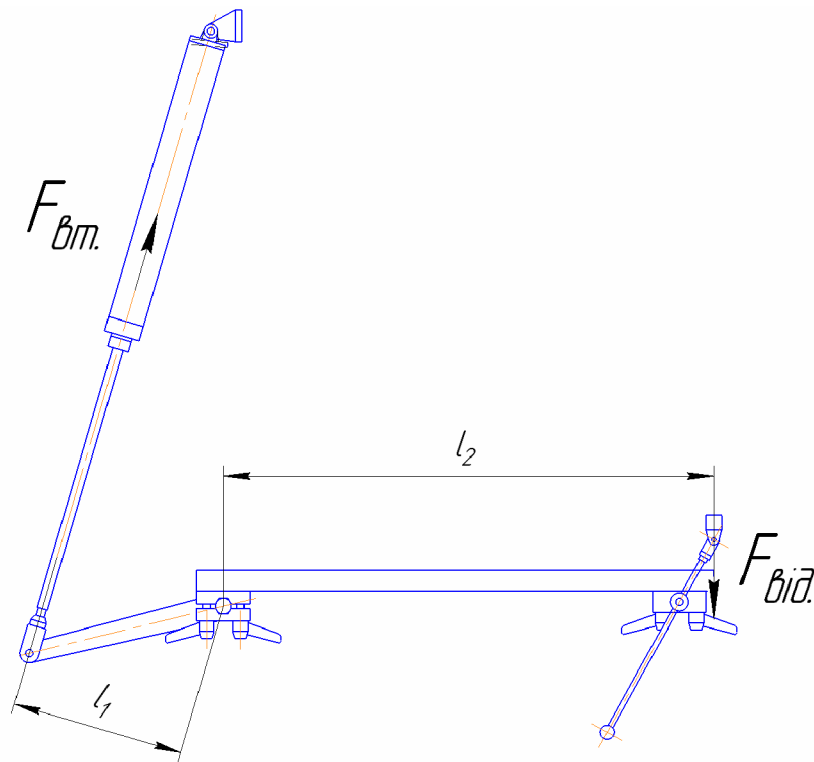


Рисунок 2.6 – Схема для визначення сил, що діють на важільний механізм

Розрахунок параметрів приводу затискного пристрою

Для розрахунку пневмоциліндру маємо вихідні дані:

- втягуюче зусилля $N = 700$ Н;
- довжина ходу поршня $L = 500$ мм;

Для з'ясування основних параметрів конструкції пневмоциліндру використовуємо таку послідовність:

1) діаметр циліндру:

$$D = 113 \sqrt{\frac{N}{P \cdot \eta}} = 1,13 \sqrt{\frac{700}{0,5 \cdot 0,85}} = 45,8 \text{ (мм) прийнятий } D_{\text{ц}} = 50 \text{ (мм);}$$

2) площа поршня:

$$F_1 = 0,01 \cdot 0,785 \cdot 50^2 \cong 19,63 \text{ (см}^2\text{)}.$$

3) площа штокової порожнини:

$$F_2 = 0,01 \cdot 0,785 (D_y^2 - d^2) = 0,01 \cdot 0,785 (50^2 - 20^2) = 16,49 \text{ (см}^2\text{)}.$$

4) для забезпечення безударної та плавної роботи пневмоциліндру слід призначити робочу швидкість переміщення поршня V в межах $0,01 \dots 1$ м/с.

Приймаємо $V = 0,5$ (м/с);

5) час переміщення поршня (робочий чи холостий хід):

$$t = L/V = 0,5 / 0,5 = 1 \text{ (с)}.$$

6) витрати повітря за хід (робочий чи холостий):

$$q = 6 \cdot F \cdot V = 6 \cdot 16,49 \cdot 0,5 = 49,47 \text{ (л/хв)}.$$

7) внутрішній діаметр трубопроводу:

$$d_T = 4,6 \sqrt{\frac{q}{w}} = 4,6 \sqrt{\frac{49,47}{17}} = 7,84 \text{ (мм)}. \text{ Приймаємо } 8 \text{ мм}.$$

Вибираємо пневмоциліндр з необхідними параметрами з каталогу фірми Samozzi. Приймаємо пневмоциліндр 61M2P050A500 - це пневмоциліндр двохсторонній дії з регулюванням демфування в обидві сторони, діаметр циліндра 50 мм, довжина ходу поршня 500 мм; робоча температура: $0^\circ \dots +80^\circ\text{C}$; робочий тиск $1 \dots 10$ бар.

2.3 Пневматична система керування роботою випробувального стенду

При проектуванні пневматичної схеми керування роботою випробувального стенду необхідно враховувати, той факт, що при дослідженні довговічності роботи механічних елементів морозильної камери нам необхідно проводити дослідження процесу відкривання-закривання обох дверей камери. Тому необхідно забезпечити

керування двома виконавчими органами одночасно. На рис. 2.7 представлена схема пневматичної системи керування випробувального стенду

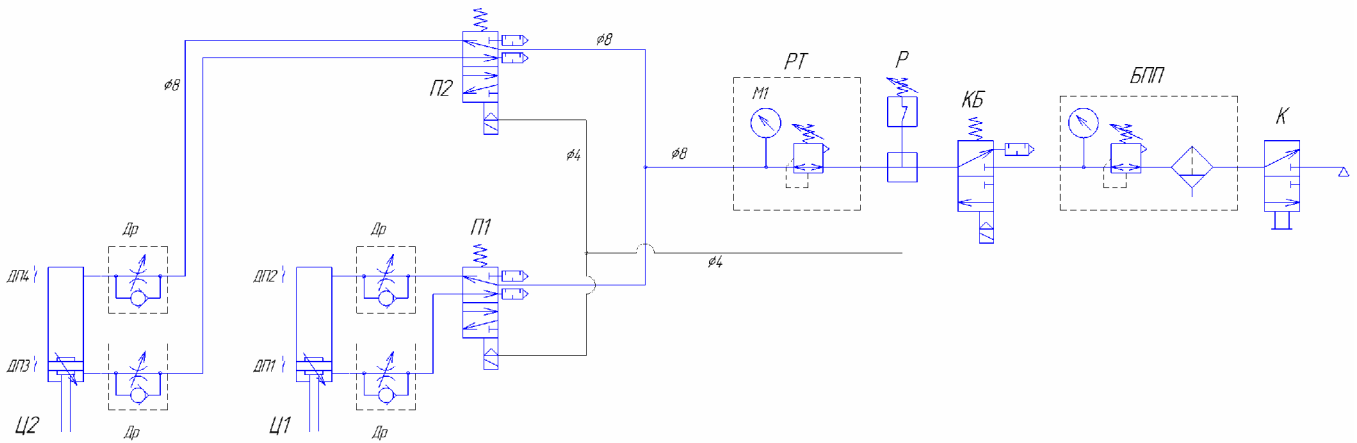


Рисунок 2.7 – Схема пневматичної системи керування випробувального стенду

Працює пневматична схема керування наступним чином. Стиснене повітря через вхідний розподільник К подається до блоку підготовки повітря БПП, де воно очищується та осушується. Далі в схемі встановлено клапан безпеки КБ, реле тиску Р та регулятор тиску РТ. Пневморозподільники П1 та П2 мають електропневматичне керування положенням. Наступними по шляху стисненого повітря до робочих органів розташовані пневмодреселі Др. Враховуючи те, що обрані нами пневмоциліндри двохсторонньої дії, тому встановлюємо пневмодреселі на кожен трубопровід. Вони регулюють витрату стисненого повітряного потоку тиском у прямому напрямку, забезпечивши вільне проходження у зворотному. Далі стиснене повітря подається в штокову та безштокову порожнини пневмоциліндрів Ц1-Ц2 відповідно для забезпечення руху штока при відкриванні і закриванні обох дверей морозильної камери. Для забезпечення чіткого позиціонування положення штоку в кінцевих точках руху (повністю закриті двері та повністю відкриті двері морозильної камери) на кожен пневмоциліндр встановлюємо по два датчика положення (геркони) ДП1-ДП4. Вони дозволяють визначити положення поршня циліндра. Під впливом магнітного поля поршня замикається або розмикається внутрішній контакт датчика.

2.4 Аналіз на міцність конструкції випробувального стенду

Для аналізу конструкції силової частини установки для дослідження довговічності морозильної камери на міцність скористаємося модулем Simulation програмного комплексу SolidWorks. Цей модуль складається з простих у застосуванні інструментів для структурного аналізу, у яких використовується метод кінцевих елементів. Такий аналіз дозволяє прогнозувати поведінку виробу реальному середовищі шляхом віртуального тестування CAD-моделей. Модуль Simulation присутні інструменти з функціями лінійного, нелінійного статичного та динамічного аналізу.

В системі тривимірного моделювання SolidWorks розробимо 3D модель силової частини установки. Найбільше зусилля сприймають елементи важільного механізму під час старту процесу відкриття та закривання дверей. Положення важільного механізму в момент старту процесу руху представлені на рисунку 2.8.

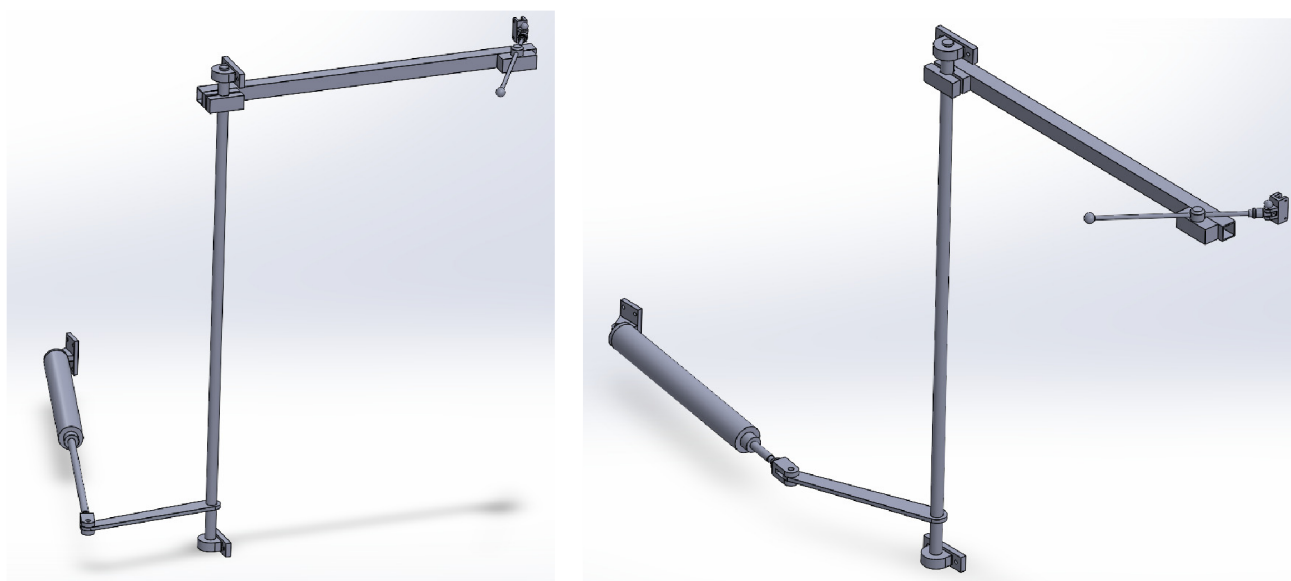


Рисунок 2.8 – Тривимірна модель силової частини

Найбільш важко навантаженим вузлом конструкції є вузол блоку захвату ручки морозильної камери (рис.2.9).

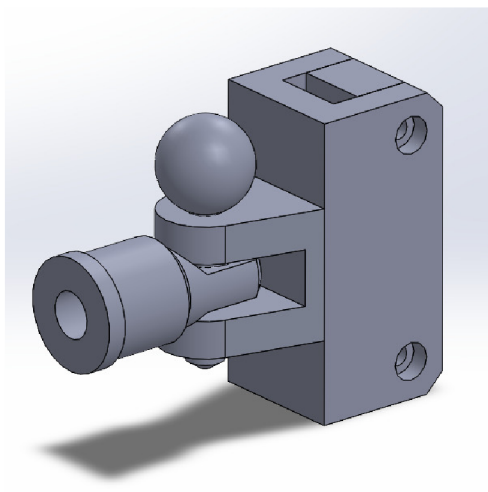


Рисунок 2.9 – Тривимірний модель вузла захвату ручки двері

В нашому випадку будемо виконувати статичний аналіз навантаження конструкції. Для проведення розрахунків нам необхідно вказати матеріал кожної деталі, які входять у вузол. Далі необхідно вказати обов'язкові пункти: необхідно закріпити або елемент або окрему поверхню елемента, прикласти сили до тяги та згенерувати сітку скінченних елементів, на основі якої модуль Simulation буде проводити розрахунок.

В результаті симуляції ми можемо побачити розподіл зміщення по тілу заготовки. Так для нашої заготовки максимальне зміщення буде в проушині і складатиме 0,004 мм

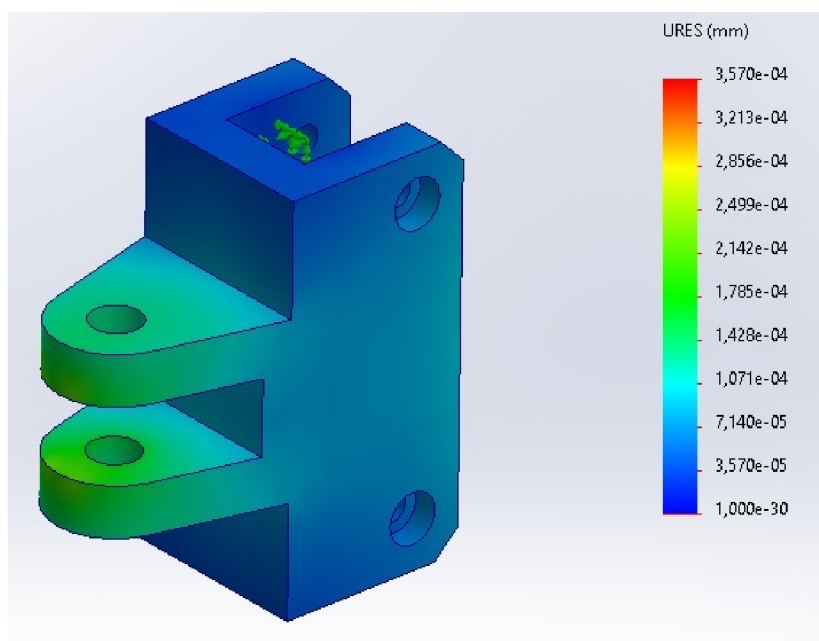


Рисунок 2.10 – Розподіл зміщень по тілу деталі Корпус

Аналогічним чином аналізуємо розподіл еквівалентних деформацій по тілу деталі Корпус (рис. 2.11)

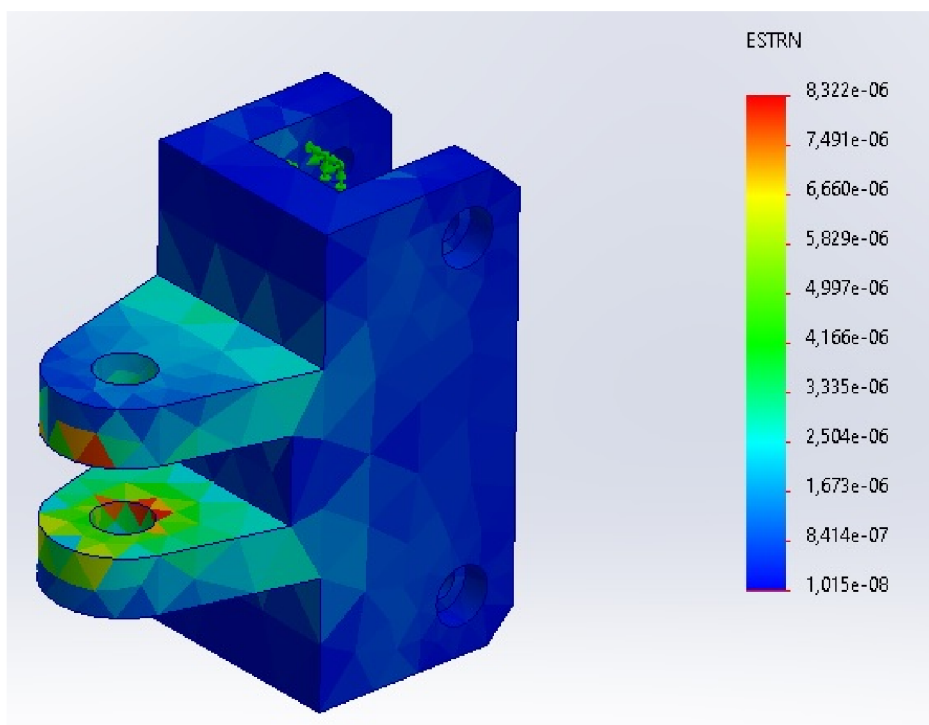


Рисунок 2.11 – Розподіл деформацій по тілу деталі Корпус

2.5 Висновки по розділу 2

В розділі розглянуто концепцію проектування випробувальних стендів. Для морозильної камери Large виробництва ТОВ «Грін Кул» спроектовано установку для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери. У якості основи каркасу використано профільну сталеву трубу розмірами 40×40 мм та товщиною стінки 3 мм. Проведено силовий розрахунок важільної системи та визначено параметри пневмоциліндра. Розроблено схему пневматичної системи керування випробувального стенду. У якості основного постачальника пневматичного обладнання обрано компанію Samozzi. Для найбільш навантаженого вузла проведено статичний аналіз.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Враховуючи те, що випробувальний стенд для підприємства ТОВ «Грін Кул» буде виготовлятися в одиничному екземплярі, тому при виготовленні максимально використовуються стандартизовані деталі або деталі з профільного прокату. Єдиним вузлом який містить унікальні за конструкцією деталі є блок захвату ручки морозильної камери (рис. 3.1).

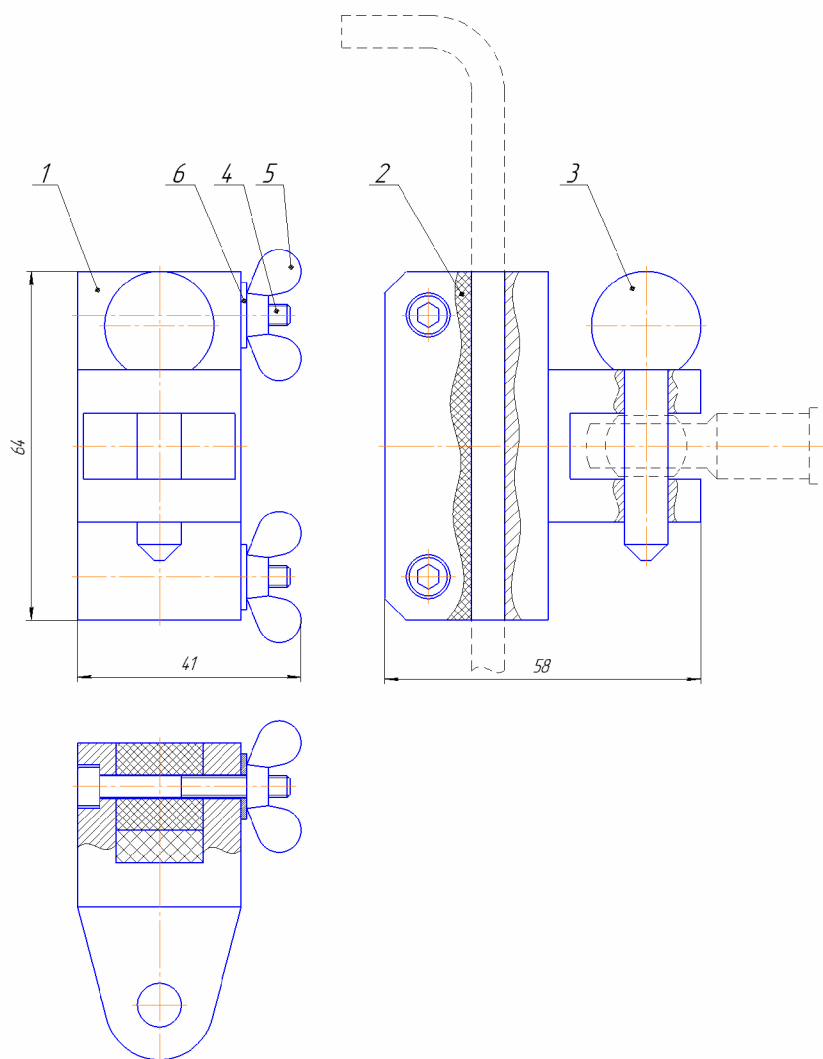


Рисунок 3.1 – Ескіз блоку захвату ручки морозильної камери

Основним елементом блоку є корпус сприймає зусилля через важільний механізм від штоку пневмоциліндра і передає його на ручку двері морозильної камери.

3.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

Для виготовлення корпусу будемо використовувати конструкційну вуглецеву сталь - Сталь 35, яка використовується для виготовлення деталей невисокої міцності. З огляду на функціональне призначення деталі найбільш точними є отвір $\varnothing 8$, пази в розмір $12^{+0,07}$ та $22 \pm 0,1$ (рис. 3.2).

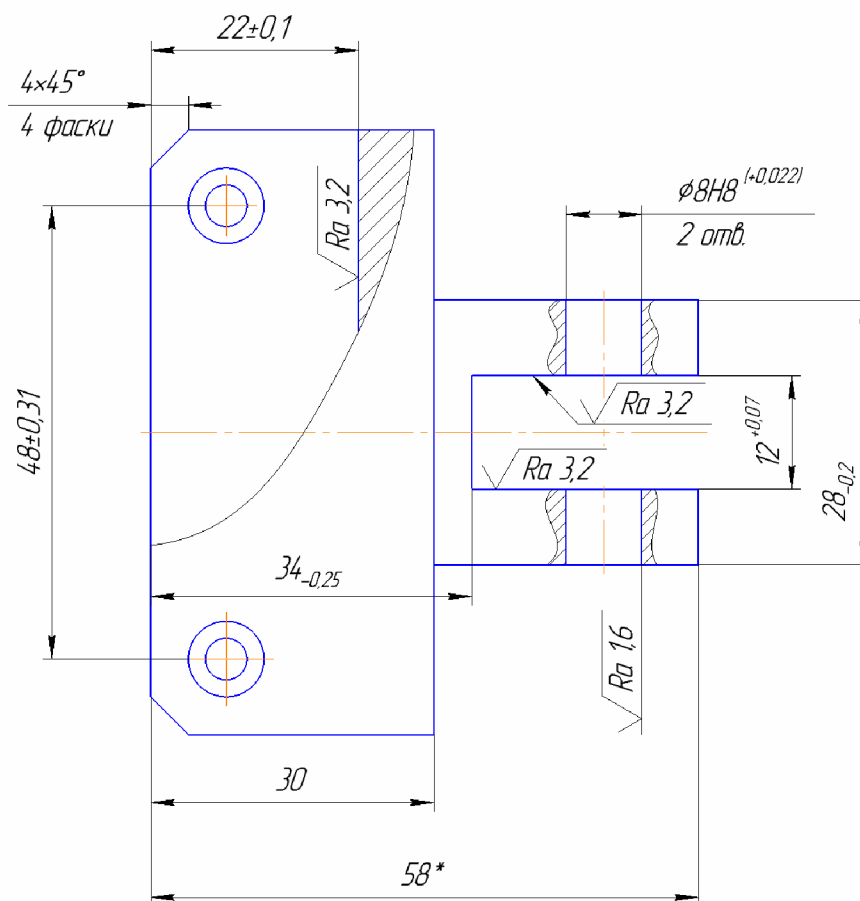


Рисунок 3.2 – Ескіз деталі Корпус

Кріпильним поверхнями є поверхні паза $22 \pm 0,1$ та отвори $\varnothing 4,4$.

Проведемо кількісний аналіз технологічності конструкції деталі Корпус [8].

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (3.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі,

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ey}}{Q_e} = \frac{16 + 3 + 4 + 18}{18 + 4 + 4 + 18} = 0,925$$

$K_y \geq 0,6$ ($0,925 \geq 0,6$) – деталь технологічна.

Таблиця 3.1 – Загальна кількість конструктивних елементів

Розміри					
Лінійні	Діаметральні	Кутові	Шорсткість		
64	R10*	45° (4 розм.)*	6,3 (14 пов.)*		
58	∅8H8*		3,2 (3 пов.)*		
48*	∅8*		1,6*		
48 ^{-0,25} *	∅4,4				
34*					
30*					
30 ^{-0,21} *					
28 ^{-0,2} *					
22±0,1*					
16±0,215*					
12 ^{+0,07} *					
8 ^{+0,15} *					
4 (2 місця)*					
4 (4 фаски)*					
$\sum_{заг} = 18$			$\sum_{заг} = 4$	$\sum_{заг} = 4$	$\sum_{заг} = 18$
$\sum_{уніф} = 16$			$\sum_{уніф} = 3$	$\sum_{уніф} = 4$	$\sum_{уніф} = 18$

Таблиця 3.2 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 (∅8H8)	1	1,6×1 = 1,6
3,2 (12 ^{+0,07} 2 пов., 22±0,1)	3	3,2×3 = 9,6
6,3 (всі інші)	14	6,3×14 = 88,2
Всього	18	99,4

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{ш_{ср}} = \frac{1}{5,52} = 0,181.$$

Середній клас шорсткості складає:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{99,4}{18} = 5,52$$

$0,181 < 0,32$ ($K_u < 0,32$) - деталь технологічна.

Таблиця 3.3 – Квалітети точності поверхонь деталі

Квалітет	Розміри	Кількість розмірів	Розрахунок
8	∅8H8	1	8×1=8
10	12 ^{+0,07}	1	10×1=10
12	48 _{-0,25} , 22±0,1, 28 _{-0,2}	3	12×3=36
14	всі інші	14	14×14=196
Всього		18	250

Коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{13,89} = 0,928,$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{250}{18} = 13,89.$$

$0,928 > 0,8$ ($K_T > 0,8$) - деталь технологічна.

Оскільки виконуються всі умови, то деталь технологічна.

3.2 Вибір способу виготовлення заготовки

З огляду на одиничне виробництво то у якості заготовки було обрано штучну заготовку з прутка відповідної товщини.

Проведемо розрахунок припусків на обробку.

Для всіх розмірів заготовки приймаємо припуск рівний 2 мм;

Тоді габаритні розміри заготовки будуть складати:

$$64 + 2 \cdot 2 = 68 \text{ (мм);}$$

$$58 + 2 \cdot 2 = 62 \text{ (мм);}$$

$$30 + 2 \cdot 2 = 64 \text{ (мм);}$$

Ескіз заготовки деталі Корпус представлений на рисунку 3.3.

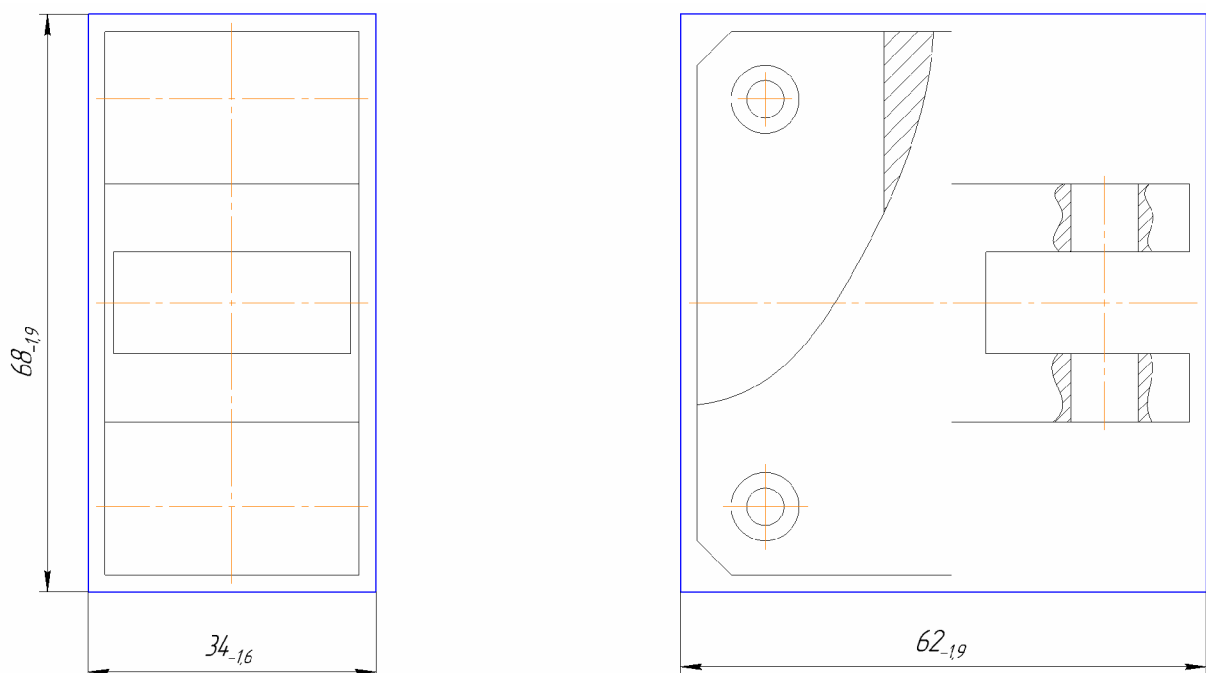


Рисунок 3.3 – Ескіз заготовки деталі Корпус

3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Враховуючи те, що заготовка виготовляється в умовах одиничного виробництва, тому будемо використовувати обладнання наявне на підприємстві.

Визначимо кількість переходів механічної обробки для поверхонь з

підвищеними вимогами точності, а саме отвору $\varnothing 8H8$.

Загальне уточнення [9,10]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{T_{заг.}}{T_{дет.}} \cdot [\text{МКМ}] \quad (3.2)$$

Визначаємо загальне уточнення для розміру $\varnothing 8H8^{(+0,022)}$. При розрахунку враховуємо допуск заготовки. Допуск заготовки – 1000 мкм, допуск деталі – 22 мкм. Тоді:

$$\varepsilon = 1000 / 0,022 = 45,45.$$

Приймаємо 3 переходи механічної обробки. Призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5, \varepsilon_2 = 4.$$

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на третьому переході

$$\varepsilon_3 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2} = \frac{45,45}{5 \cdot 4} = 2,27.$$

Допуск технологічного розміру після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = T_3 / \varepsilon_1 = 1 / 5 = 0,2 \text{ (мм)};$$

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,2 / 4 = 0,05 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,05 / 2,27 = 0,022 \text{ (мм)}.$$

Допуск після першого переходу відповідає 13 квалітету точності, після другого – 10 квалітету, після третього – 8 квалітету.

Оскільки обробляється внутрішня циліндрична поверхня, то доцільно використати такі методи механічної обробки – свердління, зенкерування та розвертування.

Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз.

Похибка базування на поверхні розміри, яких утворюється за рахунок геометрії інструменту дорівнює нулю [11,12].

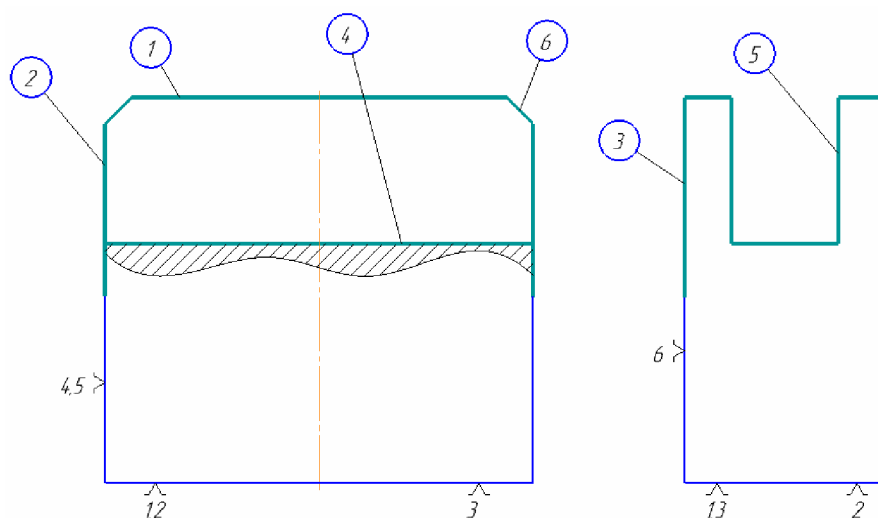


Рисунок 3.4 – Ескіз баз на операції 005 (чорнові технологічні бази)

В якості чорнових баз на перших операції 005 використаємо схему базування на три площини.

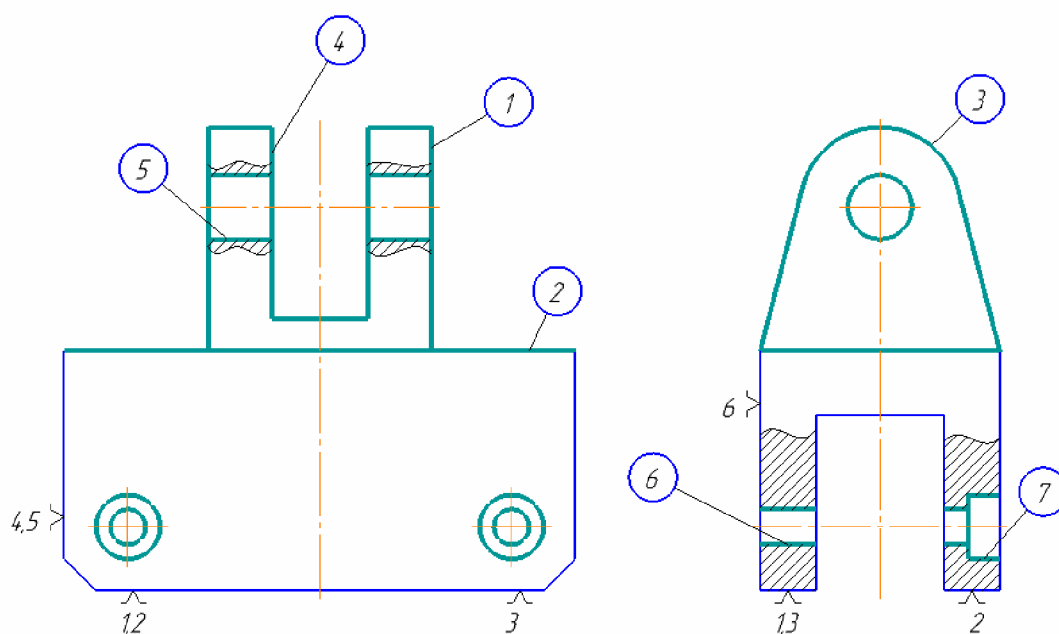


Рисунок 3.5 – Ескіз баз на операції 010 (чистові технологічні бази)

Створюємо маршрут механічної обробки деталі (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Маршрут механічної обробки деталі "Корпус"

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми базування	Тип обладнання
005	<p><i>Фрезерна ЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати поверхню 1 однакратно. 3. Фрезерувати поверхні 2 та 3 однакратно по контуру. 4. Фрезерувати поверхню 4 та 5 попередньо. 5. Фрезерувати поверхню 4 та 5 остаточно. 6. Фрезерувати 4 фаски однакратно. 7. Зняти деталь 		Фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3
010	<p><i>Комбінована з ЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати поверхні 1 та 2 однакратно. 3. Фрезерувати поверхню 3 однакратно по контуру. 4. Центрувати отв. 5 однакратно. 5. Свердлити 2 отв. 5 однакратно. 6. Зенкерувати 2 отв. 5. 7. Фрезерувати паз 4 попередньо. 8. Фрезерувати паз 4 однакратно. 9. Розвернути 2 отв. 5 остаточно. 10. Центрувати 2 отв. 6 однакратно. 11. Свердлити 2 отв. 6 в розмір однакратно. 12. Цекувати 2 місця 7 в розмір однакратно. 13. Зняти деталь 		Вертикальний абразивний центр SPINNER U5-620

3.4 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 8H8$

Приймаємо показники шорсткості та точності по переходам [13,14]:

- для заготовки $R_Z=150$ мм, $T = 200$ мкм;
- свердління $R_Z=T=120$ мкм;
- зенкерування $R_Z=T=60$ мкм;

- розвертування $R_Z = 25$ мм, $T = 30$ мкм ;

Мінімальні значення міжопераційних припусків:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \text{ [мкм]} \quad (3.3)$$

Сумарне значення просторових відхилень [15]:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2}, \text{ [мкм]} \quad (3.4)$$

Для даної деталі відповідно:

$$\rho_{\text{жол}} = \sqrt{(0,7 \cdot 28)^2 + (0,7 \cdot 8)^2} = 20,38 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_{\text{зм}} = T_8 = 0,05 \text{ (мм)};$$

$$\rho = \sqrt{20,38^2 + 50^2} = 54 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]} \quad (3.5)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 54 = 3,2 \text{ (мкм)};$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 3,2 = 0,2 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при попередньому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ [мкм]} \quad (3.6)$$

де ε_6 – похибка базування, що в даному випадкові рівна нулеві;

ε_3 – похибка закріплення (110 мкм).

Відповідно похибка установки:

$$\varepsilon_1 = 110 \text{ (мкм)}.$$

При попередньому розточуванні похибка установки складатиме:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 110 \cdot 0,05 = 5 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск:

свердління:

$$2Z_{1\min} = 2(150 + 200 + \sqrt{54^2 + 110^2}) = 2 \cdot 472 \text{ (мкм)}.$$

зенкерування:

$$2Z_{2\min} = 2(120 + 120 + \sqrt{3,2^2 + 5^2}) = 2 \cdot 246 \text{ (мкм)}.$$

розвертування:

$$2Z_{3\min} = 2(60 + 60 + 0,2) = 2 \cdot 120 \text{ (мкм)}.$$

При розвертуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$d = 8,022 \text{ (мм)}.$$

Найбільші граничні розміри:

для зенкерування:

$$d_2 = 8,022 - 2 \cdot 0,120 = 7,782 \text{ (мм)};$$

для свердління:

$$d_1 = 7,782 - 2 \cdot 0,246 = 7,29 \text{ (мм)}.$$

для заготовки:

$$d_{\text{зар}} = 7,29 - 2 \cdot 0,472 = 6,346 \text{ (мм)}.$$

Найменші граничні розміри:

$$d_{\text{min}3} = 8,022 - 0,022 = 8 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{min}2} = 7,782 - 0,058 = 7,724 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{min}1} = 7,29 - 0,22 = 7,07 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max зар}} = 6,3 - 0,9 = 5,4 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків $Z_{\text{max}}^{\text{сп}}$:

для розвертування:

$$2Z_{\text{min}3} = 8,022 - 7,782 = 0,24 \text{ мм} = 240 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max}3} = 8 - 7,724 = 0,276 \text{ мм} = 276 \text{ (мкм)};$$

для зенкерування:

$$2Z_{\text{min}2} = 7,782 - 7,29 = 0,492 \text{ мм} = 492 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max}2} = 7,724 - 7,07 = 0,654 \text{ мм} = 654 \text{ (мкм)};$$

для свердління:

$$2Z_{\text{min}1} = 7,29 - 6,3 = 0,99 \text{ мм} = 990 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max}1} = 7,07 - 5,4 = 1,67 \text{ мм} = 1670 \text{ (мкм)}.$$

Загальні припуски розраховуємо, сумуючи проміжні припуски і записуємо отримані значення у нижній частині таблиці.

$$2Z_{0\min} = 990 + 492 + 240 = 1722 \text{ (мкм);}$$

$$2Z_{0\max} = 1670 + 654 + 276 = 2600 \text{ (мкм).}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 3.5

Таблиця 3.5 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 8H8$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 8H8$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, мм d_p	Допуск мкм δ	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ϵ				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	150	200	54			6,346	0,9	5,4	6,3		
Розточув. попереднє	120	120	3,2	110	2·472	7,29	0,22	7,07	7,29	0,99	1,67
Розточув. попереднє	60	60	0,2	5	2·246	7,782	0,058	7,724	7,782	0,492	0,654
Розточув. остаточне	25	30	-		2·120	8,022	0,022	8	8,022	0,240	0,276
Ітого										1,722	2,6

Виконуємо перевірку вірності виконаних розрахунків:

$$2Z_{\max 3} - 2Z_{\min 3} = 0,276 - 0,240 = 0,036 \text{ (мм);}$$

$$\delta_4 - \delta_3 = 0,058 - 0,022 = 0,036 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 2} - 2Z_{\min 2} = 0,654 - 0,492 = 0,162 \text{ (мм);}$$

$$\delta_3 - \delta_2 = 0,22 - 0,058 = 0,162 \text{ (мм);}$$

$$2Z_{\max 1} - 2Z_{\min 1} = 1,67 - 0,99 = 0,68 \text{ (мм);}$$

$$\delta_2 - \delta_1 = 0,9 - 0,22 = 0,68 \text{ (мм)}$$

3.5 Визначення режимів різання при різних методах механічної обробки

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для зенкерування внутрішньої поверхні та свердління отвору.

Операція 010. Багатоцільова з ЧПК

Модель верстата – SPINNER U4-620

Розрахунок режимів різання для зенкерування отвору $\varnothing 8H8$.

Ріжучий інструмент: зенкер.

Глибину різання:

$$t = (D-d)/2 = (7,782 - 7,29)/2 = 0,246 \text{ (мм)}.$$

Для зенкерів з заданими параметрами рекомендується подача $S=0,25-0,4$ мм/об. [8]. Приймаємо $S=0,3$ мм/об. Допустиме зношення $h_3=0,9-1,5$ мм;

Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями $V_{\text{табл}} = 21$ м/хв [8].
Матеріал без корки $K_{nv}=1$; $K_{uv}=1$;

$$V_{\text{різ}} = V_{\text{таб}} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 21 \cdot 1 \cdot 0,85 = 17,85 \text{ (м/хв)}.$$

Частота обертання шпинделя складає

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 17,85 / 3,14 \cdot 7,782 = 730 \text{ (об/хв)}.$$

Враховуючи те, що в даного верстата безступінчаста зміна частоти обертання шпинделя, тому остаточно приймаємо 730 об/хв

Потужність різання при заданій точності складає $N_{\text{таб}}=1,3$ кВт.

Ефективна потужність верстата на шпинделі:

$$N_B = N_{дв} \cdot \eta = 8 \cdot 0,85 = 6,4 \text{ (кВт)}; N_{різ} < N_B.$$

Умови по обробці різанням (потужності) виконуються.

Основний (машинний) час по переходам складає:

$$I = l_{р.х} \cdot i / n \cdot s = 34 \cdot 1 / (730 \cdot 0,3) = 0,155 \text{ (хв.)},$$

де $l_{р.х} = l_g + y + \Delta = 28 + 3 + 3 = 34 \text{ (мм)}$.

Розрахунок режимів різання для свердління отворів $\varnothing 4,4$.

Ріжучий інструмент: Свердло спіральне ГОСТ 10903-77.

Визначення припуску на обробку:

$$t = 4,4 / 2 = 2,2 \text{ (мм)}.$$

Визначення подачі: для НВ < 229. Глибина свердління: $l/d = 30 / 4,4 > 6,8$ $K_1 = 0,76$.

$$S_0 = S_{таб} \cdot K_{1s} = 0,3 \cdot 0,76 = 0,228 \text{ (}^{мм}/_{об}\text{)}.$$

Назначаємо період стійкості свердла. В налазці 2 інструмента, $T = 25$ хв.

Допустимий знос: $h_3 = 0,3 - 0,45$ мм.

Визначаємо швидкість різання. Допустимі ріжучими властивостями інструмента, $V_{таб} = 8,5$ м/хв., $K_{1v} = 0,8$ [8]:

$$V = V_{таб} \cdot K_{1v} = 8,5 \cdot 0,8 = 6,8 \text{ (м/хв)}.$$

Визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 6,8}{3,14 \cdot 4,4} = 492 \text{ (хв}^{-1}\text{)}.$$

Визначаємо потужність різання – $N_{\text{таб}}=0,19$ (кВт).

Ефективна потужність на шпинделі верстата складає

$$N_B = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ (кВт)}; N_B > N_{\text{таб}};$$

Умови обробки по потужності виконуються.

Основний (маршрутний) час, складає:

$$t = L / s \cdot n = 11 / 0,228 \cdot 492 = 0,098 \text{ (хв.)},$$

де $L = l_n + l_H + l_p = 7 + 2 + 2 = 11$ (мм).

для 4-и отворів

$$T = t \cdot 4 = 0,098 \cdot 4 = 0,392 \text{ (хв.)}.$$

Таблиця 3.6 – Режими різання Операція 005 - Фрезерна з ЧПК

	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	S _{хв} , мм/хв	n, об/хв	V, м/хв
2	Фрезерувати пов. 1 однократно	2	0,3	360	1200	144
3	Фрезерувати пов. 2, 3 однократно	2	0,3	360	1200	72
4	Фрезерувати пов. 4 та 5 попередньо.	2	0,2	240	1200	19,2
5	Фрезерувати пов. 4 та 5 остаточно.	0,4	0,4	640	1600	25,6
6	Фрезерувати пов. 6 однократно	2	0,3	360	1200	72

Таблиця 3.7 – Режими різання Операція 010 - Комбінована з ЧПК

	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	S _{хв} , мм/хв	n, об/хв	V, м/хв
2	Фрезерувати пов. 1 та 2 однократно	2	0,3	72,8	1200	144
3	Фрезерувати пов. 3 однократно	2	0,3	240	800	48
4	Центрувати отв. 5	1	0,2	251,2	400	2,51
5	Свердлити отв. 5	3	0,2	80	400	7,54
6	Зенкерувати отв. 5	0,246	0,3	219	730	17,85
6	Фрезерувати паз 4 попередньо	2	0,2	240	1200	14,4
	Фрезерувати паз 4 остаточно	0,4	0,4	640	1600	19,2
	Розвернути 2 отв. 5	0,1	0,2	120	600	15,07
	Центрувати 2 отв. 6	1	0,2	80	400	2,51
	Свердлити 2 отв. 6	2,2	0,228	112	492	6,8
	Цекувати 2 місця 7	4	0,2	80	400	10,05

3.6 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Визначаємо основний технологічний час (фрезерування поверхні) [16]:

$$t_o = T_o = 6 \cdot l \cdot 10^{-3}, [\text{хв}] \quad (3.7)$$

Для другого переходу маршруту механічної обробки операції 005, маємо:

$$T_{o2} = 6 \cdot l \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 0,42 (\text{хв}).$$

Основний час для операції 005:

$$\begin{aligned} T_o &= 6 \cdot 1 + 2 \cdot 6 \cdot 1 + 2 \cdot 6 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 6 \cdot 1 + 4 \cdot 6 \cdot 1 = \\ &= (6 \cdot 68 + 2 \cdot 6 \cdot 68 + 2 \cdot 6 \cdot 34 + 4 \cdot 64 + 6 \cdot 64 + 4 \cdot 6 \cdot 4) \cdot 10^{-3} = 2,368 (\text{хв.}); \end{aligned}$$

$T_{шт}$ – норма штучного часу, що визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_e + T_{об} + T_{ом} \text{ [хв.]}, \quad (3.8)$$

де T_e – допоміжний час, що можна знайти за формулою:

$$T_e = T_{y.c} + T_{з.о} + T_{yn} + T_{уз} \text{ [хв.]}, \quad (3.9)$$

де $T_{y.c}$ – час на установку і зняття деталі, що рівний 0,3 хв.;

$T_{з.о}$ – час на закріплення і розкріплення деталі, що рівний 0,2 хв.;

T_{yn} – час на прийоми управління, що рівний 0,5 хв.;

$T_{уз}$ – час на вимірювання деталі, що рівний 0,1 хв.;

Тоді

$$T_e = 0,3 + 0,2 + 0,5 + 0,1 = 1,1 \text{ (хв.)};$$

$T_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, що визначається за формулою:

$$T_{об} = 7\% \cdot (T_o + T_e) = 0,07 \cdot (2,368 + 1,1) = 0,243 \text{ (хв.)};$$

$T_{ом}$ – час на відпочинок і особисті потреби, що визначаємо за формулою:

$$T_{ом} = 5\% \cdot (T_o + T_e) = 0,05 \cdot (2,368 + 1,1) = 0,173 \text{ (хв.)};$$

Тоді матимемо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 2,368 + 1,1 + 0,243 + 0,173 = 3,884 \text{ (хв.)};$$

Таблиця 3.8 – Норми штучного часу

Номер і найменування операції	T_o , хв	T_e , хв			$T_{об}$, хв	$T_{от}$, хв	$T_{шт}$, хв
		$T_{y.c} + T_{z.o}$	$T_{y.n}$	T_{uz}			
Фрезерна з ЧПК	2,368	0,5	0,5	0,1	0,243	0,173	3,884
Багатоцільова з ЧПК	6,153	0,5	0,5	0,1	0,508	0,362	8,123

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{заг} = 3,884 + 8,123 = 12,007 \text{ (хв.)}$$

3.7 Висновки до розділу 3

В розділі проведено розрахунок розмірів заготовки деталі "Корпус". Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі "Корпус". Для розміру $\varnothing 8H8$ визначено припуски і технологічні розміри на механічну обробку. Для цієї ж поверхні розраховані режими різання. Для всіх операцій механічної обробки розраховано технічні норми часу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У магістерській кваліфікаційній роботі проводиться розробка установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери. Всі дослідження і експериментальні процеси відбуваються з участю екранних пристроїв.

Будь-які трудові процеси потребують заходів з охорони праці, для забезпечення безпеки працівника на робочому місці і для виключення або зменшення впливу шкідливих факторів, що можуть впливати на нього в процесі трудової діяльності.

На працівників, що проводять дослідження на екранних пристроях можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори.

Фізичні: підвищена та понижена температура повітря робочої зони; підвищена та понижена рухливість повітря робочої зони; недостатня освітленість робочої зони; недостатність природного освітлення; небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини; підвищена та понижена вологість повітря; підвищений рівень електромагнітного опромінення.

Психофізіологічні: нервово – психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів). Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Робоче місце – це частина простору, у якому працівник здійснює діяльність, і проводить уже більшу частину робочого дня. Робоче місце, добре пристосоване до праці людини, правильно і доцільно впорядковане, щодо простору, форми, розміру забезпечує йому зручну ситуацію під час роботи і високі продуктивності праці при найменшому фізичному і психічному напрузі.

Працівника, який використовує персональний комп'ютер, інструктують перед початком роботи, а потім через кожні 6 місяців. Результати інструктажу заносять до Журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці. Користувач зобов'язаний дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про

безпеку і здоров'я довколишніх при виконанні будь-яких робіт, а також під час перебування на території підприємства. До роботи на персональному комп'ютері допускають осіб, які пройшли інструктажі з питань охорони праці та пожежної безпеки. [17]

Користувач зобов'язаний: виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку; не допускати за своє робоче місце сторонніх осіб; не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці та пожежної безпеки; знати правила надання домедичної допомоги; знати розташування та вміти користуватись первинними засобами пожежогасіння; вміти працювати з ПК.

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть впливати на користувача: підвищений рівень статичної електрики; нерівномірність розподілу яскравості в полі зору; підвищена яскравість світлового зображення; ураження електричним струмом; напруга зору та уваги; тривалі статичні навантаження. У приміщеннях із ПК має бути природне і штучне освітлення. При розміщенні робочих місць необхідно унеможливити пряме засвічування екрана природним освітленням. При природному освітленні слід передбачити наявність сонцезахисних засобів (плівка, жалюзі, штори тощо). Світлові відблиски із клавіатури, екрана та інших частин ПК у напрямку очей користувача неприпустимі.

Основним обладнанням робочого місця є ПК або ноутбук, монітор, клавіатура, маніпулятор, робочий стіл, стілець (крісло). При розміщенні елементів робочого місця слід враховувати: робочу позу користувача; простір для розміщення користувача; можливість огляду елементів робочого місця; можливість огляду простору поза межами робочого місця; можливість робити записи, розміщувати на робочому столі документацію та матеріали, які використовує користувач. Розміщення елементів робочого місця не має заважати рухам та переміщенню для експлуатування ПК. Монітор встановлюють так, щоб відстань від поверхні екрана до очей користувача була 600-700 мм залежно від розміру екрана. Клавіатуру розміщують на робочому або окремому столі на відстані 100-300 мм від краю з боку користувача. Положення клавіатури та кут її нахилу залежить від побажання користувача (як правило, в межах 5-15°). Не допускати хитання клавіатури.

Конструкція робочого столу має бути такою, щоб оптимально розмістити на робочій поверхні обладнання, що використовують, з урахуванням кількості, розмірів, конструктивних особливостей і характеру його роботи. Крісло має забезпечувати підтримування раціональної робочої пози під час виконання основних виробничих операцій та можливість зміни пози. Тип робочого крісла обирають залежно від характеру та тривалості роботи. Раціональна поза користувача: ступні розташовані на підлозі або на підставці для ніг; стегна зорієнтовані у горизонтальній площині; верхні ділянки рук вертикальні; кут ліктьового суглоба у межах $70-90^\circ$; зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20° ; нахил голови у межах $15-20^\circ$, а часті її повороти виключені. Для забезпечення оптимальної робочої пози користувача необхідно: засоби праці, з якими користувач має тривалий або найбільш частий зоровий контакт, розмістити у центрі зони зорового спостереження та моніторного поля; забезпечити відстань близько 500 мм між найважливішими засобами праці, з якими користувач працює найчастіше. ПК встановлювати на рівній твердій поверхні (столі). Не дозволено встановлювати ПК та оргтехніку на хитких підставках чи на похилій поверхні. ПК не встановлювати впритул до стіни, перегородки тощо. Не допускати загородження вентиляційних отворів ПК сторонніми предметами. Розетка біля ПК має бути в доступному місці, щоб в аварійних випадках можна було своєчасно його відімкнути. Не рекомендовано використовувати подовжувачі. Під час переміщення ПК, периферійних пристроїв витягти вилку живлення з розетки. Не допускати ушкодження чи модифікування шнура живлення. Заборонено ставити важкі речі на шнур живлення, тягнути чи надмірно перегинати його, скручувати та перев'язувати шнур живлення вузлом. ПК під'єднувати до електромережі лише за допомогою справних штепсельних з'єднань та електророзеток заводського виробництва. Штепсельні з'єднання та електророзетки мають бути зі спеціальними контактами для під'єднання нульового захисного провідника. Їхня конструкція має забезпечувати з'єднання нульового захисного провідника раніше, ніж з'єднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднань при вимкненні має бути зворотнім. Заборонено під'єднувати електрообладнання до звичайної двошнурової електромережі.

Вимоги безпеки перед початком роботи .Оглянути робоче місце і навести на ньому лад; впевнитись, що на ньому немає сторонніх предмети, все обладнання і блоки ПК з'єднані з системним блоком з'єднувальними шнурами. Перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. Монітор не має стояти на краю стола. Повернути монітор так, щоб було зручно дивитися на екран — під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз; при цьому екран має бути трохи нахиленим — нижній край ближче до користувача. Перевірити загальний стан апаратури, справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана. Вставити вилку в розетку і впевнитися, що вона міцно тримається. Заборонено вставляти і виймати вилку мокрими руками. Відрегулювати та зафіксувати висоту крісла та зручний для користувача нахил спинки. За потреби приєднати до комп'ютера необхідну апаратуру (принтер, сканер тощо). Усі кабелі, що з'єднують системний блок із іншими пристроями, вмикати та вимикати лише при вимкненому комп'ютері. Відрегулювати яскравість свічення, контрастивість монітора. Про всі виявлені несправності інформувати керівника робіт і не братися до роботи, доки їх не буде усунено.

Вимоги безпеки під час виконання роботи. Під час роботи на ПК: стійко встановити клавіатуру на робочому столі, не допускаючи її хитання, водночас передбачити можливість її поворотів та переміщень; якщо в конструкції клавіатури не передбачено простору для упору долонь, клавіатуру розміщують на відстані не менше 100 мм від краю столу в оптимальній зоні моніторного поля; під час роботи на клавіатурі сидіти рівно, не напружуватися; щоб зменшити несприятливе навантаження на користувача при роботі з комп'ютерною мишею (вимушена поза, необхідність постійно контролювати якість дій), забезпечити велику вільну поверхню столу для переміщення комп'ютерної миші та зручного упору ліктьового суглоба; періодично при вимкненому комп'ютері прибирати пил із поверхонь апаратури спеціальними серветками. При роботі з ПК заборонено: самостійно розбирати та ремонтувати системний блок (корпус ноутбука), монітор, клавіатуру, комп'ютерну мишу тощо; встромляти сторонні предмети до вентиляційних отворів ПК, ноутбука або монітора; ставити на системний блок ПК та периферійні пристрої

металеві предмети, ємкості з водою (вази, горщики для квітів, склянки), оскільки через потрапляння води у середину апарата може виникнути пожежа або ураження електрострумом. Тривалість безперервної роботи за ПК не має перевищувати 2 год. Після цього необхідно зробити 15-хвилинну перерву. Якщо виник зоровий дискомфорт або інші неприємні відчуття, необхідно зробити коротку перерву. Для зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втомі доцільно під час декількох перерв виконувати комплекс вправ.

Вимоги безпеки після закінчення роботи. Зберегти інформацію. Вимкнути ПК, монітор чи ноутбук. Вимкнути стабілізатор, якщо комп'ютер під'єднаний до мережі через нього. Прибрати робоче місце.

Вимоги безпеки в аварійній ситуації . Аварійні та небезпечні ситуації під час виконання роботи на ПК можуть виникнути у разі: короткого замикання, перевантаження блоку живлення системного блоку, перегрівання, пожежі, поломки крісла тощо. У разі виникнення аварії або ситуації, що може привести до аварії, нещасного випадку, негайно від'єднати ПК від електромережі, повідомити інцидент керівникові. Не допускати в небезпечну зону сторонніх осіб. Якщо стався нещасний випадок, зберегти обстановку в робочій зоні та устаткування у такому стані, в якому вони були на момент події (якщо це не загрожує життю і здоров'ю інших працівників і не призведе до більш тяжких наслідків). Поінформувати про подію керівника робіт (іншу відповідальну особу підприємства) та в подальшому керуватися його вказівками. Вжити заходів, щоб запобігти подібним випадкам у подальшому. У разі виникнення пожежі (ознак горіння), повідомити керівнику та, за потреби, викликати оперативно-рятувальну службу за телефоном 101 або 112 (назвати адресу та місце виникнення пожежі, наявність людей, повідомити своє прізвище) та вжити можливих заходів для евакуювання людей, гасіння (локалізації) пожежі наявними засобами пожежогасіння. Пам'ятати, що гасіння електротехнічних пристроїв, які перебувають під напругою, виконувати лише після їх попереднього від'єднання від електромережі. Гасити за допомогою вуглекислотних або порошкових вогнегасників, а в окремих випадках — сухим піском. За потреби

надати потерпілому домедичну допомогу згідно з інструкцією з надання домедичної допомоги, що діє на підприємстві. У разі подальшого погіршення самопочуття потерпілого, не припиняючи надання домедичної допомоги, викликати за телефоном 103 швидку медичну допомогу. Виконувати вказівки керівника робіт для ліквідування небезпеки.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату можуть змінюватися в широких межах, у той час як необхідною умовою життєдіяльності людини є підтримка сталості температури тіла завдяки властивості терморегуляції, тобто здатності організму регулювати віддачу тепла в навколишнє середовище.

Основний принцип нормування мікроклімату – створення нормальних умов для теплообміну тіла людини з навколишнім середовищем. Ці норми встановлюються в залежності від часу року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (значні або незначні тепловиділення).

Розробка установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери. за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [18]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл. 4.1.[20]

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	21 ... 25 ° C
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1 м / с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	22 ... 28 ° C
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	0,1 ... 0,2 м / с

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні використовується централізована система опалення та система

кондиціювання, а також систематичне (раз за зміну) вологе прибирання.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Гігієнічне нормування шкідливих речовин проводять по гранично допустимих концентраціях (ГДК, мг/м^3) у відповідності з нормативними документами:

- для робочих місць визначається гранично допустима концентрація в робочій зоні – $\text{ГДК}_{\text{рз}}$
- в атмосфері повітря населеного пункту – максимально разові ГДК (найбільш висока, зареєстрована за 30 хв спостереження);
- середньодобові ГДК (середня за 24 год при безупинному вимірі);
- орієнтовно-безпечні рівні впливу – ОБРВ

Гігієнічне нормування вимагає, щоб фактична концентрація забруднюючої речовини не перевищувала ГДК ($C_{\text{акт}} < 1$).

В приміщенні, де здійснюється дослідження, можливими шкідливими речовинами у повітрі є фенол, пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м^3		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

Повітря яким дихає працівник складається з позитивно та негативно заряджених часток-іонів. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування та вологого прибирання. У приміщеннях з комп'ютерами має бути забезпечений 3-кратний обмін повітря за годину.

4.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення робочого місця є одним з найважливіших факторів, що впливають на ефективність трудової діяльності людини, що попереджають травматизм і професійні захворювання. Правильно організоване освітлення створює сприятливі умови праці, підвищує працездатність і продуктивність праці. Освітлення на робочому місці розробника повинно бути таким, щоб працівник міг без напруги зорувиконувати свою роботу. Стомлюваність органів зору залежить від ряду причин: недостатність освітленості; надмірна освітленість; неправильний напрямок світла.

Недостатність освітлення призводить до напруги зору, послаблює увагу, приводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування і різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працюючого. Всі ці причини можуть призвести до нещасного випадку або профзахворювань, тому настільки важливий правильний розрахунок освітленості. Розрахунок освітленості робочого місця зводиться до вибору системи освітлення, визначення необхідного числа світильників, їхнього типу і розміщення.

Згідно ДБН В.2.5-28-2018 [21] в приміщенні, де здійснюється робота за допомогою ПК необхідно застосувати систему комбінованого освітлення.

При виконанні робіт категорії високої зорової точності (найменший розмір об'єкту розрізнення 0,3 ... 0,5 мм) величина коефіцієнта природного освітлення (КПО) повинна бути не нижче 1,5%, а при зоровій роботі середньої точності (найменший розмір об'єкту розрізнення 0,5 ... 1,0 мм) КПО повинен бути не нижче 1,0%.

Вимоги до освітленості в приміщеннях, де встановлені комп'ютери, наступні: при виконанні зорових робіт високої точності загальна освітленість повинна складати 300лк, а комбінована - 750лк; аналогічні вимоги при виконанні робіт середньої точності - 200 і 300лк відповідно.

При проектуванні штучного освітлення виробничого приміщення необхідно вибирати тип джерела світла, систему освітлення, вид світильника, передбачати найбільш доцільні висоти влаштування світильників та розміщення їх в приміщенні; визначати число світильників і потужність ламп, необхідних для створення нормованої освітленості на робочому місці і здійснити перевірку наміченого варіанту освітлення на відповідність його нормативним вимогам.

4.2.4 Виробничий шум

Шум – сукупність звуків різної інтенсивності та частоти, які хаотично змінюються в часі, заважають сприйняттю і переробці інформації і призводять до порушень здоров'я людини.

Встановлено, що шум погіршує умови праці, здійснюючи шкідливий вплив на організм людини. При тривалому впливі шуму на людину відбуваються небажані явища: знижується гострота зору, слуху, підвищується кров'яний тиск, знижується увага. Сильний тривалий шум може стати причиною функціональних змін серцево-судинної та нервової систем.

Під час розробки установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери джерелами шуму є працюючі ПК та периферійна техніка.

У табл. 4.4 вказані граничні рівні звуку залежно від категорії тяжкості і напруженості праці, що є безпечними відносно збереження здоров'я і працездатності згідно ДСН 3.3.6.037-99 [22].

Таблиця 4.4 – Граничні рівні звуку, дБ, на робочих місцях.

Категорія напруженості праці	Категорія важкості праці			
	I. Легка	II. Середня	III. Важка	IV. Дуже важка
I. Мало напружений	80	80	75	75
II. Помірно напружений	70	70	65	65
III. Напружений	60	60	-	-
IV. Дуже напружений	50	50	-	-

Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень, де встановлені комп'ютери, можуть бути облицьовані звукопоглинальними матеріалами.

4.2.5 Виробничі випромінювання

Електромагнітні поля навколо комп'ютера негативно впливають на людину. Електромагнітні випромінювання комп'ютера, які виходять за граничні норми, мають складну форму розподілу і в ряді випадків можуть призвести до небезпеки опромінення сусідів по робочому приміщенні аніж користувача цього ПК [23].

Окрім цього, якщо в приміщенні експлуатується не один, а більше комп'ютерів, то потрібно враховувати, що на користувача одного комп'ютера можуть діяти випромінювання від інших комп'ютерів (бічних і задньої стінки комп'ютера).

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору під час виконання роботи комп'ютера представлені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

З метою зменшення впливу на працівника електромагнітного випромінювання слід оптимально розміщувати технологічне устаткування, дотримуватися гігієнічно-обґрунтованих режимів праці та відпочинку та по можливості зменшувати час перебування у зоні опромінення.

4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

4.3.1 Дія ударної хвилі на обладнання

Критерієм стійкості роботи об'єкта в умовах дії ударної хвилі є максимальне значення надлишкового тиску, при якому будинки, споруди, обладнання, техніка ще зберігаються або отримують такі слабкі і середні руйнування, які можуть бути усунені силами і засобами об'єкта в мінімальний термін [24].

Ця величина надлишкового тиску називається межею стійкості до ударної хвилі ($\Delta P_{\text{фmax}}$, кПа).

Ударна хвиля може викликати руйнування несучих конструкцій будівель, спричинити перекидання обладнання, що може спричинити травмування та загибель працівників.

4.3.2 Оцінка стійкості роботи виробничого обладнання в умовах дії ударної хвилі

Вихідні дані: $\Delta P_{\text{фmax}} = 41 \text{ кг/см}^2$; $G = 250 \text{ кг}$; $S = 20000 \text{ см}^2$; $a = 80 \text{ см}$; $h = 170 \text{ см}$.

При дії ударної хвилі можливий зсув або перекидання обладнання, верстатів, тощо.

Зміщення, звалювання обладнання виникають від натиску повітря, яке рухається за фронтом ударної хвилі, за рахунок дії на обладнання аеродинамічних сил зміщення, що визначаються за формулою

$$P_{\text{зм}} = C_x S \frac{\rho V^2}{2} \text{ [кгс]}, \quad (4.1)$$

де C_x – коефіцієнт аеродинамічного опору (визначається за таблицями);

S – площа предмета, на який діє $P_{зм}$, см^2 ;

V – швидкість повітря за фронтом ударної хвилі, м/с ;

ρ – густина повітря, кг/см^3 .

Зміщення предметів відбудеться, якщо горизонтальна сила кріплення або тертя буде менше $P_{зм}$, тобто

$$F_{TP} < P_{зм} = fG = \frac{\rho V^2}{2} [кгс], \quad (4.2)$$

де f – коефіцієнт тертя (метал по цементу $f = 0,35$);

G – маса предмета, кг ;

$\Delta P_{шн} = \frac{\rho V^2}{2}$ – швидкісний тиск, кг/см^2 .

Знайдемо $\Delta P_{шн}$, при якому верстат зміститься з місця

$$\Delta P_{шн} = \frac{F_{пп}}{C_x S} = \frac{fG}{C_x S} [кг/см^2]; \quad (4.3)$$

$$\Delta P_{шн} = \frac{0,35 \cdot 250}{0,85 \cdot 20000} = 0,0051 \text{ (кг/см}^2\text{)}.$$

Оскільки $(\Delta P_{шн} = 0,0051 \text{ кг/см}^2) < (\Delta P_{\phi max} = 41 \text{ кг/см}^2)$, то об'єкти виробничого обладнання нестійкі до зміщення з місця при дії ударної хвилі. Тому, визначимо необхідну силу закріплення для запобігання зміщення об'єктів з місця при дії ударної хвилі

$$Q_{зм} \geq \frac{\Delta P_{\phi max} C_x S}{f} - G [кгс]; \quad (4.4)$$

$$Q_{зм} = 41 \cdot 0,85 \cdot 20000 / 0,35 - 250 = 1991179 \text{ (кгс)}.$$

При дії ударної хвилі на об'єкт буде діяти сила $P_{зМ}$ на плече h – відстань від підлоги до центра ваги верстата. Моменту цієї сили протидіє момент ваги. Умовою повалення об'єкта є збільшення моменту сили над моментом сили ваги. Умова перекидання буде:

$$P_{зМ} > \frac{a}{h} G \text{ [кгс]}, \quad (4.5)$$

де a – плече сили ваги, м;

h – плече аеродинамічної сили зміщення, м.

Для знаходження ΔP_{ϕ} , при якому виникне перекидання, необхідно знайти силу $\Delta P_{ШН}$ при перевертанні із виразу

$$P_{зМ} = C_x S \Delta P_{ШН} \text{ [кгс]}. \quad (4.6)$$

Об'єднавши два останніх вирази отримаємо

$$\Delta P_{ШН} \geq \frac{aG}{hC_x S} \text{ [кг/см}^2\text{]}; \quad (4.7)$$

$$\Delta P_{ШН} = \frac{80 \cdot 250}{170 \cdot 0,85 \cdot 20000} = 0,01 \text{ (кг/см}^2\text{)}.$$

Оскільки $(\Delta P_{ШН} = 0,01 \text{ кг/см}^2) < (\Delta P_{\phi\max} = 41 \text{ кг/см}^2)$, то об'єкти виробничого обладнання нестійкі до перекидання при дії ударної хвилі. Тому, визначимо необхідну силу закріплення для запобігання перекидання об'єктів при дії ударної хвилі

$$Q_{ПР} \geq \frac{\Delta P_{\phi\max} C_x h}{a} - G \text{ [кгс]}; \quad (4.8)$$

$$Q_{ПР} = 41 \cdot 0,85 \cdot 20000 \cdot 170 / 80 - 250 = 1480875 \text{ (кгс)}.$$

Остаточно вибираємо силу закріплення

$$Q = \max\{Q_{ЗМ}, Q_{ПР}\} [\text{кгс}]; \quad (4.9)$$

$$Q = \max\{1991179, 1480875\} = 1991179 \text{ (кгс)}.$$

4.4 Висновки до розділу 4

В розділі проведено аналіз технічних рішень щодо безпечної експлуатації об'єкта. Визначено показники мікроклімату на робочому місці. Досліджено стійкість роботи в умовах впливу загрозливих факторів НС. З дослідження дії ударної хвилі на стійкість роботи виробничого приміщення можна зробити висновок, що виробниче обладнання нестійке до перекидання при дії ударної хвилі. Тому розраховано силу закріплення виробничого обладнання.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Для наукових і пошукових науково-дослідних робіт зазвичай здійснюють оцінювання наукового ефекту.

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведено в табл. 5.1 та 5.2 [25].

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення показника ступеня новизни, бали
1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в цій галузі науки і техніки. Отримано принципово нові факти, закономірності; розроблено нову теорію. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	60...100
Нова	Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (повному або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	40...60

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок	10...40
Відносно нова	(або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі, відомі положення поширено на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблено більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведено часткову раціональну модифікацію (з ознаками новизни)	10...40
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджено або поставлено під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг порівняно з існуючим	2...10
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі та не був відомий авторам	1...2

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за формулою:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (5.1)$$

де $k_{\text{нов}}, k_{\text{теор}}$ – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали
Відкриття закону, розробка теорії	80...100
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	60...80
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	20...60
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	6...20
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	1...5

В роботі проведено розробку конструкції експериментального стенду для дослідження довговічності з урахуванням результатів імітаційного моделювання, тому $k_{нов} = 40$. Розроблено алгоритм роботи з урахуванням використання стенду для випробування уніфікованого обладнання, тому $k_{теор} = 35$. Тоді показник, який характеризує науковий ефект дорівнює:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 40 + 0,4 \cdot 35 = 38.$$

5.2 Оцінювання комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями [25], наведеними в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни Аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5	6
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Козлов Л. Г.	Савуляк В. В.	Петров О. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	2	2
2	4	3	3
3	3	3	4
4	3	4	3
5	5	4	4
6	1	2	2
7	3	4	3
8	5	4	5
9	4	4	4
10	4	4	4
11	5	5	5
12	4	5	4
Сума балів	СБ ₁ =44	СБ ₂ =44	СБ ₃ =43

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$

$$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{44 + 44 + 43}{3} = 43,67.$$

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

5.3 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Ринками збуту продукції можуть бути промислові регіони України. На території України знаходиться 5 підприємств, які можуть використовувати для проведення досліджень свого обладнання на довговічність роботи.

З метою прогнозування попиту визначимо ємність ринку обладнання. Для цього опрацювавши статистичні дані, приймемо:

- Середня кількість споживачів, які використовують обладнання аналогічне розроблюваному 80 шт. (в середньому в країні 5 великих підприємств, які потребують по 10 дослідних установок та більше 30 малих підприємств, яким необхідно по 1 установці);

- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту $\Pi_{\text{п}}=80\%$;

- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно $C_{\Pi}=70\%$.

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$\begin{aligned} \Pi_i &= (\Pi \cdot \Pi_{\Pi}) / 100 \text{ [шт]} & (5.1) \\ \Pi_i &= 80 \cdot 80 / 100 = 64 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{ОП} &= \Pi_i / T \text{ [шт]} & (5.2) \\ \text{ОП} &= 64 / 4 = 16 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{ПП} &= \text{ОП} \cdot C_{\Pi} \text{ [шт]} & (5.3) \\ \text{ПП} &= 16 \cdot 0,7 = 11 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$\begin{aligned} \text{РП} &= (\text{ОП} + \text{ПП}) / 2 \text{ [шт]} & (5.4) \\ \text{РП} &= (16 + 11) / 2 = 14 \text{ (шт.)} \end{aligned}$$

Найбільший попит на пристосування слід очікувати тоді, коли більшість підприємств вийде із фінансової кризи, зросте їх купівельна спроможність і відповідно можливість до розвитку.

5.4 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

Канали збуту - шлях товару від безпосереднього виробника до споживача, включаючи оптових та роздрібних торговців. Цей шлях забезпечують відповідні організації, люди.

Зважаючи на те, що установки по дослідженню довговічності роботи механічних частин обладнання поставляються на заводи-виробники та малі підприємства основними каналами розповсюдження будуть:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію установок по дослідженню довговічності роботи механічних частин обладнання підприємства виробникам обладнання.

5.5 Обрання методу ціноутворення

При обранні методу ціноутворення на установку для досліджень необхідно враховувати ціну основного конкурента на аналогічну за характеристиками дослідну установку.

Закордонні аналоги можуть скласти конкуренцію лише за рахунок підвищених експлуатаційних характеристик. Але собівартість таких установок набагато вища.

Серед ринкових методів ціноутворення з орієнтацією на конкурентів обираємо метод рівноважної ціни, сутність якого полягає у встановленні цін з врахуванням витрат, попиту і конкуренції.

Зважаючи на кращі параметри розроблюваної установки ніж у аналога, пропонується продавати дану установку за ціною аналогічною до конкурента, що забезпечить конкурентоспроможність даного пристосування на ринку в нашій країні та подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

5.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Оцінка рівня інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного

аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному відношенні варіанта інженерного рішення. Визначимо абсолютний та відносний рівні якості розроблюваної установки.

Таблиця 5.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Максимальна висота досліджуваного обладнання		8		30%
Швидкодія		8		30%
Зусилля відкриття	9			40%

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (5.5)$$

де P_{Hi} - числове значення і-го параметру інноваційного рішення;

n - кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i - коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 8 \cdot 0,3 + 8 \cdot 0,3 + 9 \cdot 0,4 = 8,4.$$

Далі визначаємо рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів конкурентів.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 5.6, для цього скористаємося формулами:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}},$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}},$$

де P_{Hi} , P_{Bi} - числові значення i -го параметра відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 5.6 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	базовий	новий		
Максимальна висота досліджуваного обладнання	1,9 м.	2,2 м.	0,863	30%
Швидкодія	1,5 с.	1 с.	1,5	30%
Зусилля відкриття	120 Н	150 Н	0,8	40%

$$q_1 = 1,9/2,2 = 0,863;$$

$$q_2 = 1,5/1 = 1,5;$$

$$q_3 = 120/150 = 0,8.$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{ЯВ} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.6)$$

$$K_{ЯВ} = 0,863 \cdot 0,3 + 1,5 \cdot 0,3 + 0,8 \cdot 0,4 = 1,07.$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 7%.

5.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення з урахуванням вищевказаних груп показників можна визначити за формулою:

$$K = I_{\text{ТП}} / I_{\text{ЕП}}, \quad (5.7)$$

де $I_{\text{ТП}}$ - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);
 $I_{\text{ЕП}}$ - індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{\text{ЕП}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{неі}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{бєі}}}, \quad (5.8)$$

де $P_{\text{бєі}}$, $P_{\text{неі}}$ - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{\text{ЕП}} = 48000 / 60000 = 0,8;$$

$$K = 1,07 / 0,8 = 1,33.$$

Оскільки показник конкурентоспроможності більший 1, то наш інноваційний продукт є більш конкурентоспроможним, ніж товар конкурент.

5.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників [26]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (5.9)$$

де: M – місячний посадовий оклад кожного розробника (дослідника), грн.

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$,

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{21000}{22} \cdot 12 = 11454,54 \text{ (грн.).}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Результати розрахунків основної заробітної плати

№ п/п	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату
1.	Керівник проекту	21000	954,54	12	11454,54
2.	Інженер-конструктор	14000	636,36	8	5090,91
3.	Інженер-схемотехнік	12000	545,45	6	3272,73
4.	Інженер-механік	12000	545,45	8	4363,64
Всього					24181,82

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (5.10)$$

де: t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

K_c – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками. $K_c=1 \div 5$. Приймаємо $K_c=1,5$;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{год}} \right], \quad (5.11)$$

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. З 1 січня 2023 року – $M_m = 6700$ грн. [19];

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Таблиця 5.8 – Витрати на основну заробітну плату

Обладнання	Трудомісткість годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка	Величина оплати, грн
Зварювальний апарат Black 40-250А	2	4	78,23	156,46
Фрезерний верстат 6Р13РФ3	0,16	4	78,23	12,5
Вертикальний оброблювальний центр U5-620 з ЧПК	0,23	4	78,23	18,01
Всього				186,97

Враховуючи, що мають працювати робітники четвертого та п'ятого розрядів, то погодинна тарифна ставка складатиме:

$$C_4 = 6700 \cdot 1,37 \cdot 1,5 / 22 \cdot 8 = 78,23 \text{ (грн./год.)};$$

Додаткова заробітна плата розраховується, як 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$З_д = (24181,82 + 186,97) \cdot 12\% = 2924,26 \text{ (грн.)}.$$

Нарахування на заробітну плату склали 22% від суми основної та допоміжної заробітної плати:

$$(24181,82 + 186,97 + 2924,26) \cdot 0,22 = 6004,47 \text{ (грн.)}.$$

Амортизація обладнання, яке використовується під час виготовлення установки по дослідженню довговічності роботи механічних частин холодильного обладнання.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{H.B.}} \frac{T_{Ф.В.}}{12},$$

де Ц – загальна балансова вартість обладнання, 200 000 грн;

$T_{фн}$ – строк фактичного використання обладнання, 1170 год = 146,25 днів = 7 місяця;

$T_{нв}$ – нормативний термін використання обладнання, 12 років.

Відповідно:

$$A_{\Sigma} = \frac{200000}{12} \cdot \frac{7}{12} = 9722,22 \text{ (грн.)},$$

$$A = \frac{9722,22}{14} = 694,44 \text{ (грн./шт.)}$$

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \text{ [грн.]}, \quad (5.12)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 1,846 кг,

C_i – вартість матеріалу i -го найменування, 34 грн./кг.,

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$.

B_i – маса відходів i -го найменування, 0,327 кг,

C_b – ціна відходів i -го найменування, 6 грн./кг.

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 5.9 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг./1 м.п., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 35	34	1,846	0,327	6	67,08
Труба профільна квадратна 40x40	157	32	1,73	6	5516,02
					5583,1

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує заготовки з матеріалу Сталь 35 та трубу профільну квадратну 40x40 і відповідно отримаємо:

$$M = 1,846 \cdot 34 \cdot 1,1 + 157 \cdot 32 \cdot 1,1 - 0,327 \cdot 6 - 1,73 \cdot 6 = 5583,1 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{вн}} / \eta_i \text{ [грн.]}, \quad (5.13)$$

де: C – вартість 1 кВт-години електроенергії. На 27 листопада 2023 року для промисловості (2 категорія споживачів) ціна електроенергії становить $C_{\text{опт}} = 4,107$ грн./кВт згідно тарифів оператора ринку, $C_{\text{розп}} = 1,769$ грн./кВт за розподіл електричної енергії згідно тарифів ТОВ "Енера Вінниця", $C_{\text{пост}} = 0,131$ грн./кВт - тариф на послуги постачальника універсальних послуг та $C_{\text{перед}} = 0,485$ грн./кВт - тариф на послуги з передачі електричної енергії НЕК "УКРЕНЕРГО".

W – установлена потужність обладнання;

t – фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій, в результаті чого виготовляється один виріб;

K – коефіцієнт використання потужності. $K_{\text{п}} < 1$, приймаємо 0,9.

$$C = C_{\text{опт}} + C_{\text{розп}} + C_{\text{пост}} + C_{\text{перед}} = 4,107 + 1,769 + 0,131 + 0,485 = 6,492 \text{ грн./кВт.}$$

Тоді:

$$C_{e1} = 6,492 \cdot 2,6 \cdot 2 \cdot 0,9 = 30,38 \text{ (грн.)},$$

$$C_{e2} = 6,492 \cdot 5,5 \cdot 0,16 \cdot 0,9 = 5,71 \text{ (грн.)},$$

$$C_{e3} = 6,492 \cdot 4,5 \cdot 0,23 \cdot 0,9 = 6,05 \text{ (грн.)},$$

Звідси:

$$C_e = C_{e1} + C_{e2} + C_{e3} = 30,38 + 5,71 + 6,05 = 42,14 \text{ (грн.)}$$

Інші витрати можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати робітників, які виконували дану роботу:

$$I_B = (1 \dots 3) (3_o + 3_p), \quad (5.14)$$

$$I_B = 1,5 \cdot (24181,82 + 186,97) = 36553,18 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B = 24181,82 + 186,97 + 2924,26 + 6004,47 + 694,44 + 5583,1 + \\ + 42,14 + 36553,18 = 76170,38 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями.

Загальна вартість даної роботи визначається за $B_{\text{заг}}$ формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\alpha}, \quad (5.15)$$

де B – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку $\alpha = 0,95$.

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 76170,38 / 0,95 = 80179,35 \text{ (грн.)}$$

Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = B_{\text{заг}} / \beta, \quad (5.16)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,8-0,9$.

Для нашого випадку $\beta \approx 0,9$.

Тоді:

$$ЗВ = 80179,35 / 0,9 = 89088,16 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку способу суміщеної обробки та впровадження результатів даної роботи становлять приблизно 103,34 тис. грн.

5.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект від впровадження стенду для проведення дослідів по довговічності пояснюється можливістю забезпечення безвідмовної роботи всіх механічних вузлів холодильного обладнання. Це дозволяє реалізовувати нашу розробку на ринку дорожче, ніж аналогічні або подібні за функціями розробки.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів стенду для проведення досліджень на довговічність та безвідмовність складає щороку приблизно 15 шт. Середня ціна подібних розробок 60000 грн. Оскільки собівартість виготовлення стенду для проведення досліджень за рахунок модернізації скоротилась в нас є можливість реалізовувати наш стенд для проведення досліджень приблизно на 20% дешевше, тобто в середньому за 48000 грн. або на 12000 грн. дешевше. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що нагнітачі даного типорозміру буде користуватися попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження модернізації дільниці механічної обробки. Після цього високою є ймовірність, що конкуренти також проведуть модернізацію свого обладнання, що дозволить їм скоротити собівартість виготовлення нагнітачів повітря.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 вересня 2024 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2025-го, 2026-го, 2027-го та 2028-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік впровадження (2025 р.) – приблизно 15 шт.;

2-й рік впровадження (2026 р.) – приблизно 18 шт.;

3-й рік впровадження (2027 р.) – приблизно 20 шт.;

4-й рік впровадження (2028 р.) – приблизно 15 шт.

У 2029 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку $\Delta\Pi_i$, що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - g/100), \quad (5.17)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $\Delta C_0 = 12000$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки; було встановлено, що $N = 15$ шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $C_0 = 60000$ грн;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт $\lambda \approx 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$; візьмемо $\rho = 0,25$;

g – ставка податку на прибуток. У 2023 році $g = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора $\Delta\Pi_1$ протягом

першого року від реалізації нашої розробки (2025 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = (15 \cdot 12000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 30748,77 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (18 \cdot 12000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 36898,52 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (20 \cdot 12000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 40998,36 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (15 \cdot 12000) \cdot 0.8333 \cdot 0.25 \cdot (1 - 18/100) = 30748,77 \text{ (грн.)}$$

5.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування нашої розробки потенційним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених в розробку інвестицій та термін їх окупності.

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (5.18)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$\text{ПП} = \sum_1^t \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.19)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн.;

t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні. Для України приймемо, що $\tau = 0,10$ (або 10%);

t – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”. Якщо $E_{abc} = 0$, то результат від впровадження нашої розробки буде збитковим і вкладати кошти в розробку ніхто не буде. Якщо $E_{abc} > 0$, то результат від впровадження нашої розробки принесе прибуток і вкладати кошти в дану розробку в принципі можна.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{30748,77}{(1+0.1)^1} + \frac{36898,52}{(1+0.1)^2} + \frac{40998,36}{(1+0.1)^3} + \frac{30748,77}{(1+0.1)^4} = 110252,57 \text{ (грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$E_{abc} = 110252,57 - 89088,16 = 21164,41 \text{ (грн.)}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_B вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1, \quad (5.20)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, $E_{abc} = 110252,57$ грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 89088,16$ грн.;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[5]{1 + 110252,57 / 89088,16} - 1 = 0,185 = 18,5\%$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку кошти в розробку нашого проекту вкладатися не будуть.

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ мін визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.21)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках в 2023 році в Україні $d = (0,06...0,14)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,15)$, але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{\text{мін}} = 0,1 + 0,05 = 0,15 \text{ або } \tau_{\text{мін}} = 15\%.$$

Оскільки величина $E_B = 18,5\% > \tau_{\text{мін}} = 15\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{\text{ок}} = 1/E_B,$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,185 = 5,4.$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку.

5.11 Висновки до розділу 5

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на розробку та виготовлення стенду по дослідженню довговічності роботи механічних частин морозильної камери, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Комерційний потенціал дослідження за результатами опитування експертів було визначено як вище середнього. Розраховані показники абсолютної та відносної ефективності свідчать, що даний інвестиційний проект може зацікавити інвестора, оскільки рівень доходності даного проекту перевищує депозитні доходи і є менш ризикованим. Термін окупності розробленого проекту складає 5,4 років.

ВИСНОВКИ

В запропонованій роботі були проведено розробку установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери. розглянуто основні показники, які характеризують надійність. Проаналізовано причину зносу елементів конструкції холодильних машин. Для гарантії безвідмовної роботи механічних частин морозильних камер на весь період гарантійного обслуговування необхідно проводити дослідження на довговічність роботи обладнання.

Для морозильної камери Large виробництва ТОВ «Грін Кул» спроектовано установку для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери. У якості основи каркасу використано профільну сталеву трубу розмірами 40×40 мм та товщиною стінки 3 мм. Проведено силовий розрахунок важільної системи та визначено параметри пневмоциліндра. Розроблено схему пневматичної системи керування випробувального стенду. У якості основного постачальника пневматичного обладнання обрано компанію Samozzi. Для найбільш навантаженого вузла проведено статичний аналіз.

В технологічній частині проведено розрахунок розмірів заготовки деталі "Корпус". Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі "Корпус". Для розміру $\varnothing 8 \times 8$ визначено припуски і технологічні розміри на механічну обробку. Для цієї ж поверхні розраховані режими різання. Для всіх операцій механічної обробки розраховано технічні норми часу.

У розділі охорони проведено аналіз технічних рішень щодо безпечної експлуатації об'єкта. Визначено показники мікроклімату на робочому місці. Досліджено стійкість роботи в умовах впливу загрозливих факторів НС.

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на розробку та виготовлення стенду по дослідженню довговічності роботи механічних частин морозильної камери, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення. Період окупності склав 5,4 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Канарчук В.С. Надійність машин: Підручник / В.С. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв. – Либідь, 2003 – 424 с.
2. Барнік М.А. Технологічні методи забезпечення надійності деталей машин / М.А. Барнік, І.С. Афтаназів, Ш.О. Сівак // К.:КИП, 2004 – 148 с.
3. Хорольський В.П. Теоретичні основи оцінки надійності обладнання холодильних машин на основі нейронечіткого методу ідентифікації їх стану / В.П. Хорольський, Ю.М. Коренець, Ю.М. Петрушина // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки» Вип. 2 (307). С. 103–109.
4. Холодильні установки: підручник - 6-е вид., перероблене і доповнене / І.Г. Чумак, В.П. Чепуренко, С.Ю. Лар'яновський та ін.; за ред. І.Г. Чумака. – Одеса: Пальмира, 2006. - 552 с.
5. Сухенко Ю.Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв / Ю.Г. Сухенко, О.А. Литвиненко, В.Ю. Сухенко // К.: НУХТ, 2010. – 547 с.
6. Мелейчук С.С., Монтаж, експлуатація обслуговування холодильних установок і теплонасосних установок: навчальний посібник / С.С. Мелейчук, В.М. Арсен'єв. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 183 с.
7. Калінніков О. В. Фактори, що впливають на довговічність роботи морозильного обладнання / О. В. Калінніков, С. І. Сухоруков // Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)”, Вінниця.
8. Мельничук П.П. Технологія машинобудування / П.П. Мельничук, А.І. Боровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Петраков // – Житомир: ЖДТУ, 2005 – 882 с.
9. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
10. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 116 с.

11. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 106 с.
12. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
13. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні / Руденко П. О. –К. : Вища школа, 1993. – 414 с.
14. Мазур, М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів]/ М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов; під заг.ред. М.П. Мазура - Львів: Новий світ - 2000, 2010. - 422 с.
15. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С. Г. Бондаренко – Львів : Магнолія, 2018. – 500 с.
16. Дубровська Г. М. Системи сучасних технологій : навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів / Г. М. Дубровська, А. П. Ткаченко. - 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Центр навчальної літератури, 2004. - 352 с.
17. Постанова КМУ №337 від 17 квітня 2019 року Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві.
18. Кобилянський О.В. Основи охорони праці (в двох частинах). Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, Ч. 2. – 2007. – 171 с.
19. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
22. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
23. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників

під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу:
http://sop.zp.ua/norm_praor_0_00-7_15-18_01_ua.php

24. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 45 с.

25. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

26. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт].
Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка установки для аналізу довговічності роботи дверей морозильної камери

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 85,9 Схожість 14,1

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Сердюк О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

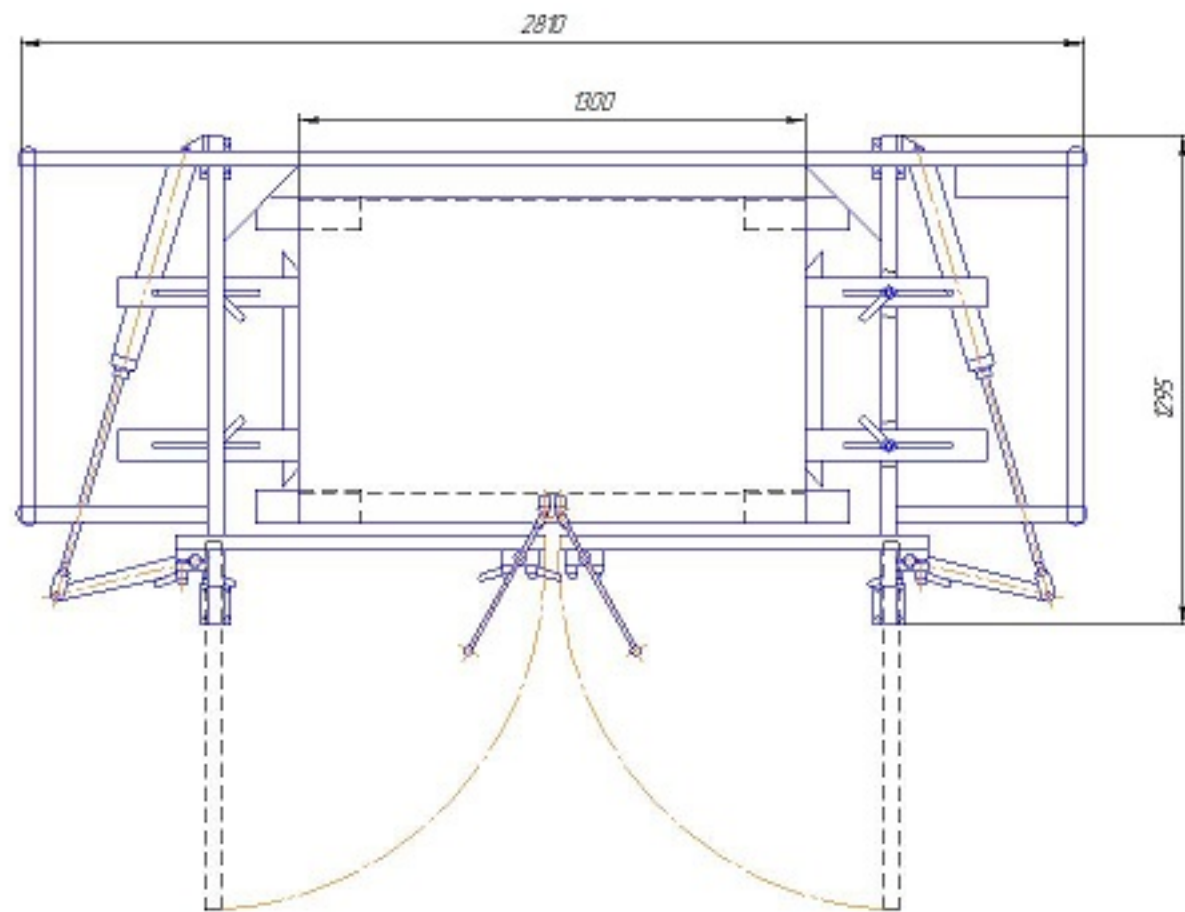
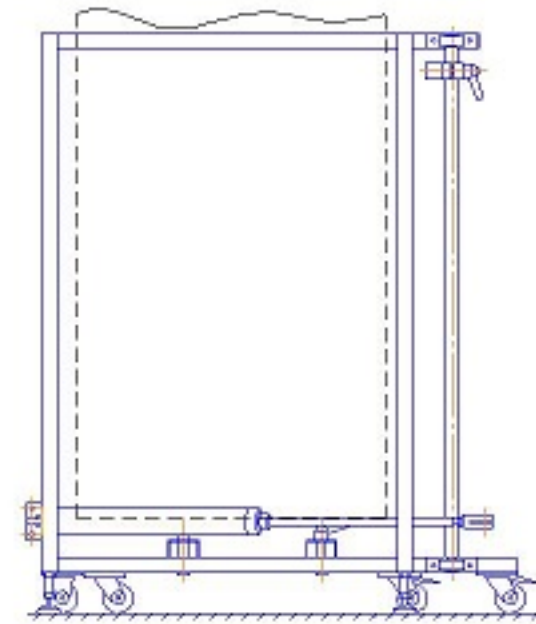
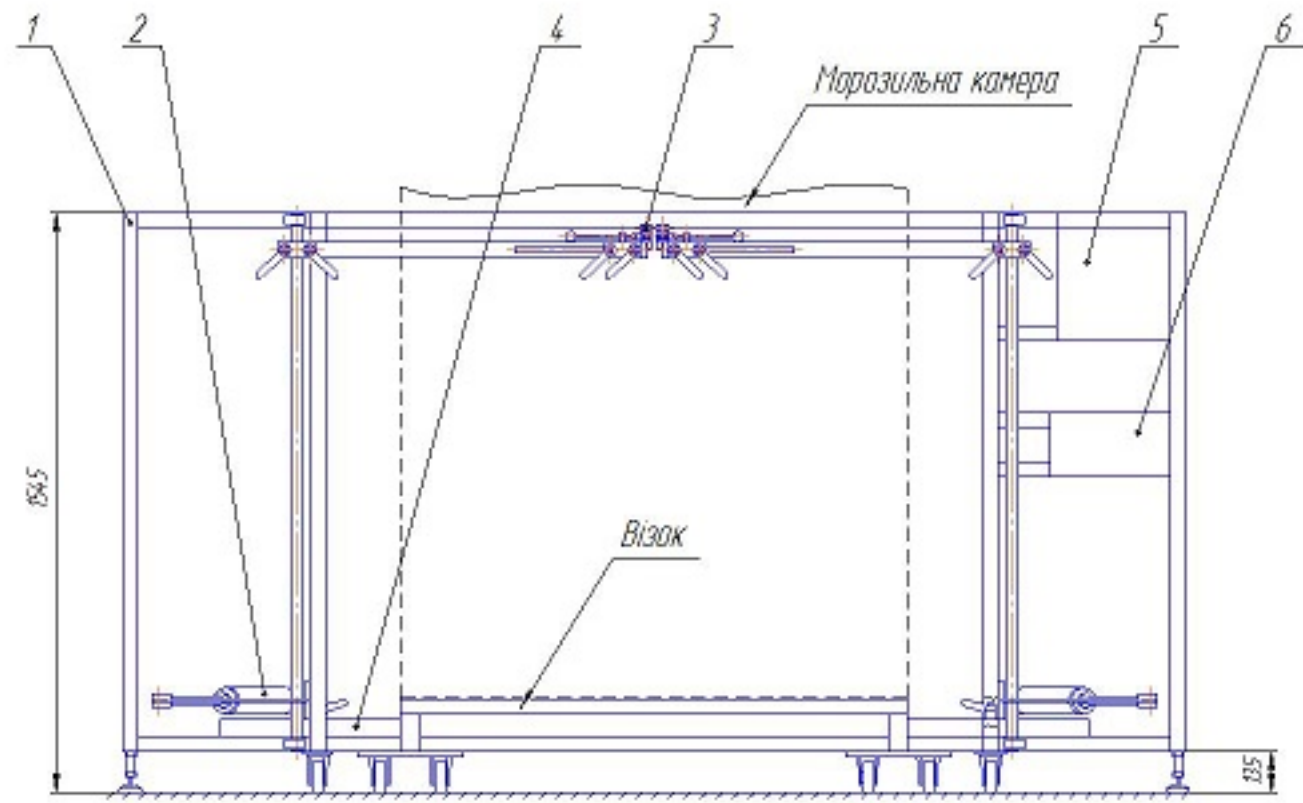
Автор роботи _____ Калінніков О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Сухоруков С.І.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОТИ
ДВЕРЕЙ МОРОЗИЛЬНОЇ КАМЕРИ**



					08-64.MKP.009.01.000 СК		
№	Дет.	№ детал.	Конт.	Конт.	Конт.	Конт.	Конт.
1	Двері	08-64.MKP.009.01.000 СК					1:10
2	Візок	08-64.MKP.009.01.000 СК					
3	Морозильна камера	08-64.MKP.009.01.000 СК					
4	Візок	08-64.MKP.009.01.000 СК					
5	Морозильна камера	08-64.MKP.009.01.000 СК					
6	Візок	08-64.MKP.009.01.000 СК					
					1111-22М		
					Стр. 41		

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
			08-64.МКР.009.01000 СК	Складальне креслення	1	
<u>Складальні одиниці</u>						
		1	08-64.МКР.009.01100	Рама	1	
		2	08-64.МКР.009.01200	Силовий блок	1	
		3	08-64.МКР.009.01300	Блок кріплення ручки	1	
		4	08-64.МКР.009.01400	Пристрій фіксації візка	2	
		5	08-64.МКР.009.01500	Блок керування	1	
		6	08-64.МКР.009.01600	Блок пневматики	1	

Підп. і дата		Взам. инв. №		Инд. № дубл.		Підп. і дата	

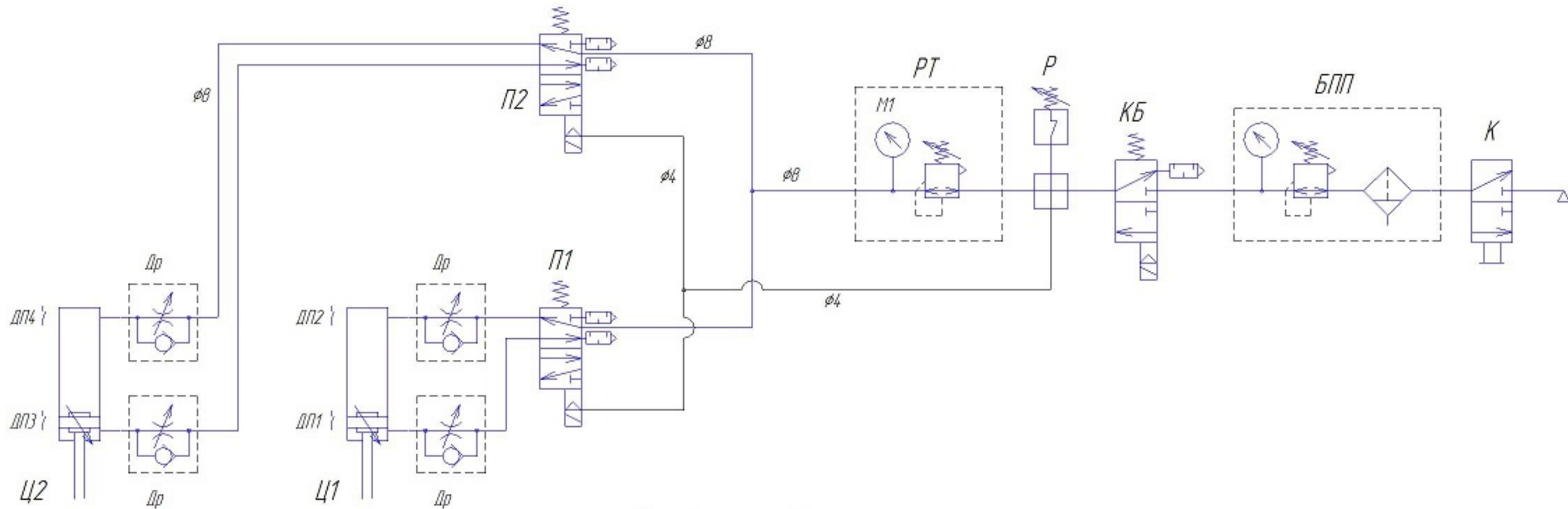
08-64.МКР.009.01.000 СК			
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Калінков О.В.		
Проб.	Сухаруків С.І.		
Н.контр.	Сердюк О.В.		
Утв.	Козлов Л.Г.		

Установка для аналізу
довговічності роботи
дверей морозильної камери
(Складальне креслення)

Лит.	Лист	Листов
		1

1ПМ-22М

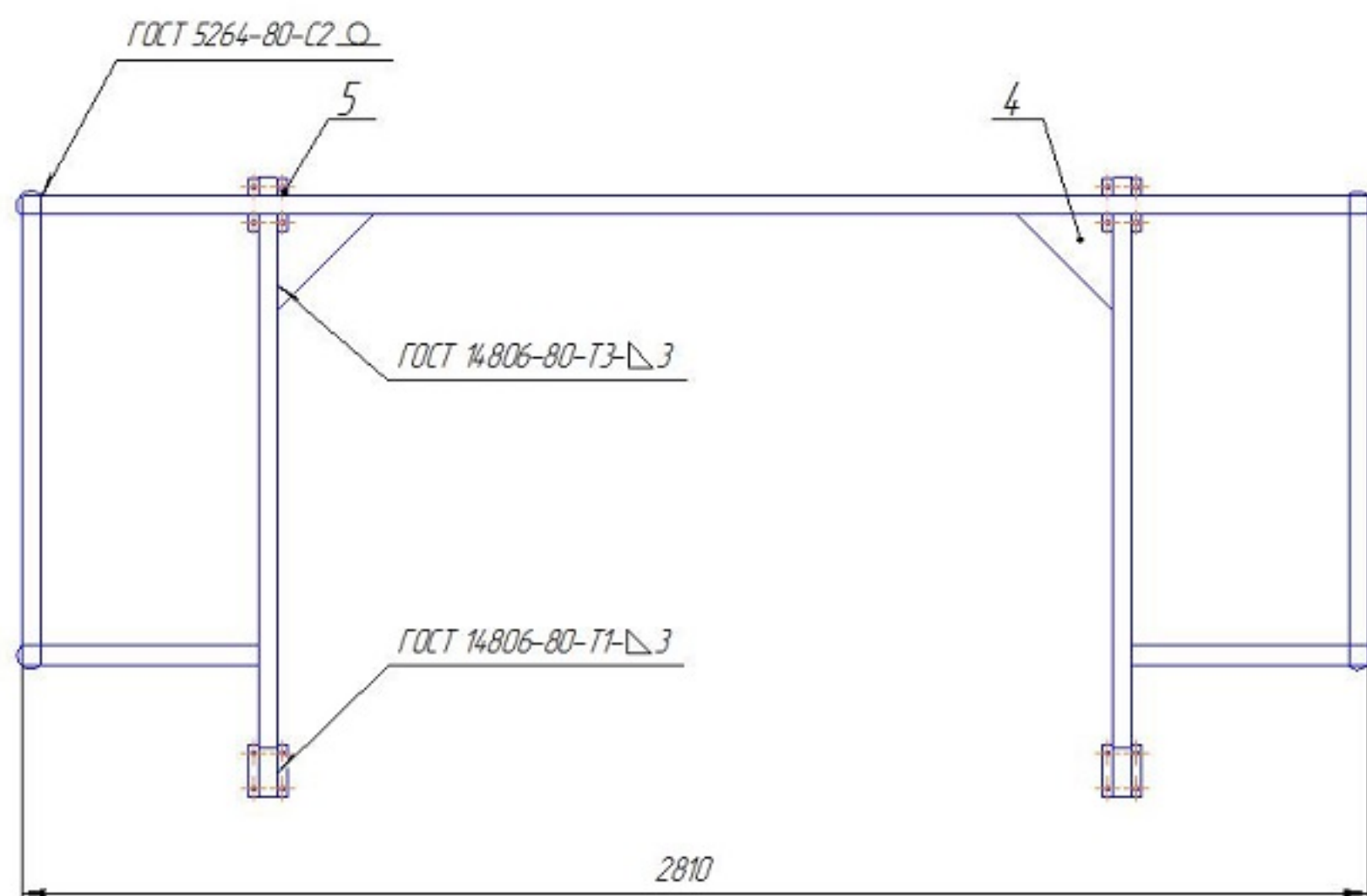
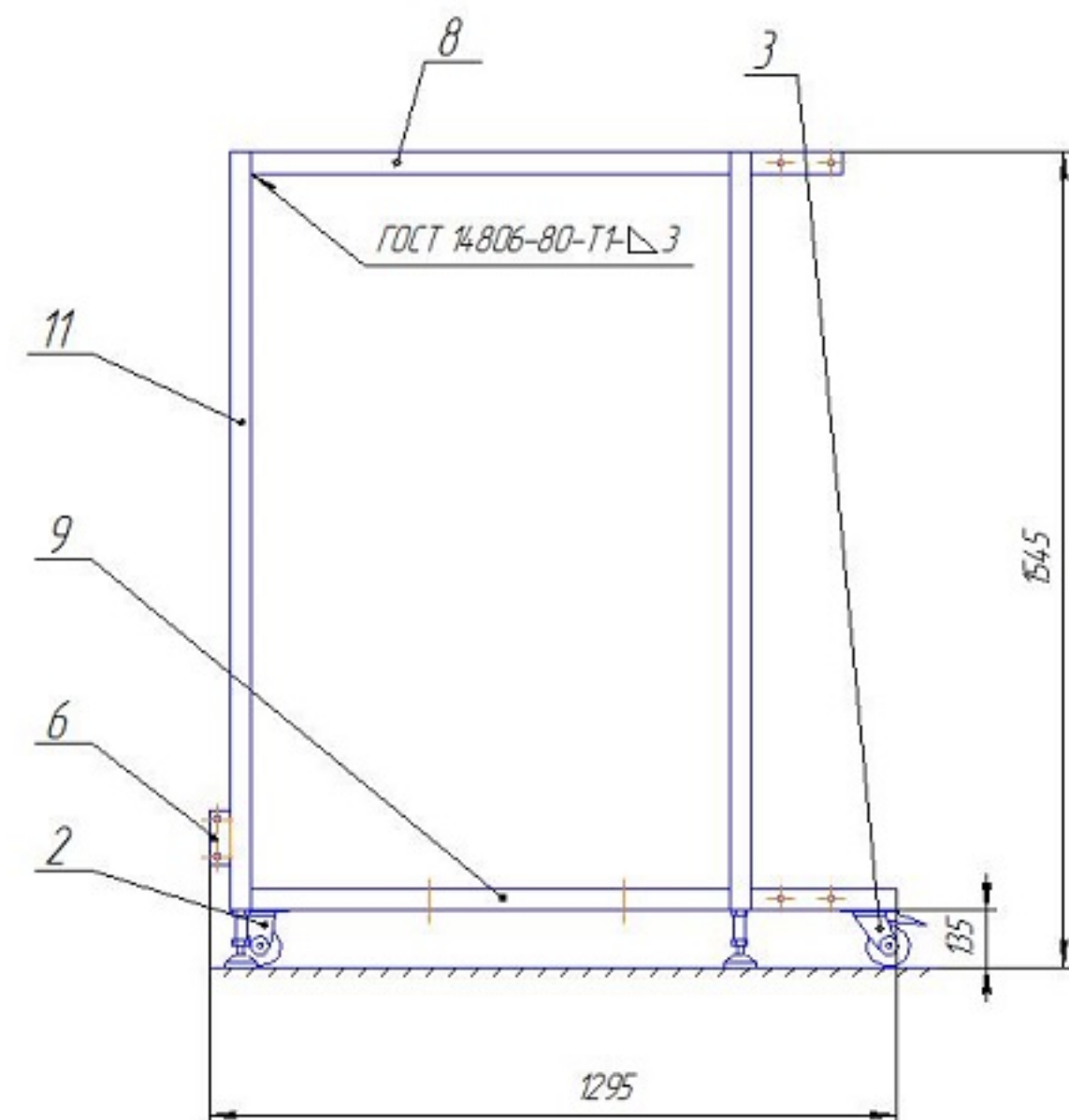
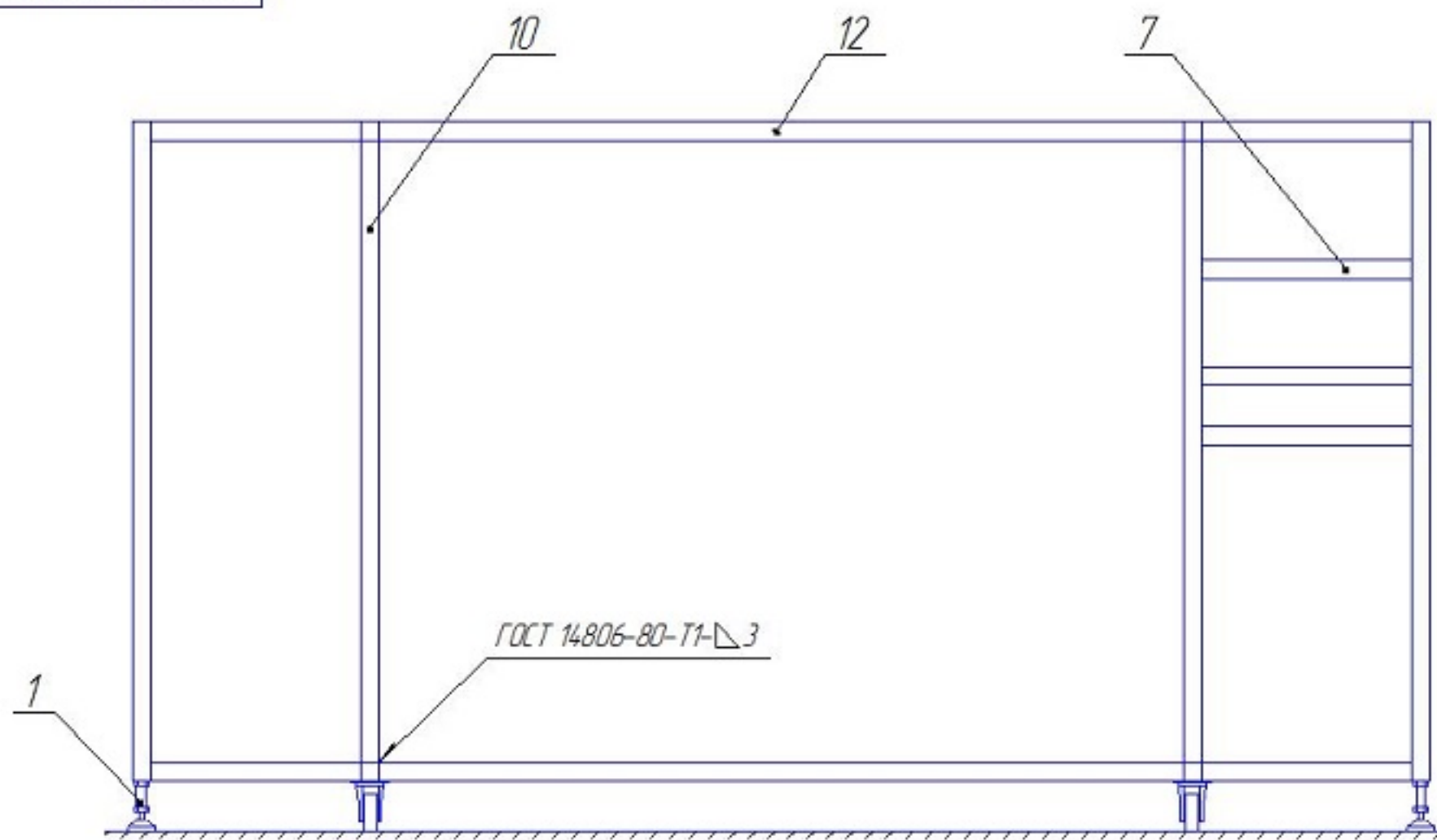
Схема пневматичної системи керування



Перелік елементів

Ц1, Ц2 – циліндр відкриття холодильного шкафа	61M2P050A500	- 2 шт.
П1, П2 – пневморозподільник	358-T015-02IL	- 2 шт.
Р – реле тиску	PM11-NA	- 1 шт.
БПП – блок підготовки повітря	VC104-000	- 1 шт.
М – манометр	M043-P10	- 1 шт.
РТ – регулятор тиску	MC104-R00	- 1 шт.
КБ – клапан безпеки	MC104-V16	- 1 шт.
Др – пневмодросель	TMCU 976-1/4-8	- 4 шт.
К – розподільник	VMS-114	- 1 шт.
ДП – датчик положення	CST-220	- 4 шт.

08-64.МКР.009.00.001 ПЛ			
№	Дет.	№	Дет.
1	Схема	1	Схема
2	Схема	2	Схема
3	Схема	3	Схема
4	Схема	4	Схема
5	Схема	5	Схема
6	Схема	6	Схема
7	Схема	7	Схема
8	Схема	8	Схема
9	Схема	9	Схема
10	Схема	10	Схема
11	Схема	11	Схема
12	Схема	12	Схема
13	Схема	13	Схема
14	Схема	14	Схема
15	Схема	15	Схема
16	Схема	16	Схема
17	Схема	17	Схема
18	Схема	18	Схема
19	Схема	19	Схема
20	Схема	20	Схема
21	Схема	21	Схема
22	Схема	22	Схема
23	Схема	23	Схема
24	Схема	24	Схема
25	Схема	25	Схема
26	Схема	26	Схема
27	Схема	27	Схема
28	Схема	28	Схема
29	Схема	29	Схема
30	Схема	30	Схема
31	Схема	31	Схема
32	Схема	32	Схема
33	Схема	33	Схема
34	Схема	34	Схема
35	Схема	35	Схема
36	Схема	36	Схема
37	Схема	37	Схема
38	Схема	38	Схема
39	Схема	39	Схема
40	Схема	40	Схема
41	Схема	41	Схема
42	Схема	42	Схема
43	Схема	43	Схема
44	Схема	44	Схема
45	Схема	45	Схема
46	Схема	46	Схема
47	Схема	47	Схема
48	Схема	48	Схема
49	Схема	49	Схема
50	Схема	50	Схема
51	Схема	51	Схема
52	Схема	52	Схема
53	Схема	53	Схема
54	Схема	54	Схема
55	Схема	55	Схема
56	Схема	56	Схема
57	Схема	57	Схема
58	Схема	58	Схема
59	Схема	59	Схема
60	Схема	60	Схема
61	Схема	61	Схема
62	Схема	62	Схема
63	Схема	63	Схема
64	Схема	64	Схема
65	Схема	65	Схема
66	Схема	66	Схема
67	Схема	67	Схема
68	Схема	68	Схема
69	Схема	69	Схема
70	Схема	70	Схема
71	Схема	71	Схема
72	Схема	72	Схема
73	Схема	73	Схема
74	Схема	74	Схема
75	Схема	75	Схема
76	Схема	76	Схема
77	Схема	77	Схема
78	Схема	78	Схема
79	Схема	79	Схема
80	Схема	80	Схема
81	Схема	81	Схема
82	Схема	82	Схема
83	Схема	83	Схема
84	Схема	84	Схема
85	Схема	85	Схема
86	Схема	86	Схема
87	Схема	87	Схема
88	Схема	88	Схема
89	Схема	89	Схема
90	Схема	90	Схема
91	Схема	91	Схема
92	Схема	92	Схема
93	Схема	93	Схема
94	Схема	94	Схема
95	Схема	95	Схема
96	Схема	96	Схема
97	Схема	97	Схема
98	Схема	98	Схема
99	Схема	99	Схема
100	Схема	100	Схема



				08-64.МКР.009.01.100 СК		
				Рама (Складальне креслення)		
Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Калиніна О.В.					1:10
Упроб.	Сурожко С.І.			Лист	Листов	1
Ухвалит.	Севдак О.В.			1ПМ-22М		
Утв.	Козлов Л.Г.			Формат А2		

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

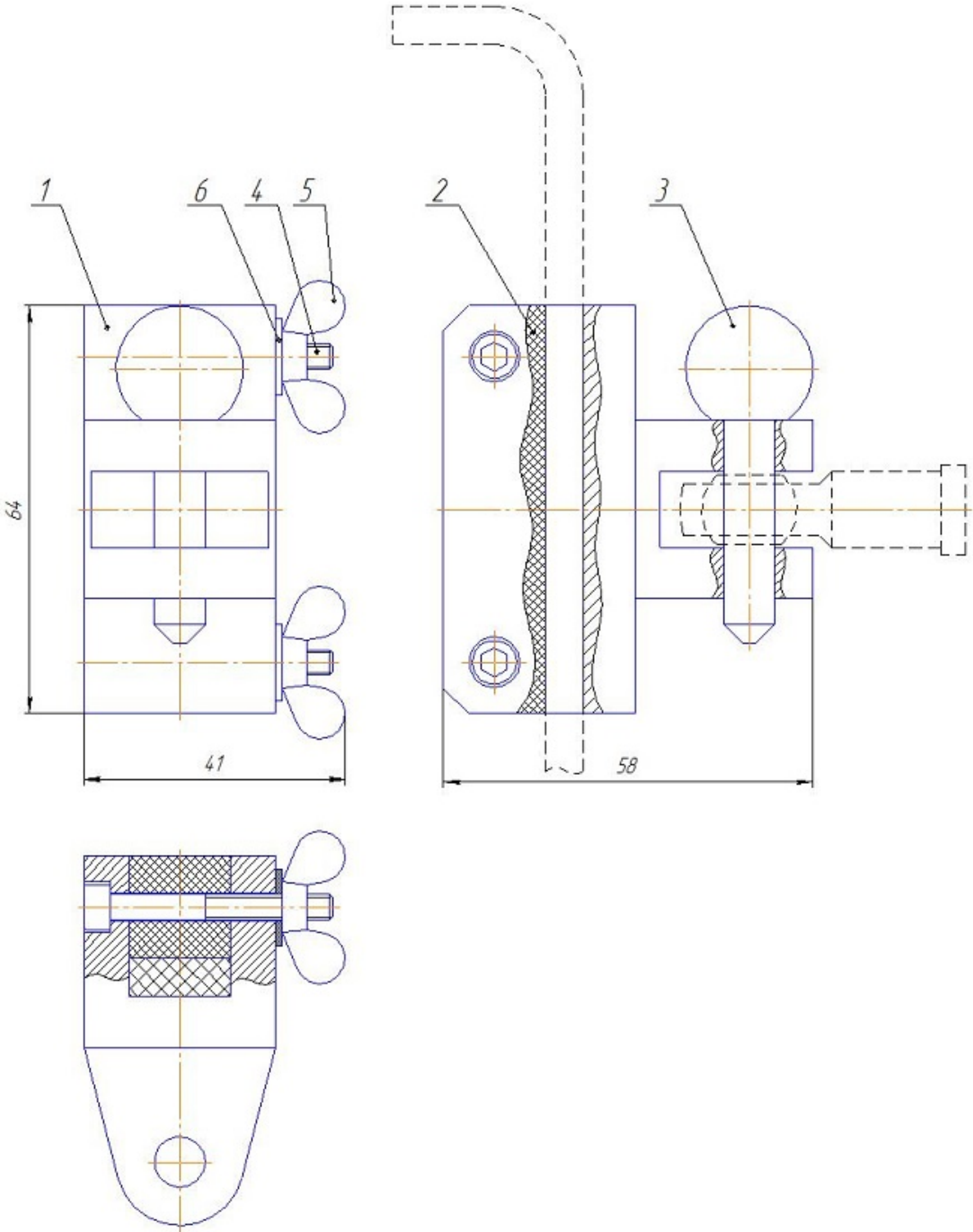
Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Лист 1 з 1

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																															
<u>Документація</u>																																					
			08-64.МКР.009.01100 СК	Складальне креслення	1																																
<u>Складальні одиниці</u>																																					
	1		08-64.МКР.009.01100.01	Опора регульована	4																																
	2		08-64.МКР.009.01100.02	Поворотна колісна опора	2																																
	3		08-64.МКР.009.01100.03	Поворотна колісна опора з фіксатором	2																																
<u>Деталі</u>																																					
	4		08-64.МКР.009.01100.04	Кутник	4																																
	5		08-64.МКР.009.01100.05	Планка опорна	4																																
<u>Стандартні вироби</u>																																					
ДСТУ 8940:2019																																					
	6			Труба сталеві профільна квадратна 40x40x3x100	1																																
	7			квадратна 40x40x3x455	7																																
	8			квадратна 40x40x3x1115	2																																
	9			квадратна 40x40x3x1215	2																																
	10			квадратна 40x40x3x1330	4																																
	11			квадратна 40x40x3x1410	4																																
	12			квадратна 40x40x3x2810	2																																
08-64.МКР.009.01100 СК																																					
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td></td> <td>Калінков О.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td></td> <td>Сухаруков С.І.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Сердюк О.В.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td>Козлов Л.Г.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		Калінков О.В.			Пров.		Сухаруков С.І.			Н.контр.		Сердюк О.В.			Утв.		Козлов Л.Г.			Рама (Складальне креслення)		<table border="1"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>	Лит.	Лист	Листов			1
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																	
Разраб.		Калінков О.В.																																			
Пров.		Сухаруков С.І.																																			
Н.контр.		Сердюк О.В.																																			
Утв.		Козлов Л.Г.																																			
Лит.	Лист	Листов																																			
		1																																			
1ПМ-22М																																					
Копіював																																					
Формат А4																																					



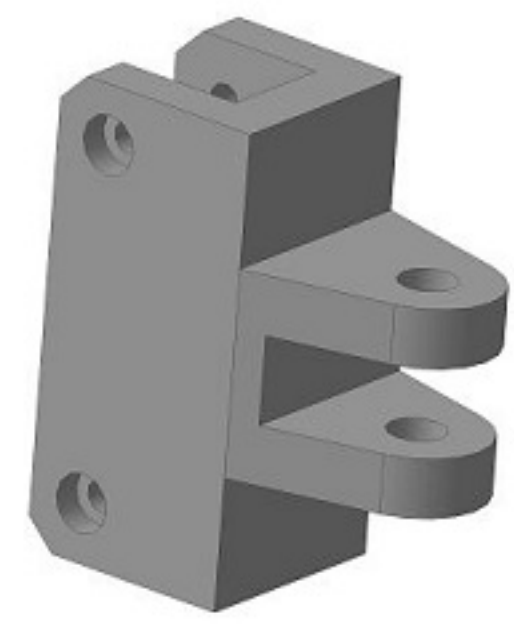
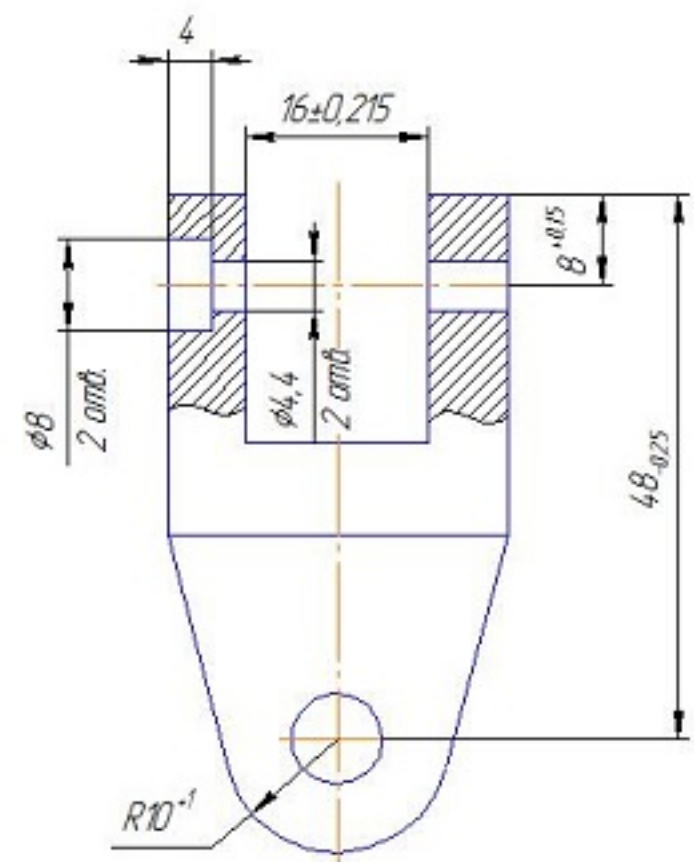
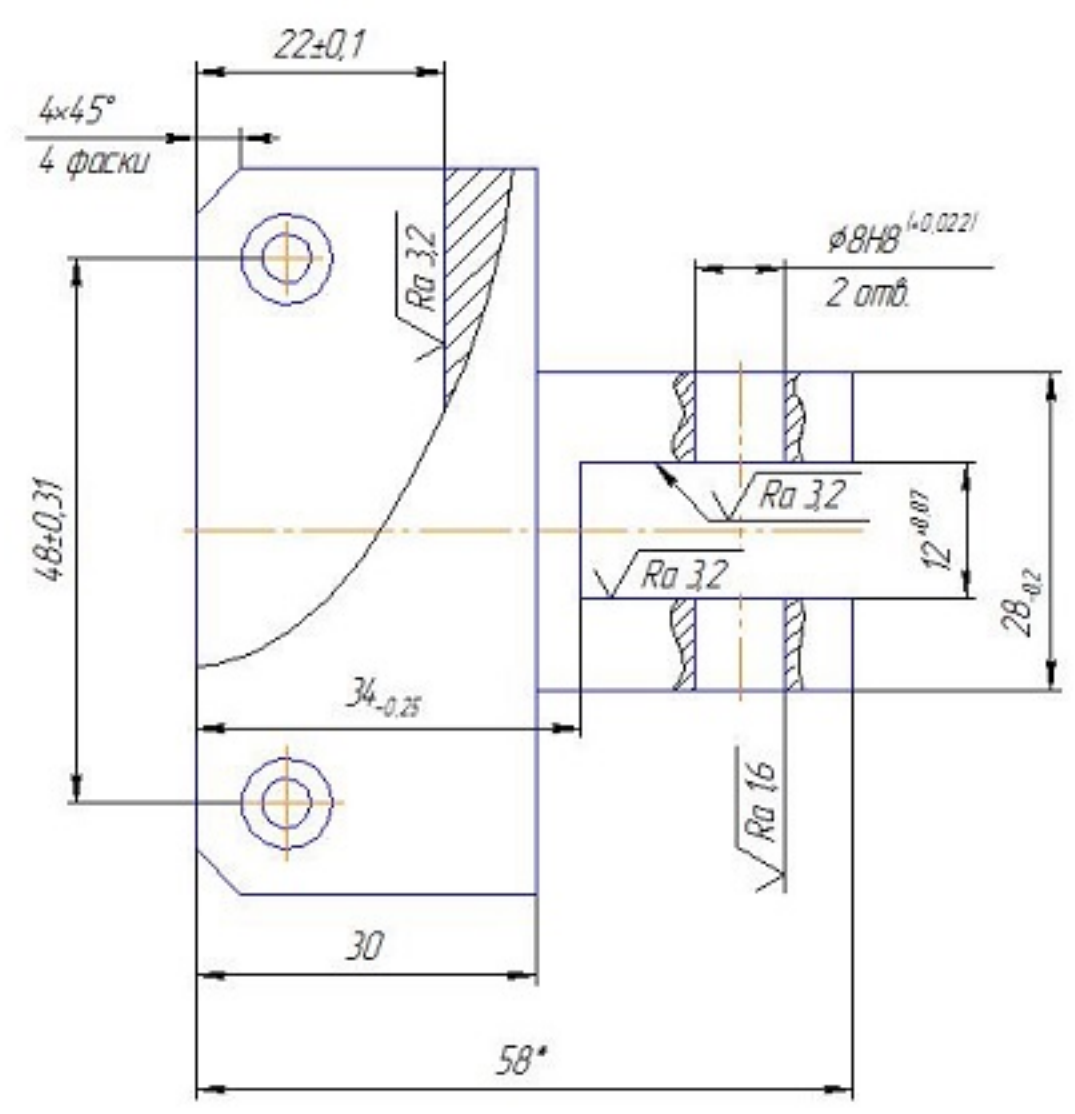
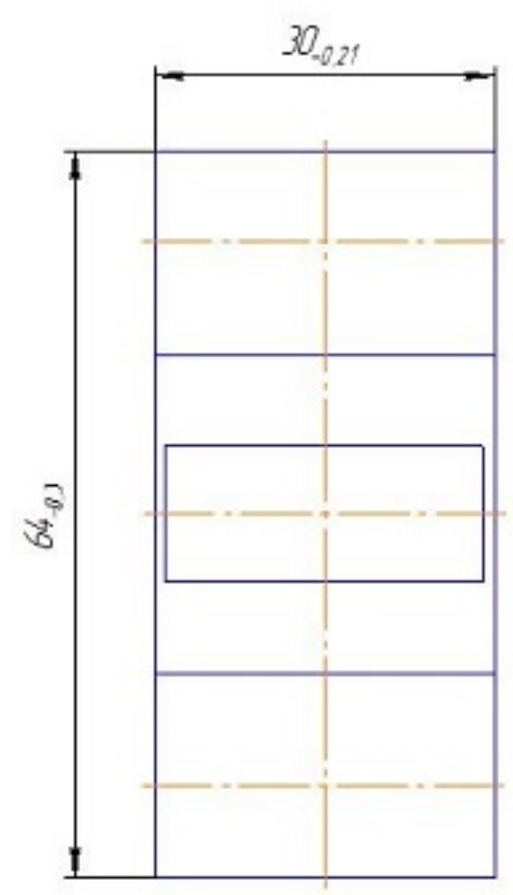
№ док. на вхід	№ док. на вихід	№ док. на вхід	№ док. на вихід	№ док. на вхід	№ док. на вихід	№ док. на вхід	№ док. на вихід

				08-64.МКР.009.01.300 СК			
				Блок кріплення ручки			
				(складальне креслення)			
Виз.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.		Калінніков ОВ					2:1
Проб.		Суваруков СІ			Лист	Листов	1
І.контр.							1ПМ-22М
Н.контр.		Сердюк ОВ					Формат А2
Зпб.		Козлов ЛГ					Копіювати

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
			08-64.МКР.009.01300 СК	Складальне креслення		
<u>Деталі</u>						
1		08-64.МКР.009.01300.01	Корпус	1		
2		08-64.МКР.009.01300.02	Вставка	1		
3		08-64.МКР.009.01300.03	Палець	1		
<u>Стандартні вироби</u>						
4			Гвинт з циліндричною голівкою і шестигранним заглибленням під ключ			
			ГОСТ 4762-М4 х 40	2		
5			Гайка М4-5Н6Н			
			ГОСТ 3032-76	2		
6			Шайба А 4.37			
			ГОСТ 6958-78	2		
08-64.МКР.009.01300 СК						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Калінков О.В.				
Проб.		Сухаруков С.І.				
Н.контр.		Сердюк О.В.				
Утв.		Козлов Л.Г.				
Блок кріплення ручки (Складальне креслення)				Лит.	Лист	Листов
						1
				1ПМ-22М		

$\sqrt{Ra 6,3 (\sqrt{1})}$

08-64.МКР.009.01.300.01



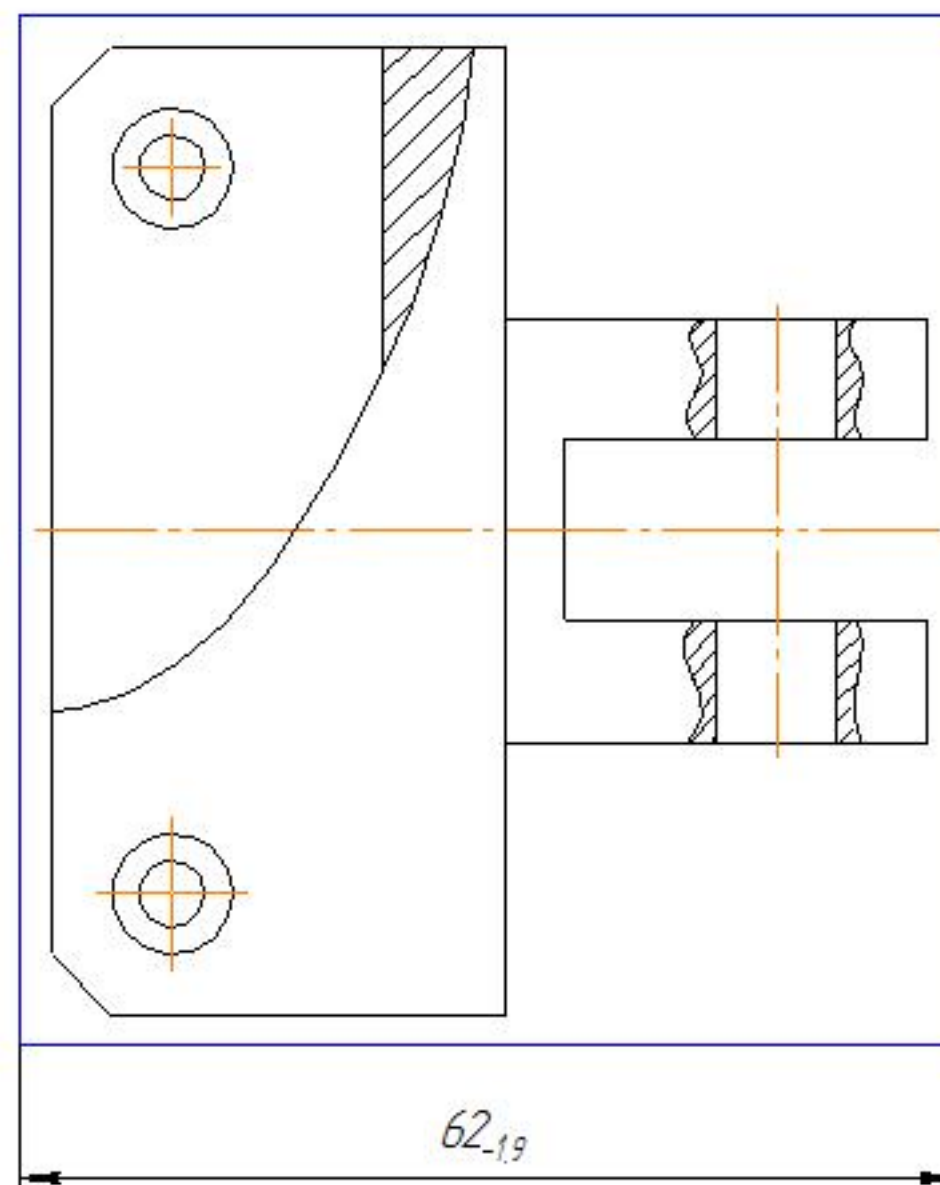
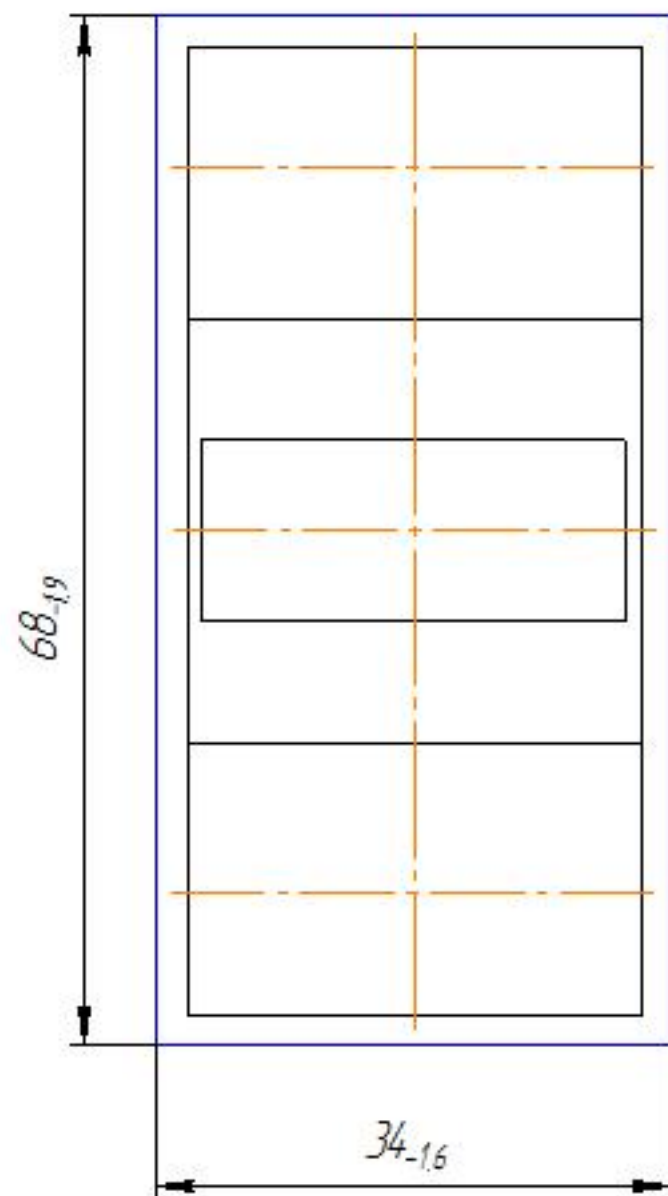
- 1 H14, h14, ± 1/14
- 2 * Розмір для довідок

Лист №	Листів у даному документі	Листів, що виходять з даного документа	Листів, що виходять з даного документа
--------	---------------------------	--	--

08-64.МКР.009.01.300.01				Лист	Маса	Масштаб
Корпус					0,348	2:1
				Лист	Листів	1
Сталь 35 ДСТУ 7809:2015				1ПМ-22М		
Начерт.	Сергей ОВ.	Контроль	Козлов ЛГ.	Копіювальник		

08-64.МКР.009.00.002

✓ Ra 16 (✓)



Листъ прѣмен.

Складъ №

Подп. и дата

Инд. № докум.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

				08-64.МКР.009.00.002		
				Заготовка Корпус		
				Лит.		Масса
				112		21
				Лист		Листов 1
				1ПМ-22М		
				Сталь 35 ДСТУ 7809:2015		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Калиніков О.В.				
Проб.		Сухарукъ С.І.				
Т.контр.						
Н.контр.		Сердюк О.В.				
Утв.		Козлов Л.Г.				

Копировал

Формат А3

Маршрут механічної обробки

08-64.МЖР.009.00.002 ПЛ

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
005	<p><u>Фрезерна ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити і закріпити заготовку Фрезерувати поверхню 1 в розмір $64_{-0,1}$ однократно. Фрезерувати поверхні 2 та 3 в розмір однократно по контуру. Фрезерувати поверхні 4 та 5 в розмір $20,82_{-0,6}$ попередньо. Фрезерувати поверхню 4 та 5 в розмір остаточно. Фрезерувати 4 фаски 6 в розмір однократно. Зняти деталь 	<p>НН, нН, ± $\frac{IT_N}{2}$</p>	Фрезерний верстат з ЧПК БР13РФ3
010	<p><u>Комбінована з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Встановити і закріпити заготовку Фрезерувати поверхні 1 та 2 в розмір $28_{-0,2}$ однократно. Фрезерувати поверхню 3 в розмір однократно по контуру. Центрувати отв. 5 однократно. Свердлити отв. 5 в розмір $\phi 6,8^{+0,5}$ однократно. Зенкерувати отв. 5 в розмір $\phi 7,8^{+0,1}$ Фрезерувати паз 4 в розмір $11,5^{+0,2}$ попередньо. Фрезерувати паз 4 в розмір остаточно. Розвернути 2 отв. 5 в розмір остаточно. Центрувати 2 отв. 6 однократно. Свердлити 2 отв. 6 в розмір однократно. Цекувати 2 місця 7 в розмір однократно. Зняти деталь 	<p>НН, нН, ± $\frac{IT_N}{2}$</p>	Вертикальний оброблювальний центр SPINNER U5-620

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10