

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

(Повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

(Повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти Другий (магістерський)

Програмний комплекс контролю виробничих операцій виготовлення манометрів

(Тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи КТРСм-19-1

Давидов О.В.

(Прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

(Номер і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(Освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютеризовані та
робототехнічні системи

(Повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Хрустальов К.Л.

(Посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(Підпис)

Невлюдов І.Ш.

(Прізвище, ініціали)

2020

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(Повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(Повна назва)

Рівень вищої освіти Другий (магістерський)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(Номер і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(Освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютеризовані та робототехнічні системи
(Повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(Підпис)

« _____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Давидову Олексію Вячеславовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Програмний комплекс контролю виробничих операцій манометрів

затверджена наказом по університету від 02.11.2020 р. №1509 Ст.

2 Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 18.12.2020 р.

3 Вихідні дані до роботи Промисловий манометр 100R10.MGE, програмне забезпечення для моделювання тестування промислових манометрів, мова програмування Java, програма моделювання в трьохмірному просторі Maya.

4 Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

4.1 Вступ

4.2 Огляд та аналіз промислових манометрів

4.3 Вибір та обґрунтування середовища розробки

4.5 Розробка програми для тестування манометрів

4.6 Охорона праці

4.7 Висновки та перелік джерел посилання

5 Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал
у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 13 с. формату А4.

6 Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	22.09.2020 р.	Виконано
2	Аналіз стану проблеми		
	тестування манометрів на підприємстві	15.10.2020 р.	Виконано
3	Проведення експериментів	30.11.2020 р.	Виконано
4	Оформлення пояснювальної записки	16.12.2020 р.	Виконано
5	Подання роботи до екзаменаційної комісії	18.12.2020 р.	Виконано

Дата видачі завдання 01.09.2020 р.

Студент _____
(Підпис)

Давидов О.В.

Керівник роботи _____
(Підпис)

доц. Хрустальов К.Л.
(Посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 76 с., 2 табл., 33 рис., 3 дод., 16 джерел.

ПРОМИСЛОВИЙ МАНОМЕТР, ТЕСТУВАННЯ, 100R10.MGE,
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, КОНТРОЛЬ ОПЕРАЦІЙ, MES.

Об'єкт дослідження – програмне забезпечення автоматизованого контролю якості виробництва промислових манометрів.

Предмет дослідження – програмний комплекс для контролю якості вимірювань промислового манометра 100R10.MGE.

Мета магістерської роботи – підвищення ефективності виробництва манометрів шляхом розробки програмного комплексу контролю виробничих операцій.

Методи дослідження та апаратура: для розв'язання задачі використовувалися методи системного аналізу та сучасних інформаційних технологій; тестування системи з манометром здійснювалося на персональній ІВМ-сумісній ЕОМ (тактова частота процесора – 3,4 ГГц, обсяг оперативної пам'яті – 16 Гб, обсяг жорсткого диска – 1000 Гб).

Результати: науковий – запропоновано комплексне рішення для системи контролю виробництва промислових манометрів 100R10.MGE, що має переваги над існуючим за показниками точності та швидкодії; практичний – розроблено програмне забезпечення для системи контролю виробництва промислового манометра 100R10.MGE.

Сфера застосування – малі підприємства з виробництва манометрів.

ABSTRACT

The explanatory note contains: 76 pp., 2 tab., 33 pic., 3 app., 16 sources.

INDUSTRIAL PRESSURE GAUGE, TESTING, 100R10.MGE,
SOFTWARE, OPERATION CONTROL, MES.

The object of research is the software of automated quality control of production of industrial manometers.

The subject of research is a software package for quality control of measurements of industrial manometer 100R10.MGE.

The purpose of the master's work is to increase the efficiency of manometers production by developing a software package for controlling production operations.

Research methods and equipment: methods of system analysis and modern information technologies were used to solve the problem; the system was tested with a manometer on a personal IBM-compatible computer (processor clock speed – 3.4 GHz, RAM – 16 GB, hard disk capacity - 1000 GB).

Results: scientific – a complex solution for the production control system of industrial manometers 100R10.MGE is proposed, which has advantages over the existing one in terms of accuracy and speed; practical – developed software for the production control system of the industrial manometer 100R10.MGE.

Scope – small enterprises for the production of manometers.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз відомих програмних комплексів контролю виробничих операцій манометрів.....	11
1.1 Принцип дії манометрів.....	11
1.2 Види манометрів та галузь застосування.....	17
1.3 Передові компанії, що виробляють манометри в Україні та світі.....	28
1.4 Сучасні MES – системи та методи контролю виробничих операцій манометрів	29
1.5 Висновки до першого розділу.....	32
2 Розробка алгоритму роботи комплексу контролю виробничих операцій манометрів.....	34
2.1 Розробка структурної схеми системи контролю якості манометрів.....	34
2.2 Розрахунок кута стрілки манометрів під час подачі тиску на пружинний манометр.....	36
2.3 Висновки до другого розділу.....	43
3 Проєктування програмного комплексу виробничих операцій манометрів..	45
3.1 Обґрунтування вибору мови програмування.....	45
3.2 Обґрунтування вибору програми трьохмірного простору для візуалізації манометра.....	45
3.3 Планування та початкові дані експериментів.....	47
3.4 Висновки до третього розділу.....	52
4 Охорона праці.....	53
Висновки.....	56
Перелік джерел посилення.....	58

Додаток А Код програми.....	60
Додаток Б Демонстраційний матеріал.....	69
Додаток В Відомість атестаційної роботи.....	76

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ПЗ – програмне забезпечення;

BAR – позасистемна одиниця вимірювання тиску, приблизно рівна одній атмосфері;

MES – система управління виробництвом;

PSI – фунт-сили на квадратний дюйм.

ВСТУП

Величезне значення у виробничій сфері мають манометри. Високоточні прилади допомагають визначити рівень тиску в різних приладах. Манометри підходять як для стаціонарних, так і для мобільних видів вимірювання і відображення тиску. Крім того, цифровий манометр може використовуватися в якості еталону тиску і дозволяє проводити нескладне тестування, налаштування та калібрування іншого засобу вимірювання тиску безпосередньо на місці роботи. Промислові манометри дозволяють в першу чергу уникати виникнення аварійних ситуацій на виробництві. Такі прилади повинні відповідати певним вимогам експлуатаційних характеристик, в першу чергу манометри повинні бути точними. Навіть невелика похибка в їхніх показаннях може привести до серйозної аварії.

На сьогоднішній день існуючі системи автоматизованого контролю виробничих операцій манометрів не забезпечують оперативного комплексного реагування на швидкоплинні зміни ситуаційної поведінки об'єктів керування, яка залежить від багатьох чинників технологічного та організаційного характеру. Для забезпечення оперативного управління виробничими процесами, синхронізацією, координацією, аналізом та контролем випуску готової продукції активно використовуються MES (manufacturing execution system) системи. В результаті впровадження таких систем підвищуються параметри якості продукції.

За допомогою таких систем підприємство має можливість створити єдине інформаційне середовище для управління виробничою діяльністю, сумісну з іншими платформами, використаними для управління бізнес-процесами підприємства, тому це є актуальною темою для міркування.

Метою атестаційної роботи є підвищення ефективності виробництва манометрів шляхом розробки програмного комплексу контролю виробничих операцій. Результатом автоматизації контролю якості виробничого

підприємства є зменшення кількості бракованої продукції, підвищення її якості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз існуючих видів манометрів;
- провести аналіз існуючих систем та методів контролю якості;
- провести аналіз існуючих методів виробництва манометрів;
- розробити алгоритм перевірки якості манометрів;
- розробити програмний комплекс автоматизованої перевірки якості манометрів;
- розробити та оформити пояснювальну записку згідно з методичними вказівками [1] і ДСТУ 3008-2015 [2].

Під час виконання атестаційної роботи були опубліковані матеріали у збірнику студентських наукових статей «Автоматизація та приладобудування» «Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2020.

1 АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧИХ ОПЕРАЦІЙ МАНОМЕТРІВ

1.1 Принцип дії манометрів

Манометр, прилад для вимірювання тиску, рідини і газу. Залежно від конструкції чутливості елемента розрізняють манометри: рідинні, поршневі, деформаційні і пружинні; використовуються також залежності деяких фізичних величин від тиску. Розрізняють абсолютні манометри – вимірюють абсолютний тиск, манометри надлишкового тиску – вимірюють різницю між тиском в будь-якій системі і атмосферним тиском, барометри, дифманометри, вакуумметри.

Перетворювачі тиску призначені для безперервного перетворення надлишкового або вакуум метричного тиску в уніфікований вихідний сигнал змінного струму, заснований на зміні взаємної індуктивності [5].

Прилади застосовуються на нерухомих об'єктах (в стаціонарних умовах) для роботи в комплексі з вторинними взаємозамінними диференційно-трансформаторними приладами, машинами централізованого контролю та іншими приймачами інформації, здатними приймати стандартний сигнал у вигляді взаємної індуктивності.

Методи та засоби вимірювання тиску засновані на зіставленні сил вимірюваного тиску з силами:

- тиск стовпа рідини (ртуті, води) відповідної висоти;
- що розвиваються під час деформації пружних елементів (пружин, мембран, монотричних і анероїдних коробок, сильфонів і манотричних трубок);
- тяжкості вантажів;

– пружними силами, що виникають під час деформації деяких матеріалів і викликають електричні ефекти.

Відповідно до зазначених методів засоби вимірювання параметрів тиску можна розділити на рідинні, деформаційні, вантажопоршневі та електричні. Найбільшого поширення в промисловості отримали деформаційні засоби вимірювання. Засоби вимірювання тиску підрозділяються на барометри (для вимірювання атмосферного тиску), манометри (для вимірювання надлишкового тиску), вакуумметри (для виміру вакуумметричного тиску), манометри абсолютного тиску (для вимірювання тиску, який починається від абсолютного нуля), диференціальні манометри (для вимірювання різниці тиску) [5].

Перетворювачем манометра служить трубчаста пружина (рис.1.1). Трубчаста пружина представляє собою тонкостінну, зігнуту по дузі кола, трубку з запаяним одним кінцем, яка виготовляється з мідних сплавів або нержавіючої сталі. Під час збільшення або зменшення тиску усередині трубки пружина розкручується або скручується на певний кут.

Для виготовлення трубчастих пружин необхідний матеріал з високою пружністю, антикорозійні, малої залежністю параметрів від зміни температури, який також повинен добре піддаватися технологічній обробці, пайці, зварюванні. Зазначеним вимогам відповідають бронза, латунь і хромонікелеві сплави.

Трубку в приладі розташовують так, щоб мала вісь перетину лежала в порожнині вигину трубки. Під час заповнення порожнини трубки газом або рідиною під тиском відбувається деформація перетину в напрямку наближення до її круглому, це викликає появу зусиль, які змушують трубку розгинатися. Таким чином, в пружинних приладах використовується властивість спіральної трубки розкручуватися під час збільшенні тиску всередині неї і стискатися під час зменшенні тиску.

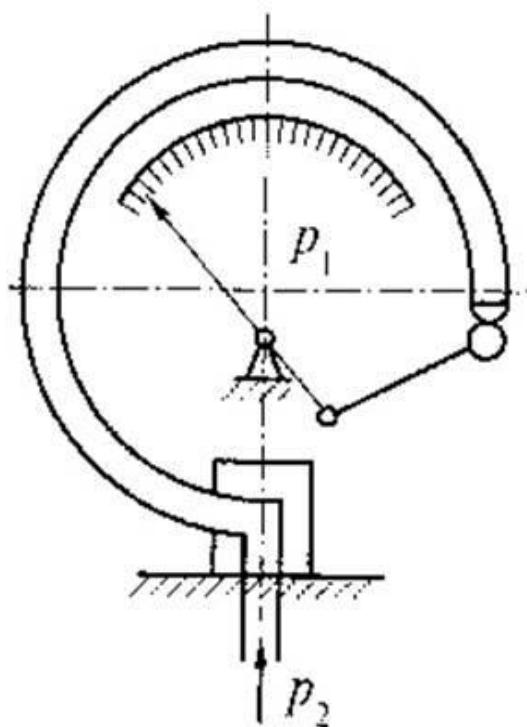


Рисунок 1.1 – Чутливий елемент

Дія манометра засноване на використанні деформації пружного чутливого елемента під час впливу на нього вимірюваного тиску. Пристрій найпростішого пружинного манометра представлено на (рис 1.2). Чутливий елемент приладу, що сприймає сигнал тиску, виконаний у формі зігнутої по колу на кут 270 градусів порожнистої трубки з поперечним перерізом у вигляді еліпса або плоского овалу. Один кінець трубки вільний і наглухо закритий, а інший кінець її упаяний в утримувач, який приєднується до джерела вимірюваного тиску за допомогою штуцера. Закритий кінець трубки повідцем з'єднаний з зубчастим сектором, який зчеплений з маленькою шестерінкою, що сидить на одній осі з вказівною стрілкою. Під дією надлишкового тиску трубка згинається, закритий кінець трубки переміщається і тягне поводок, який повертає пов'язаний з ним зубчастий сектор 6. Переміщаючись, зубчастий сектор обертає шестерню 5 з насадженої на її вісь стрілкою, що вказує за шкалою величину вимірюваного тиску. Щоб уникнути мертвого ходу між зубцями сектора і шестернею, застосована спіральна пружинка, притискає шестерню до однієї сторони зубців сектора

[5]. Зазначені елементи змонтовані в корпусі. Манометри регулюють зміною довжини повідця і переміщенням точки його сполюки з хвостовиком зубчастого сектора.

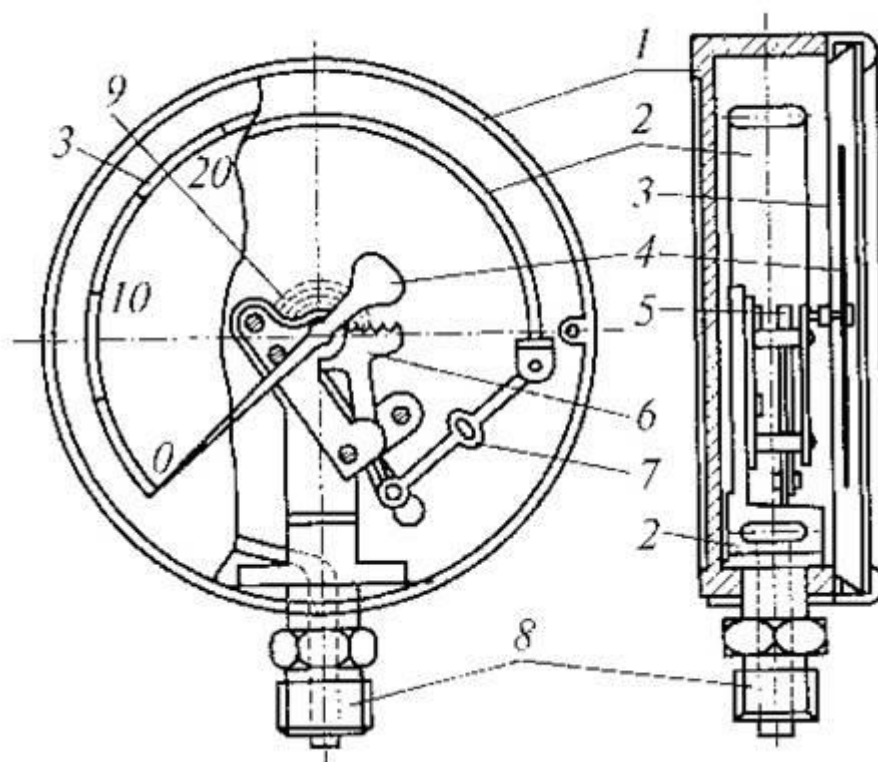


Рисунок 1.2 – Пружинний манометр

Компенсація температурної похибки, що викликана зміною лінійних розмірів деталей, здійснена підбором металів з певними коефіцієнтами лінійного розширення. Місце установки приладів повинно дозволити проводити періодичне обслуговування і повірку приладів в умовах об'єкта.

Під час визначення місця встановлення приладу необхідно дотримуватися таких умов:

- сполучні лінії проводять від місця відбору тиску до приладу по найкоротшій відстані, проте довжина ліній повинна бути такою, щоб температура середовища, що надходить в прилад, не відрізнялася від температури навколишнього повітря. Рекомендована відстань від місця відбору тиску до приладу – не більше 15 м.

Під час вибору довжини з'єднувальних ліній слід враховувати її вплив на динамічні характеристики приладу;

- температура повітря в приміщенні може перебувати в межах від $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$;

Під час експлуатації приладів в умовах впливу мінусових температур не допускайте кристалізації вимірюваного середовища, а також замерзання вимірюваного середовища;

- частота вібрації, яка передається на прилад, не повинна перевищувати 25 Гц при амплітуді не більше 0,1 мм;

- місце установки повинно дозволяти швидко і зручно демонтувати прилад.

Прилад не можна встановлювати у вибухонебезпечних приміщеннях. Найбільш сприятливі умови для роботи приладу: температура $(20 \pm 5)\text{ }^{\circ}\text{C}$; відносна вологість до 80%, відсутність вібрації і ударних струсів, навколишнє середовище не повинно бути сильно запилено.

Необхідно уникати розміщення приладів поблизу потужних джерел змінних магнітних полів, трансформаторів, електромоторів і т.д.

Приєднання приладу до зовнішніх електричних ланцюгів виробляється в суворій відповідності з інструкцією по експлуатації на вторинні прилади або пристрої. Під час монтажу для прокладки лінії зв'язку рекомендується застосовувати:

- кабелі контрольні з гумовою і пластмасовою ізоляцією;
- кабелі для сигналізації й блокування з поліетиленовою ізоляцією в пластмасовій оболонці.

Під час демонтажу приладу необхідно:

- відключити прилад від вторинного пристрою, знявши з приладу штепсельної вилки з підключеним кабелем, і вживши заходів, що оберігають роз'їм від пошкодження;

- за допомогою вентилів перекрити імпульсну лінію підведення тиску і від'єднати прилад.

Під час виконання робіт з монтажу і демонтажу приладів потрібно дотримуватися таких правил:

- застосовувати інструмент ключі (викрутки) тільки відповідного розміру;
- охороняти прилад від падіння, ударів і пошкоджень лакофарбових покриттів.

Повірка технічного стану приладів проводиться шляхом зняття метрологічних характеристик.

Технічне обслуговування включає:

- перевірку і установку нуля;
- перевірку метрологічних характеристик.

Повірка та установка нуля здійснюється наступним чином. Перевірку нуля приладу роблять за допомогою магазину комплексної взаємної індуктивності. При нульовому значенні вимірюваного тиску і при значенні вихідного сигналу, врівноважують електричну схему поворотом курбелей для манометрів і вакуумметрів. Якщо відхилення вихідного сигналу від зазначеного перевищило половину межі допустимої основної похибки для манометрів і вакуумметрів встановлюють на нуль переміщенням сердечника диференціального трансформатора приладу. Для цього знімають кришку приладу і повертають ключем спеціальний гвинт, пов'язаний з сердечником диференціального трансформатора приладу.

Установку на нуль необхідно проводити з похибкою не більше 0,2 межі допустимої основної похибки. Після установки на нуль гайку слід закріпити і знову перевірити вихідний сигнал при нульовому значенні вимірюваного тиску.

Якщо прилад входить в комплект, що складається з одного первинного і одного вторинного приладу або пристрою, перевірку дозволяється проводити за шкалою вторинного приладу або пристрою.

Якщо під час відсутності тиску показчик вторинного приладу встановлюється на нульову позначку з відхиленням більш ніж половина суми

меж допустимої основної похибки приладу і вторинного приладу, виробляють установку комплекту на нуль коректором нуля вторинного приладу. У цьому випадку, коли для установки на нуль потрібно використовувати більше половини діапазону корекції вторинного приладу, слід проводити цю операцію за рахунок переміщення сердечника диференціального трансформатора приладу.

Якщо комплект складається з одного вторинного приладу або пристрою і декількох приладів, установку нуля перевіряють по вторинному приладу або пристрою при періодичному підключенні до нього кожного приладу. Установку нуля в цьому випадку виробляють переміщенням сердечника диференціального трансформатора приладу.

Потім перевірку рекомендується проводити не рідше одного разу на місяць. Залежно від умов експлуатації і результату перевірок інтервалів між ними може бути збільшений або зменшений.

Переваги в роботі з манометрами очевидні. По-перше, це універсальний пристрій, який допомагає тримати під контролем рівень тиску. По-друге, це точність вимірювання, а в тому числі й аритмії. Третя перевага – невелика вартість. Четверте, цей пристрій надійний, причому, надійність його не погіршується навіть під час тривалої експлуатації. Ще одна важлива властивість – це можливість експлуатації в будь-яких умовах.

Варто зазначити, що без такого приладу робота на підприємстві, в якому необхідні вимірювання тиску, значно важко. Адже часто саме цей невеликий пристрій і тримає під контролем весь виробничий процес. Це додаткове обладнання – незамінний помічник у багатьох галузях [5].

1.2 Види манометрів та галузь застосування

Манометри є одним з найпоширеніших приладів, які можна зустріти в різних системах:

- котлах опалення;

- газопроводах;
- водогонах;
- компресорах;
- автоклавах;
- балонах;
- балонних пневматичні гвинтівки і т.д.

Манометри є універсальними механізмами, які можуть застосовуватися для вимірювання різних значень:

- надлишку тиску;
- вакуумного тиску;
- різниці тисків;
- атмосферного тиску.

Застосування цих приладів дозволяє контролювати різні технологічні процеси і запобігати аварійним ситуаціям. Манометри призначені для експлуатації в особливих умовах можуть мати додаткові модифікації корпусу. Це може бути вибухозахищеність, стійкість до корозії або сильній вібрації. Манометри використовується в багатьох системах, де присутній тиск, який має знаходитися на чітко заданому рівні. Застосування приладу дозволяє вести за ним контроль, оскільки недостатнє або надмірне вплив може нашкодити різним технологічним процесам. Крім цього, перевищення норми тиску є причиною розриву ємностей і труб. У зв'язку з цим створено кілька різновидів манометрів розрахованих під певні умови роботи.

Зразковий манометр (рис. 1.3) призначений для перевірки іншого подібного вимірювального обладнання. Такі пристрої визначають рівень надлишкового тиску в різних середовищах. Подібні прилади оснащені особливо точним механізмом, що дає мінімальну похибку. Клас точності у них становить від 0,05 до 0,2 [5].

Основні технічні характеристики.

Шкала приладів:

- 250 умовних одиниць – для класу точності 0,4;

– 400 умовних одиниць – для класів точності 0,15 і 0,25.

Ціна поділки – 1 умовна одиниця.

Маса приладів не більше, кг:

– 1,8 кг – для класу точності 0,4;

– 5,5 кг – для класів точності 0,15 і 0,25.

Температура навколишнього повітря – від 5 °С до 40 °С, відносна вологість 80% при $t = 25$ °С.



Рисунок 1.3 – Зразковий манометр

Загальнотехнічні (рис.1.4) застосовуються в загальних середовищах, які не замерзають в лід. Такі прилади мають клас точності від 1,0 до 2,5. Вони стійкі до вібрації, тому можуть встановлюватися на транспорті та системах опалення.

Основні технічні характеристики:

- клас точності: 2,5;
- межа вимірювання: від 0 МПа до 0,6 МПа;
- експлуатаційний діапазон температур: від -40 °С до +150 °С;
- діаметр корпусу: 63 мм;
- різьба штуцера: $M12 \times 1,5$;
- середнє напрацювання на відмову – 100000 годин;
- міжповірочний інтервал (інтервал між калібруваннями) – 1 рік;

- габаритні розміри: 65 мм × 95 мм × 45 мм;
- вага: не більше за 0,2 кг.



Рисунок 1.4 – Загальнотехнічний манометр

Електроконтактні (рис. 1.5) призначені спеціально для контролю і попередження про досягнення верхньої позначки небезпечного навантаження, здатної зруйнувати систему. Таке обладнання використовується для різних середовищ, таких як рідини, газів та пари. Цей пристрій має вбудовану схему управління. Якщо тиск занадто високий, манометр подасть сигнал або механічно відключить обладнання подачі тиску вприскування. Також електроконтактні манометри можуть включати спеціальний клапан, який скидає тиск до безпечного рівня. Такі прилади запобігають аварії і вибухи на котельнях.

Основні технічні характеристики:

- клас точності – 1,5;
- різьба приєднувального штуцера – М20×1,5;
- розмір квадрата під ключ – 17 мм × 17 мм;
- допустима похибка спрацьовування сигналізує пристрою в процентах від суми меж вимірювань $\pm 2,5$;

- робоча напруга – 220 В постійного або змінного струму з частотою 50 Гц;
- розривна потужність контактів сигналізує пристрою при навантаженні 10 Вт;
- маса приладів, не більше 2,5 кг.



Рисунок 1.5 – Електроконтактний манометр

Спеціальні манометри призначені для роботи з певним газом. Такі прилади зазвичай мають кольорові корпуси, а не класичні чорні. Колір відповідає газу, з яким може працювати даний прилад. Також на шкалі застосовується спеціальне маркування. Наприклад, манометри для вимірювання тиску аміаку (рис. 1.6), які зазвичай встановлюються в промислових холодильних установках, пофарбовані в жовтий колір. Подібне обладнання має клас точності від 1,0 до 2,5.



Рисунок 1.6 – Спеціальний манометр для виміру рівня аміаку

Самописні (рис. 1.7) застосовуються в сферах, де потрібно не тільки вести візуальний контроль за тиском системи, а й фіксувати показники. Вони пишуть діаграму, за якою можна переглядати динаміку тиску в будь-який проміжок часу. Подібні пристрої можна зустріти в лабораторіях, а також на теплових електростанціях, консервних заводах та інших харчових підприємствах.

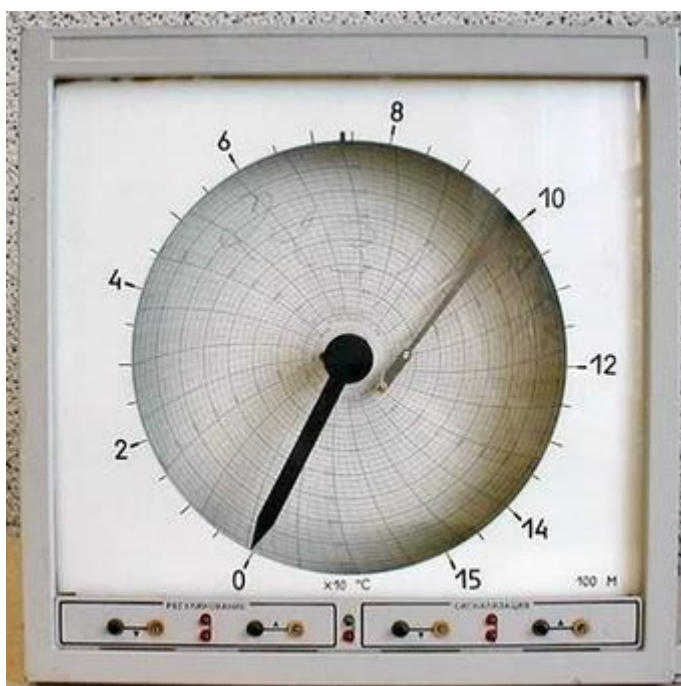


Рисунок 1.7 – Самописний манометр

Основні технічні характеристики:

– діапазон вимірювання надлишкового тиску, від 0 МПа до 1 МПа;

- клас точності манометра від 1 до 1,5;
- привід діаграмного диска часовий;
- час одного обороту діаграмного диска, 24 години;
- маса, не більше 7,5 кг;
- похибка ходу приводу діаграмного диска процент від часу одного обороту, не більше 0,2;
- температура експлуатації, від -10 °С до +60 °С.

Суднові (рис.1.8) включають широкий модельний ряд манометрів, які мають захищений корпус від атмосферного впливу. Вони можуть працювати з рідиною, газом або паром. Саме їх можна зустріти на вуличних газових розподільниках.



Рисунок 1.8 – Судновий манометр

Залізничні манометри (рис. 1.9) призначені для контролю за надлишковим тиском в механізмах, які обслуговують рейковий електротранспорт. Зокрема, їх застосовують на гідравлічних системах, пересувають рейки під час розведення стріли. Подібні пристрої мають підвищену стійкість до вібрації. Вони не тільки стійко переносять струс, але при цьому показчик на шкалі не реагує на механічне вплив на корпус, точно відображаючи рівень тиску в системі.

Основні технічні характеристики:

- діаметр 100 мм;
- клас точності 1,5;
- межа вимірювань, від 0 Па до $1,569 \cdot 10^7$ Па;
- робоча температура навколишнього середовища: від -55 °С до $+70$ °С;
- трубчаста пружина мідний сплав, залізнікелевий сплав;
- корпус алюмінієвий сплав;
- тримач мідний сплав;
- механізм бронза, нержавіюча сталь, латунь;
- скло віконне;
- напруга електричної підсвічування 24 В; 75 В; 110 В.



Рисунок 1.9 – Залізничний манометр

Манометри розрізняються і по внутрішньому механізму, що приводить до зняття показань тиску в системі, до якої підключаються.

Залежно від пристрою вони бувають:

- рідинні;

- пружинні;
- мембранні;
- електроконтактні;
- диференціальні.

Рідинний манометр (рис. 1.10) призначений для вимірювання тиску стовпа рідини. Такі прилади працюють за фізичним принципом сполучених посудин. Більшість пристроїв мають видимий рівень робочої рідини, з якої вони знімають показання. Ці прилади одні з рідко використовуваних. У зв'язку з контактом з рідиною їх внутрішня частина брудниться, тому поступово прозорість втрачається, і візуально визначити показання стає складно. Рідинні манометри були придумані одними з найперших, але ще зустрічаються.



Рисунок 1.10 – Рідинний манометр

Пружинні манометри (рис. 1.11) найчастіше зустрічаються. Вони мають просту конструкцію, яка придатна для ремонту. Межі їх вимірювання

зазвичай складають від 10^3 Па до $4 \cdot 10^8$ Па. Безпосередньо сам чутливий елемент такого механізму є трубкою овального перетину, яка під дією тиску скорочується. Діюча на трубку сила передається по спеціальному механізму на стрілку, яка повертається під певним кутом, вказуючи на шкалу з розміткою.

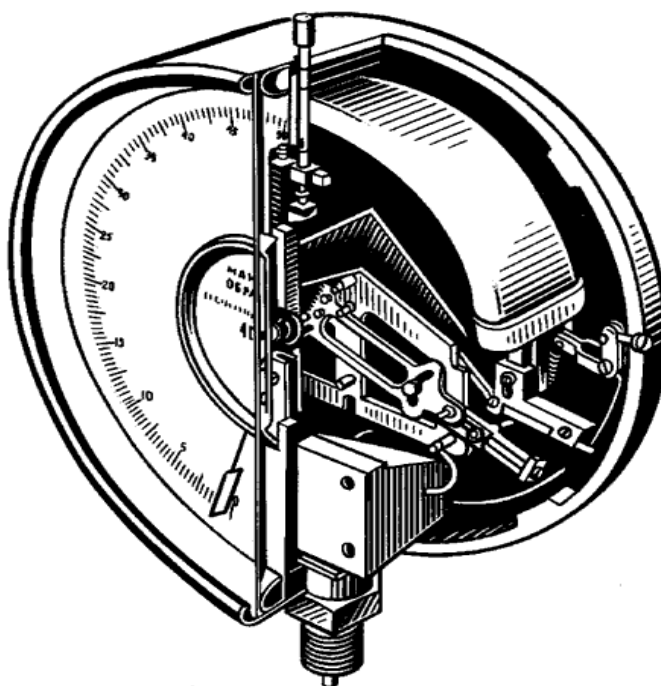


Рисунок 1.11 – Пружинний манометр

Мембранний манометр (рис. 1.12) працює за фізичним принципом пневматичної компенсації. У пристрої є спеціальна мембрана, рівень прогину якої залежить від впливу створюваного тиску. Зазвичай застосовується дві спаяних між собою мембрани, що утворюють коробку. Зі зміною обсягу коробки чутливий механізм відхиляє стрілку.

Основні технічні характеристики:

- корпус нержавіюча сталь;
- кільце на корпусі нержавіюча сталь;
- механізм нержавіюча сталь;
- скло багат шарове безпечне скло;
- клас точності клас 1,6.



Рисунок 1.12 – Мембранний манометр

Диференціальні манометри (рис. 1.13) є одними з найскладніших механізмів. Вони працюють за принципом вимірювання деформації всередині спеціальних блоків. Дані елементи манометра сприйнятливі до тиску. У міру деформації блоку спеціальний механізм передає зміни на стрілку, що вказує на шкалу. Рух покажчика відбувається до тих пір, поки перепади в системі не припиняться і не зупиняться на певному рівні.

Основні технічні характеристики:

- класи точності від 1 до 1,5;
- верхні межі вимірювань повинні відповідати граничним номінальним перепадам тиску;
- харчування дифманометрів від мережі змінного струму;
- напруга, 220 В;
- частота, 50 Гц;
- температура навколишнього середовища, від -40 °С до +70 °С;
- відносна вологість, до 80%;
- габаритні розміри: 235 мм × 205 мм × 165 мм;
- маса, не більше 16 кг.



Рисунок 1.13 – Диференціальний манометр

1.3 Передові компанії, що виробляють манометри в Україні та світі

Компанія виробник манометрів ТОВ НВП «УАМ», що входить до групи компаній, з 16-ти річним досвідом поставок контрольно-вимірювальних приладів, для більш ніж тисячі підприємств України, Росії, Казахстану, Вірменії, Грузії. Сучасне українське підприємство з виготовлення манометрів, вакуумметрів в Україні, які застосовуються в металургії, хімічної промисловості, ЖКГ, залізничному транспорті [6].

Манометри, вакуумметри виробництва ТОВ НВП« УАМ» внесені до державного реєстру засобів вимірювальної техніки України за № У3632-15 і № У3633-15. Манометри відповідають вимогам ДСТУ EN 837-1: 2004 і європейському стандарту EN 837-1: 1996, IDT.

Під час випуску з виробництва вся продукція виробництва ТОВ НВП « УАМ » піддається первинному калібруванню фахівцями, що атестовані на право повірки засобів вимірювальної техніки тиску.

Підприємство гарантує:

- своєчасну поставку якісної продукції;
- кращі ціни;

– гарантійне і післягарантійне обслуговування продукції, що поставляється.

Відома Харківська компанія з виготовлення контрольно-вимірювальних приладів МАНОМЕТР-ХАРКІВ, ПрАТ. Манометр-Харків – це компанія, яка займається виробництвом приладів для проведення замірів рівня, витрати, тиску. Основною перевагою компанії є надання повного комплексу послуг, пов'язаних з проведенням вимірів. На даний момент компанія займається виготовленням продукції за наступними напрямками:

- блоки живлення;
- вимірювання витрати;
- вимірювання рівня;
- вимірювання тиску;
- монтажні частини і аксесуари;– устаткування калібрування;
- реле тиску.

Також компанія після продажу надає послуги технічного обслуговування свого обладнання, таким чином забезпечуючи повний цикл від придбання до експлуатації своєї продукції. Продукція компанії гідно конкурує з міжнародними аналогами, якість продукції підтверджена багаторічною експлуатації на надскладних виробництвах, в тому числі на атомних станціях [7].

1.4 Сучасні MES – системи та методи контролю виробничих операцій манометрів

Виробник: AVEVA (Schneider Electric Software).

Citect SCADA (рис. 1.14) призначена для управління системами автоматизації будівель і технологічними процесами будь-якого масштабу в різних галузях промисловості, в тому числі в відповідальних додатках атомної енергетики, авіації та інших областях [8].

Програмний комплекс реалізує всі вимоги підприємства у вигляді єдиної інтегрованої системи та забезпечує гнучке управління розробкою, розгортанням, обслуговуванням, підтримкою і розвитком систем диспетчеризації технологічних процесів. Широкий спектр функціональних характеристик, простота застосування, висока продуктивність і автоматизація операцій, функціональна повнота і контроль якості гарантують максимально можливу надійності і безперебійну роботу системи. Citect SCADA вибирають багато відомих світових компаній, яким потрібно масштабне, гнучке і надійне рішення.

Система має недоліки, а саме вона не здатна вирішувати такі вузько спрямовані проблеми з тестування пружинних манометрів та перевірки їх якості.

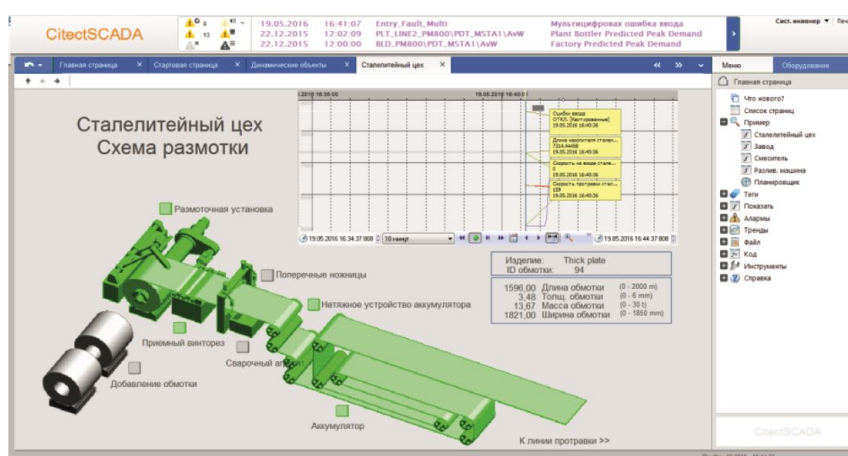


Рисунок 1.14 – Вікно програмного комплексу Citect SCADA

MES - система ФОБОС.

Система «ФОБОС» (рис. 1.15) вирішує завдання технологічної підготовки і організації виробництва. В системі реалізовано автоматизоване робоче місце технолога-розробника маршрутних і операційних технологій. Технологічні дані є основою для оперативного планування виробництва [9].

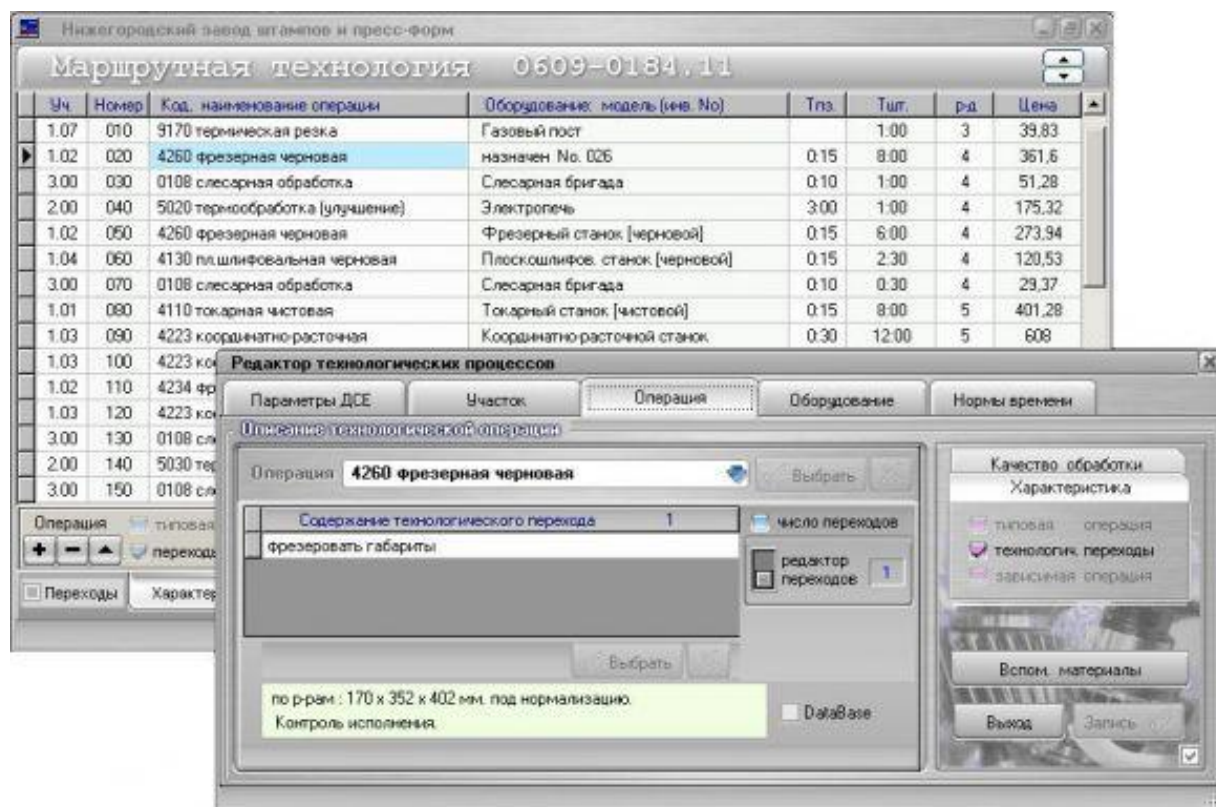


Рисунок 1.15 – Вікно програмного комплексу «ФОБОС»

У MES системі «ФОБОС» ведеться комплексний моніторинг в on-line режимі стану виробничих замовлень. У цій підсистемі ведеться детальний аналіз виникаючих затримок обробки деталей на кожній виробничій ділянці, контролюється їх поточний дефіцит, проводиться оперативний аналіз виробничих витрат (Activity Based Costing) в розрізі як основного технологічного обладнання, так і окремих виробничих замовлень [9].

До недоліків системи слід віднести наступне: система вирішує проблеми планування та організації різноманітних технологічних процесів, але не дозволяє взаємодіяти з технологічним процесом.

Система «YSB.Enterprise.Mes» за рахунок впровадження в середні підприємства була змушена розширити свій функціонал. У ній з'явилися нові опції, такі як: управління складським дефіцитом, формування портфеля замовлень, розрахунок заробітної плати персоналу різними методами. Зараз інтенсивно йдуть роботи над створенням модуля управління закупівлями. Система ще не є повноцінною ERP, але її функціональних можливостей

цілком достатньо для середніх підприємств. Таке позиціонування програмного продукту не випадково – підприємствам середнього та нижче середнього класу, потреби яких не задовольняються розробками ІС, не по кишені купувати повноцінну виробничу автоматизацію зарубіжних розробників. Вартість програмних комплексів, що входять до складу потужних виробництв, досить висока [10].

Розширені можливості системи «YSB.Enterprise.Mes» в порівнянні з MES дозволяють враховувати додаткові дані під час управління виробництвом. Так опція «управління складським дефіцитом» дозволяє виставляти пріоритети під час запуску замовлень у виробництві, наприклад: якщо недостатньо покупних матеріалів для виконання замовлення або відсутня передоплата за нього. Але в цій системі виконуються та вирішуються в основному бізнес процеси, що є також недоліком.

Система «PolyPlan» орієнтована на машинобудівну галузь. Крім класичного календарно-оперативного планування в функціональні можливості включено формування розкладу для транспорту, що здійснює транспортування деталей і комплектуючих між розподільчими центрами, складами прийому-видачі партій деталей і комплектуючих і бригадами наладчиків. В системі відсутня оперативна диспетчеризація [11].

Система «PolyPlan», в основному, застосовується для автоматизованих виробництв, але може бути адаптована під потреби неавтоматизованих цехів. Незважаючи на те, що вона орієнтована на машинобудівну галузь, використання системи виправдано і на етапі маркетингу в різних сегментах економіки. За її допомогою можна розрахувати можливість виконання замовлень за наявними тимчасовими фондами технологічного обладнання.

1.5 Висновки до першого розділу

Проведений аналіз показав стрімку динаміку зростання щорічних продажів манометрів у світі. Попит на промислові манометри високий, отже

зростає необхідність створення самих манометрів з високим рівнем якості.

Манометри застосовуються у різноманітних сферах нашого життя. Тому потрібно щоб кожен з них відповідав стандартам. При цьому необхідно враховувати:

- характер зовнішнього навантаження на прибор;
- специфічні нюанси у сфері застосування манометрів;
- характер зовнішнього довкілля.

Ці якості впливають на вибір промислових манометрів для необхідного місця їх використання.

Основними перевагами пружинних манометрів є простота конструкції, її цінність, а також надійність.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз існуючих видів манометрів;
- провести аналіз існуючих систем та методів контролю якості;
- провести аналіз існуючих методів виробництва манометрів;
- розробити алгоритм перевірки якості манометрів;
- розробити програмний комплекс автоматизованої перевірки якості манометрів;
- розробити та оформити пояснювальну записку згідно з методичними вказівками [1] і ДСТУ 3008-2015 [2].

2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧИХ ОПЕРАЦІЙ МАНОМЕТРІВ

2.1 Розробка структурної схеми системи контролю якості манометрів

Одним з головних етапів контролю виробництва манометрів є тестування. Процес контролю можна представити у вигляді структурної схеми. Даний процес включає в себе такі етапи: створення необхідного тиску у системі контролю, знімання показників з манометрів, який проходить тестування, а також запис та обробка отриманих даних з подальшим висновком про якість манометрів.

Процес контролю якості манометрів наведено на рисунку 2.1 у вигляді діаграми, де на вхід системи подаються данні манометрів (клас точності, діапазон значень, діаметр и т.д.), данні кутів повороту для манометрів та здійснюється подача тиску до системи. На виході системи отримуються дані щодо якості функціонування манометрів.

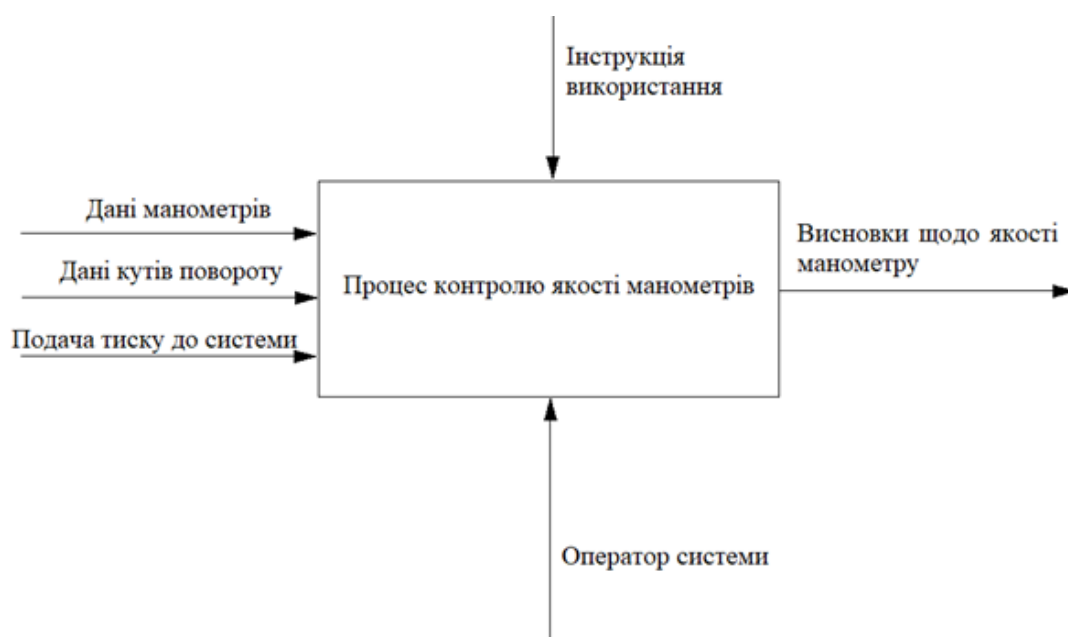


Рисунок 2.1 – Контекстна діаграма процесу контролю якості манометрів пружинного типу

Контекстну діаграму контролю якості манометрів пружинного типу представлено у вигляді структурної схеми (рис. 2.2). На початку в системі створюється потрібний тиск, який необхідний для перевірки та тестування манометра. Далі відбувається знімання показників з манометра, який проходить тестування, для подальших розрахунків. Після знімання показників проводяться необхідні розрахунки показників, на основі яких формується висновок щодо якості манометрів. На наступному етапі показники записуються в базу даних (БД) та на їх основі формується висновок.

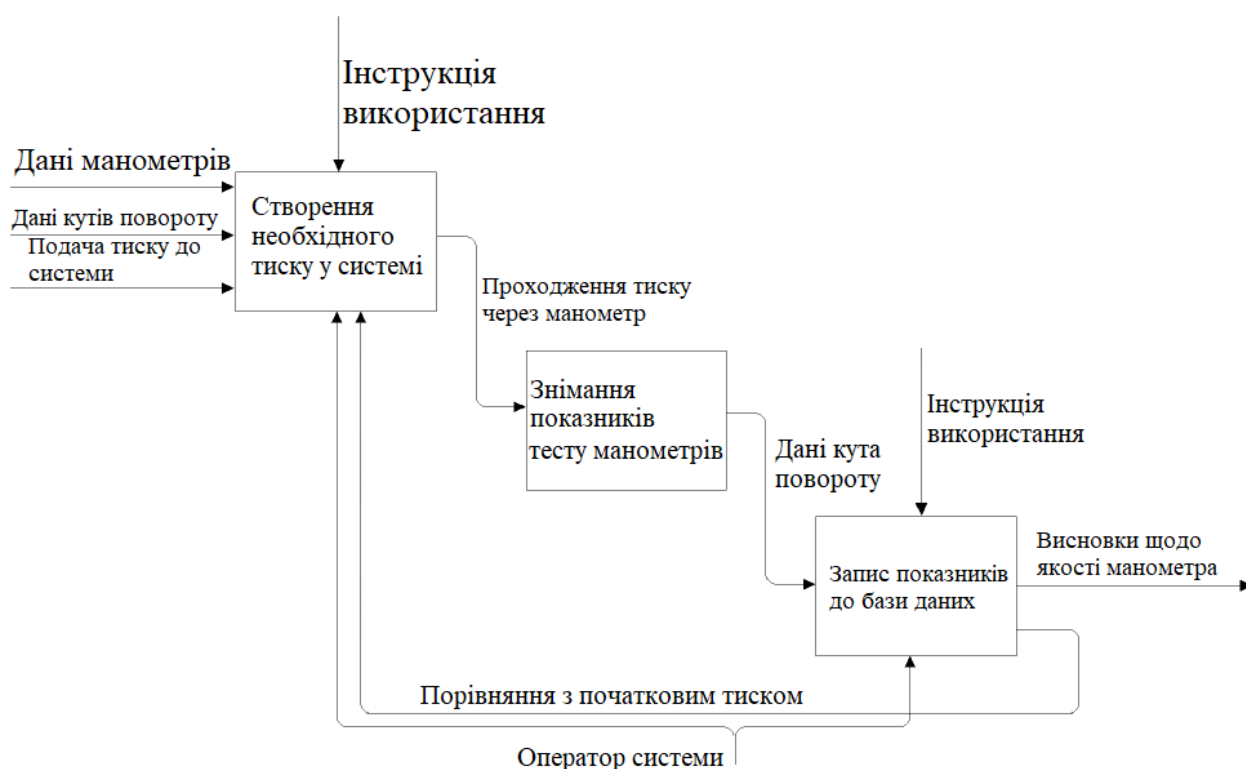


Рисунок 2.2 – Декомпозиція діаграми контролю якості манометрів пружинного типу

Після отримання даних про кут стрілки манометра, здійснюється їх сортування та подальша адаптація (рис. 2.3). Далі здійснюється висновок на основі отриманих даних стосовно працездатності манометра.



Рисунок 2.3 – Декомпозиція контекстної діаграми запису показників до бази даних

Після отримання даних, оператор на основі отриманих результатів приймає рішення про справність та точність роботи манометрів. Якщо показники задовольняють нормам цього манометра згідно з ДСТУ 4028:2001 [12], він проходить тестування та йде на продаж та використання.

2.2 Розрахунок кута стрілки манометрів під час подачі тиску на пружинний манометр

Вимірювання тиску потрібне майже в кожній галузі науки й техніки як для вивчення фізичних процесів, що відбуваються в природі, так і для нормального функціонування багатьох технічних пристроїв і технологічних процесів, створених людиною. Тиск P характеризує напружені стани рідин та газів і визначається часткою від ділення нормальної до поверхні сили N на площу F цієї поверхні:

$$P = \frac{N}{F}. \quad (2.1)$$

Розглянемо найбільш розповсюдженні пружинні манометри. Для розрахунків обрано загально технічний пружинний манометр 100R10.MGE

(рис. 2.4) від італійської компанії Italmanometri. Сфера застосування – вимірювання рідинного та газового тиску.

Опис манометру:

- манометр гідравлічний, наповнений гліцерином;
- корпус з нержавіючої сталі, діаметром 100 мм;
- для приєднання трубопроводів різьблення BSP 1/2 ";
- виробництво Італія (Italmanometri);
- корпус з нержавіючої сталі, циферблат аісі 304;
- байонетное кільце аісі 304;
- скло виконане з полікарбонату;
- циферблат від 80 мм до 150 мм ступінь захисту IP65;
- пружина BRASS, рух і шарнір;
- радіальне підключення;
- покажчик і циферблат виконані з алюмінію;
- колір фону циферблата білий;
- чорна шкала вказує значення в BAR, червона в PSI (крім датчика рівня);
- точність 1,0 % (1,6% на циферблаті 80 мм).

За способом підключення:

- радіальне підключення, RV (різьблення розташована в нижній частині корпусу);
- осьовий або аксіальне підключення, RA (різьблення знаходиться на задній стінці корпусу).

За тиском, у паскалях від $4 \cdot 10^5$ Па до 10^7 Па.

Манометр 100R10.MGE підходить для всіх технологічних рідин, що не впливають на деталі з мідних сплавів. Максимально його похибка $4 \cdot 10^5$ Па. Призначені для несприятливих умов експлуатації, де існує пульсація або вібрація.



Рисунок 2.4 – Манометр 100R10.MGE

Фізичні розміри манометра 100R10.MGE представлені в таблиці 2.1.

При необхідності, значення загальної (результуючої) похибки y_{Σ} в процентах розраховується за формулою (2.2).

$$\gamma_{\Sigma} = |\gamma_c| + 1/2\gamma_r + 1/4\gamma_n, \quad (2.2)$$

де γ_c γ_r γ_n – значення наведених похибок.

На рис. 2.5 – розміри манометра 100R10.MGE.

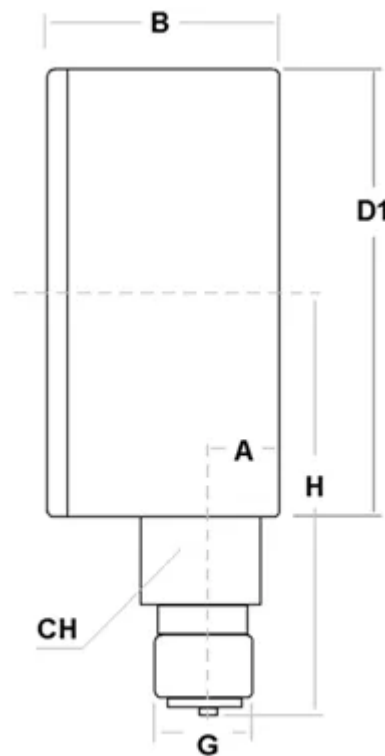


Рисунок 2.5 – Розміри манометра

Таблиця 2.1 – Фізичні розміри манометра

VAR	A	B	D	D1	H	G	CH	Кг	Lotto
dn 80	10	38	79	88	69	¼ BSPP	14	0,45	50

Для перевірки манометра, його порівнюють з показаннями еталонного зразка. Для цього приєднавши його до перевірного блоку, пускаємо через нього фіксований тиск. Датчик, що знаходиться перед манометром, зчитує положення стрілки манометра, шляхом відхилення стрілки на певний кут. Після чого передає інформацію про кут в програму обробки, яка порівнює з відомим даними співвідношення тиску підключення і кута відхилення стрілки. Дані заздалегідь були пораховані для конкретного екземпляра і занесені в таблицю 2.2. Фунт-сили на квадратний дюйм обчислюється за формулою (2.3).

$$psi = bar * 14,504 . \quad (2.3)$$

Таблиця 2.2 – Співвідношення тиску підключення і кута відхилення

bar	0	50	100	150	200	250
psi	0	725,189	1450,38	2175,57	2900,75	3625,94
*°	0	53	106	159	212	266

Датчик, який знімає показники відхилення стрілки з манометру, є оптичним енкодером. Енкодери (рис. 2.6) використовуються для перетворення лінійного або обертального руху в двійковий цифровий сигнал.

Енкодер являє собою пристрій, вал якого з'єднується з валом стрілки манометра, і забезпечує електронний контроль кута повороту останнього. На валу оптичного енкодера встановлено диск з вікнами переривання по периметру, навпроти яких розміщені світлодіод і фототранзистор, що забезпечують формування вихідного сигналу у вигляді послідовності прямокутних імпульсів з частотою, пропорційною як кількості вікон переривання, так і швидкості обертання диска вала. Кількість імпульсів відображає кут повороту.



Рисунок 2.6 – Енкодери кута повороту

Життєвий цикл манометрів налічує в собі шість основних стадій (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Життєвий цикл манометрів

Математично це має вид:

$$Des \rightarrow Pr \rightarrow T \rightarrow Pack \rightarrow FinT \rightarrow Us, \quad (2.4)$$

де *Des* – стадія проєктування;

Pr – стадія виробництва;

T – стадія тестування;

Pack – стадія пакування;

FinT – стадія фінального тестування;

Us – стадія експлуатації.

Манометричні трубчасті пружини (рис. 2.8) набули широкого поширення в якості чутливих елементів приладів і засобів автоматики. Підвищення вимог до точності і надійності приладів, необхідність зменшення габаритів приладів вимагає вдосконалення технічного рівня їх чутливих елементів. Одним з можливих шляхів поліпшення технічних характеристик манометричних пружин є застосування трубчастих пружин нових конструкцій – пружин зі змінною по периметру перетину товщиною стінки [13].

Система рівнянь (2.5) дозволяє розрахувати трубку, для якої площину $\eta = 0$, π є площиною симетрії форми поперечного перерізу і його деформації під час дії рівномірного нормального тиску.

$$\begin{cases} \left(\frac{1}{t}\Psi\right)' + \mu \cos \alpha = -m \sin \alpha \\ (t^3)' - \mu \Psi \cos \alpha = qp^0 \end{cases} \quad (2.5)$$

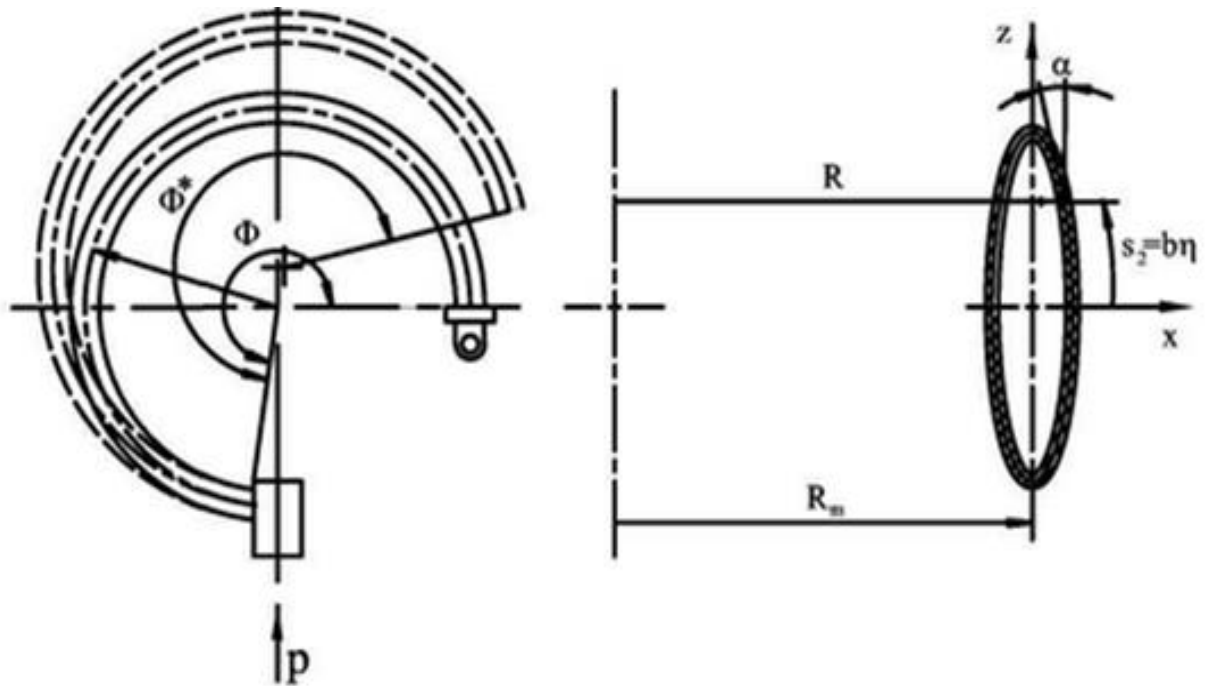


Рисунок 2.8 – Манометрична трубчаста пружина

Шукані функції ψ та σ , що характеризують відповідно напруги в стрижні і зміна початкового кута нахилу дотичній $\alpha(\eta)$, мають вид (2.6), (2.7).

$$\Psi(\eta) = \sqrt{12(1 - \nu^2)} \frac{b}{Eh_m^2} \int_0^\eta T_1(\eta) d\eta, \quad (2.6)$$

$$(\eta) = \alpha(\eta) - \alpha^*(\eta), \quad (2.7)$$

де η – безрозмірна координата;

ν – коефіцієнт Пуассона матеріалу трубки;

b – приведений радіус перетину;

T_1 – нормальне зусилля на одиницю довжини поперечного перерізу;

E – модуль пружності матеріалу трубки;

h_m – товщина стінки пружини в точці з координатою $\eta = \pi / 2$. Параметри q , μ і m , що враховують відповідно нормальний тиск, кривизну осі і її зміну, мають вигляд (2.8), (2.9), (2.10)

$$q = 12(1 - \nu^2) \frac{pb^3}{Eh_m^3}, \quad (2.8)$$

$$\mu = \sqrt{12(1 - \nu^2)} \frac{b^2}{R_m h_m}, \quad (2.9)$$

$$m = \mu^* - \mu, \quad (2.10)$$

де R_m – радіус центральної осі трубки.

Діюча у перерізі сила з $b = 1$ від одиничної навантаженості представлена функцією (2.11)

$$p^o = -\cos\alpha \int_0^\eta \cos\alpha d\eta - \sin\alpha \int_{\frac{x}{2}}^\eta \sin\alpha d\eta. \quad (2.11)$$

Відносна товщина стінки $t(\eta)$ визначається за допомогою співвідношення (2.12)

$$t(\eta) = \frac{h(\eta)}{h_m}, \quad (2.12)$$

де $h(\eta)$ – товщина стінки перетину.

2.3 Висновки до другого розділу

Розраховано данні кута повороту стрілки для вихідних даних манометра 100R10.MGE. Отримано данні фізичних розмірів манометра.

Проведено дослідження життєвого циклу манометрів, що включає до себе шість основних стадій – проєктування, виробництво, тестування, пакування, фінальне тестування та використання. Виявлено, що під час виробництва манометрів використовують матеріали, які компенсують один іншого під час змін температури навколишнього середовища.

3 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧИХ ОПЕРАЦІЙ МАНОМЕТРІВ

3.1 Обґрунтування вибору мови програмування

Основною мовою програмування для вирішення поставлених завдань, обрано Java. Характерні особливості та переваги Java [14]:

- проста;
- об'єктно-орієнтована;
- розподілена;
- надійна;
- безпечна;
- не залежить від архітектури комп'ютера;
- переносима;
- інтерпретується;
- високопродуктивна;
- багато потокова;
- динамічна.

3.2 Обґрунтування вибору програми трьохмірного простору для візуалізації манометра

Основною програмою трьохмірного простору, для візуального відображення манометрів, було обрано Maya (рис. 3.1).

Maya – редактор тривимірної графіки, доступний на Windows, macOS і Linux. Maya володіє широкою функціональністю 3D-анімації, моделювання та візуалізації [15].

Програма дозволяє вирішити необмежену кількість проблем, які зв'язані з візуалізацією різних об'єктів. Вона дозволяє виконувати різні

завдання, підвищує працездатність програмного комплексу та робить інтерфейс більш простим та зрозумілим для користувача.

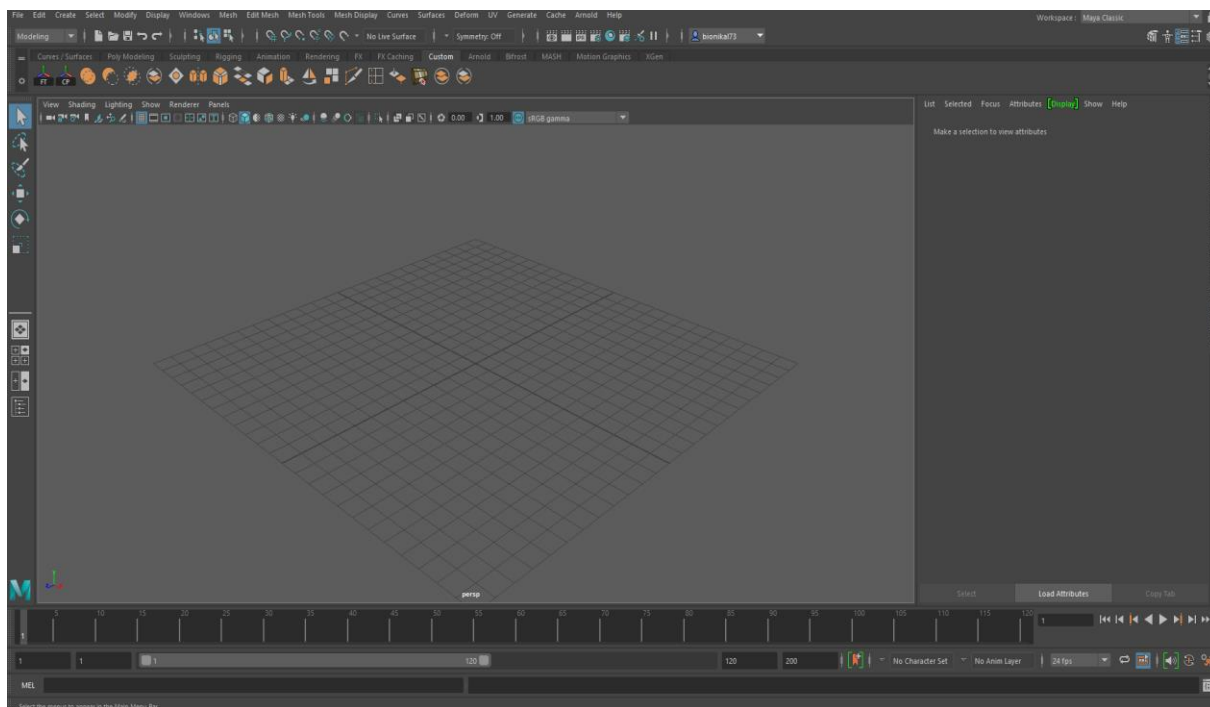


Рисунок 3.1 – Вікно програми Maya

3D-анімація створюється за допомогою різних програм. В даний час найбільшим попитом користуються Maya і 3ds Max від Autodesk, росте популярність Cinema 4D, не залишаються осторонь і шанувальники Blender. Метод створення 3D-анімації у всіх перерахованих програмах однаковий, будь то анімація для фільмів, для ігор, технічна анімація або прості заставки [15].

Називається цей метод кейфреймінг, або анімація за допомогою ключових кадрів. Кожна з програм має шкалою часу, або таймлайн, на якій фіксуються ключові кадри. У будь-якій з програм встановлюється залежність відстані від часу, яка лежить в основі будь-якого руху.

Велику частку на ринку займає Autodesk. 3ds Max і Maya протягом багатьох років утримують пальму першості. В останні роки Maya впевнено лідирує в анімаційній індустрії.

Завдяки широкій базі плагінів, Maya підтримує величезну кількість форматів файлів. Це файли растрових і векторних зображень, звукові та відеофайли, практично всі відомі 3D-формати: FBX, obj і т.д. І хоча 3ds Max за цим показником практично не відстає, гнучкий інструментарій Maya робить її неперевершеним редактором і конвертером форматів. Нарешті, більшість анімаційних студій, як в нашій країні, так і за кордоном активно використовують Maya для створення 3D-контента. Серед зарубіжних студій можна виділити таких гігантів, як Disney Animation, DreamWorks Pictures і Blue Sky Studios [15].

3.3 Планування та початкові дані для проведення експерименту

Для проведення експерименту у трьохмірному просторі з використанням програми Maya, зібрано манометр 100R10.MGE (рис. 3.2).

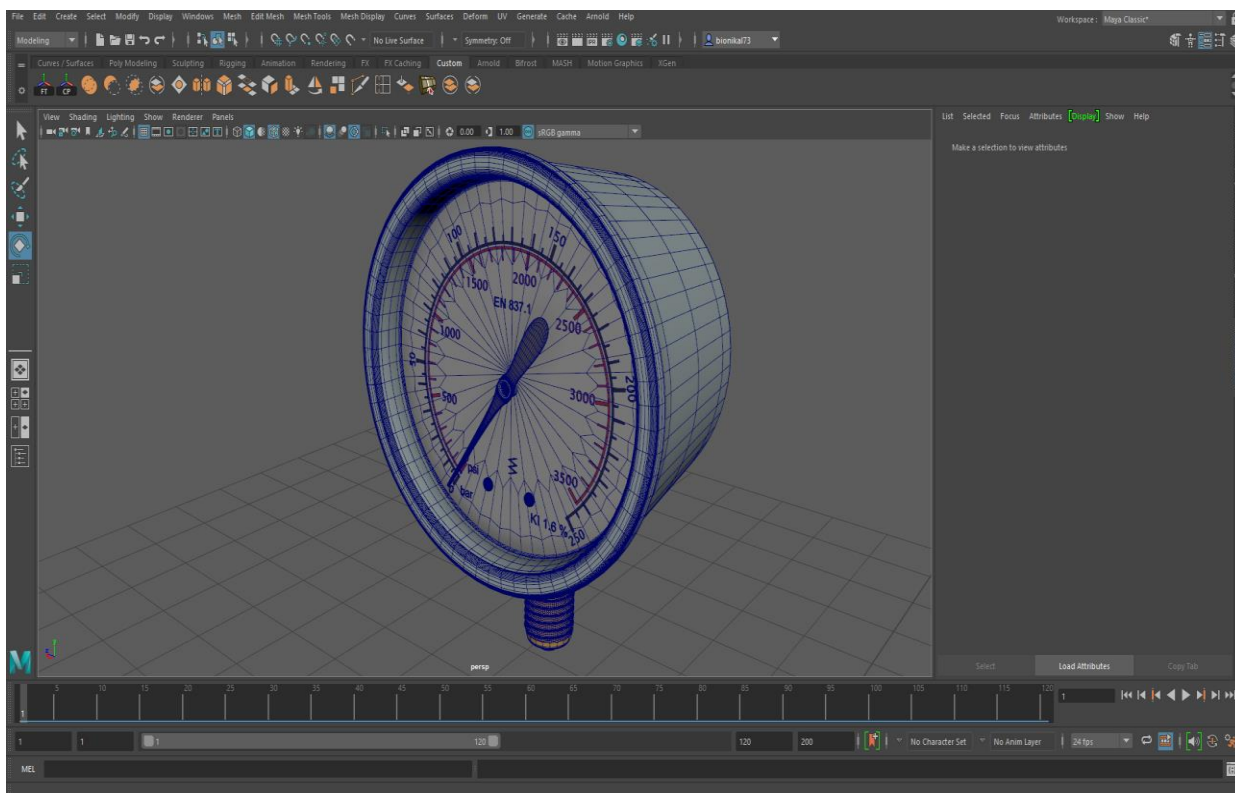


Рисунок 3.2 – Манометр 100R10.MGE у програмі Maya

Після цього проведено конвертування у стандартне розширення .fbx та зроблена UV-розгортка окремих частин манометру (рис. 3.3) для подальшого використання під час нанесення текстур.

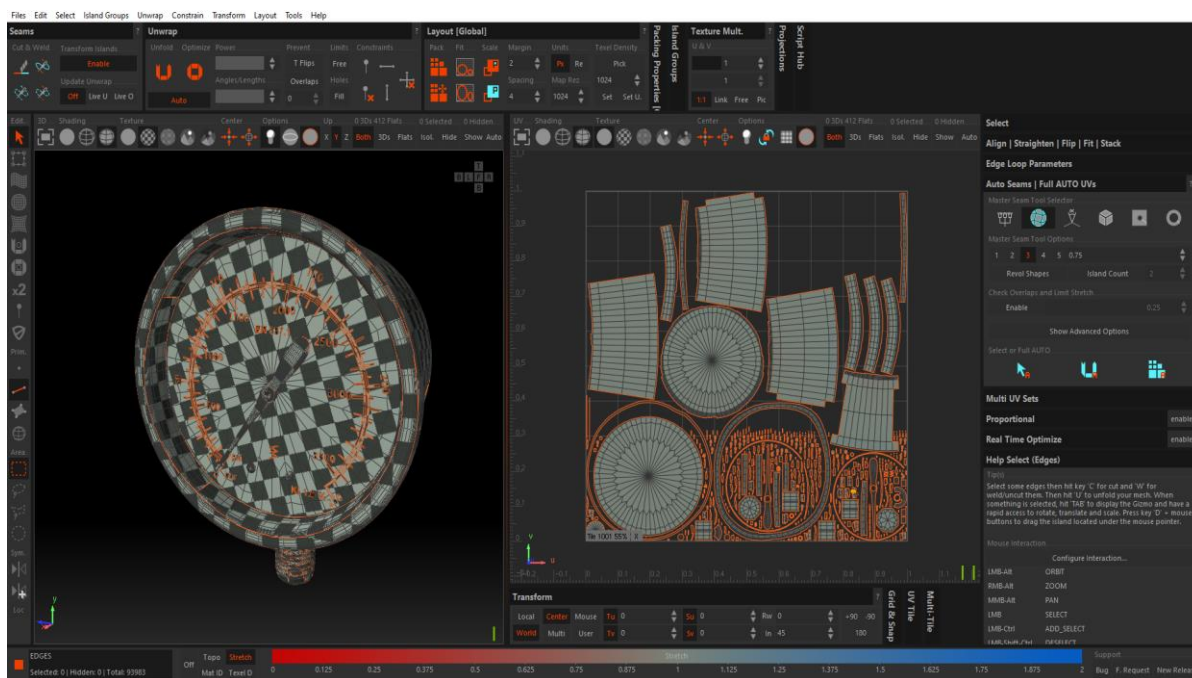


Рисунок 3.3 – UV-розгортка манометру 100R10.MGE

Після створення розгортки проведено тестування у програмі Substance Painter, та після запікання отримано такі карти, як: карта BaseColor (рис. 3.4) з основними кольорами манометру, карта Roughness (рис. 3.5), яка відповідає за жорсткість матеріалу, карта Metallic (рис. 3.6), яка відповідає за металевість певних зон матеріалу.



Рисунок 3.4 – Карта BaseColor

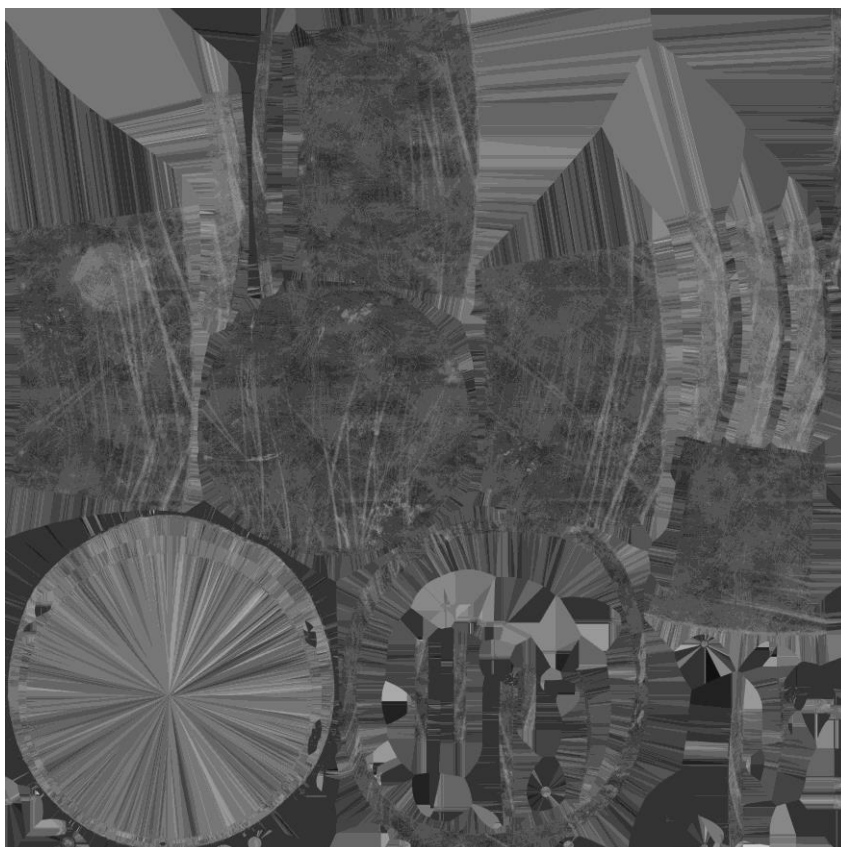


Рисунок 3.5 – Карта Roughness



Рисунок 3.6 – Карта Metallic

Усі карти згенеровано у розмірі 4096x4096 пікселів у форматі .jpg. Далі розроблено програмне забезпечення (рис. 3.7) для розрахунків результатів тестування манометра, завдяки підключеному інкодеру до вісі повертання вказівної стрілки. Після чого отримано результати точності та стійкості манометра. За результатами отриманих даних вирішується питання щодо точності та стійкості манометра.

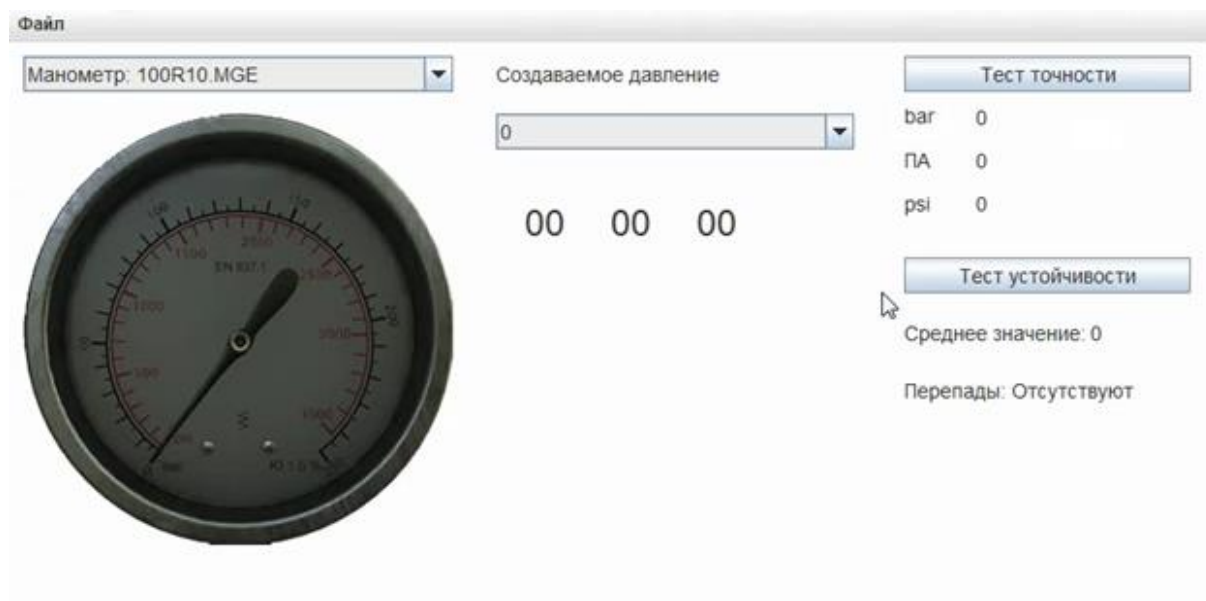


Рисунок 3.7 – Вікно програми тестування манометрів

Для оцінки ефективності розробленого програмного забезпечення проведено декілька вимірювань під час подачі тиску на манометр. Важливим компонентом є точність манометру та його стійкість при максимальному тиску. Отримано наступні результати (рис. 3.8): під час подачі на манометр тиску у розмірі $15 \cdot 10^6$ Па.

За отриманими результатами видно, що у точний момент часу, манометр показує 15013000 Па. Але середнє значення 15307000 Па за перших 6 секунд тесту. Це пов'язано з тим, що під час подачі тиску, перші значення до стабілізації системи можуть бути більші ніж реальне значення самого тиску. Але отримане значення задовольняє класу точності манометра і не перебільшує $4 \cdot 10^5$ Па.

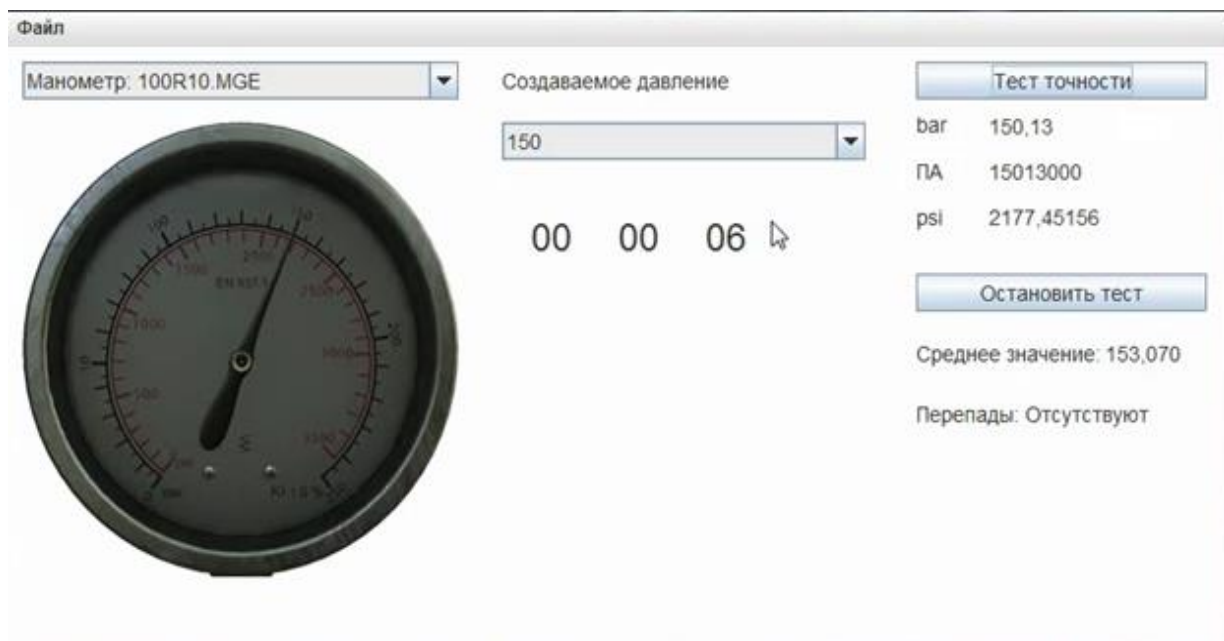


Рисунок 3.8 – Результат подання тиску в $15 \cdot 10^6$ Па

Далі проведено тест стійкості під час максимального тиску для цього манометру, який дорівнює $25 \cdot 10^6$ Па (рис. 3.9).

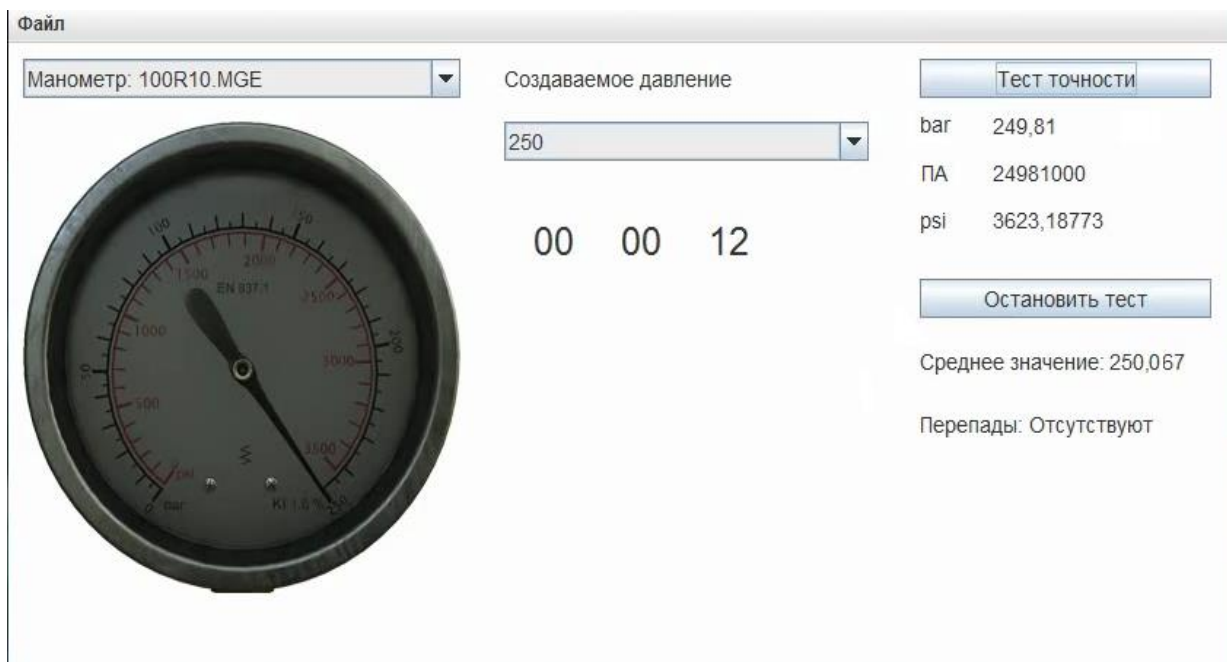


Рисунок 3.9 – Результат подання тиску в $25 \cdot 10^6$ Па

Отримане середнє значення стабілізувалося та близько наближено до значення поданого тиску та дорівнює 25006700 Па. Для повної перевірки

стійкості манометру необхідно залишити систему працювати набагато більше часу, для перевірки стійкості самого корпусу та наявності дефектів у ньому, що може привести до збоїв роботи манометра, в результаті чого він буде відображати некоректні данні.

3.4 Висновки до третього розділу

Під час розробки програмного забезпечення використовувалась мова програмування Java. Визначено, що вона дозволяє вирішити поставлені завдання на атестаційну роботу.

Для створення моделі манометра 100R10.MGE використано такі програми засоби, як Maya, за допомогою якого створено манометр у трьохмірному просторі, також програма RizomUV для створення розгортки манометра для подальшого використання. Далі використана програма Substance Painter для нанесення текстур манометру та створення різних карт.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Тестування манометрів проводиться в спеціальному приміщенні на підприємстві. Воно має параметри: одне робоче місце; один або більше при необхідності ПК. Електрична мережа приміщення має такі характеристики: трифазна чотирипровідна мережа напругою 380/220 В змінного струму, частота 50 Гц, з глухозаземленою нейтраллю.

Функціональна схема робочого місця представлена на (рис. 4.1).

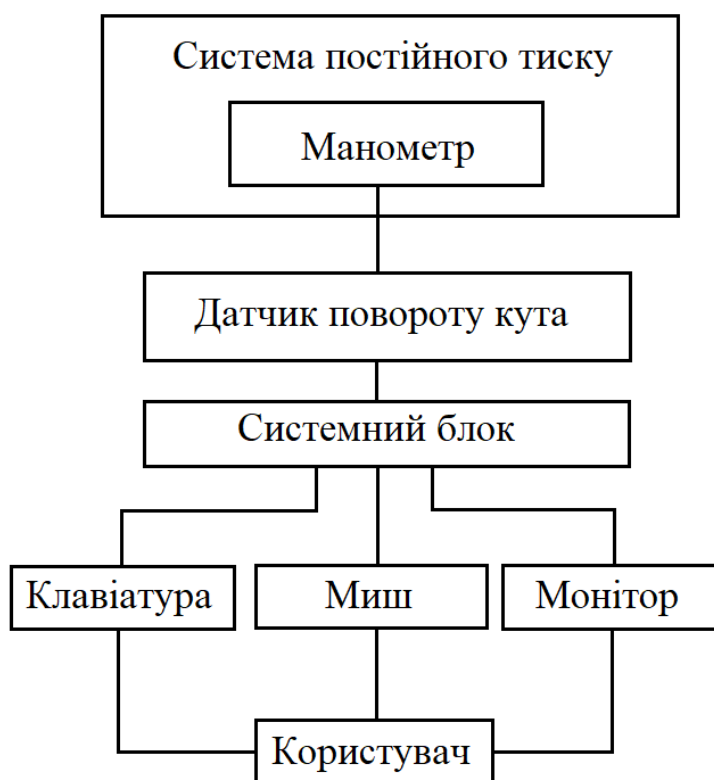


Рисунок 4.1 – Функціональна схема робочого місця користувача

Згідно з вимогами НПАОП 0.00-4.12-05 [16] проводиться вступний, первинний на робочому місці, повторний, цільовий і позаплановий інструктаж. Факт проведення інструктажу відзначається у відповідних журналах з підписами інструктованих і інструктуючого.

Оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень є наступними відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [16]:

– у холодний період: температура від 28° С до 32° С, відносна вологість від 40 % до 60 %, швидкість руху повітря менше або дорівнює 0,1 м/с;

– у теплий період: температура від 30° С до 34° С, відносна вологість від 40 % до 60 %, швидкість руху менше або дорівнює 0,1 м/с.

Визначення та вивчення факторів, що впливають на функціональний стан користувачів комп'ютерів дозволить виділити основні причини виникнення станів напруженості, стомлення, стресу і здійснити відповідні профілактичні заходи.

Трудова діяльність користувачів комп'ютерів відбувається у певному виробничому середовищі, яке впливає на їх функціональний стан. Найбільш значні – фізичні фактори виробничого середовища, до яких належать електромагнітні хвилі різних частотних діапазонів, електростатичні поля, шум, параметри мікроклімату та ціла низка світлотехнічних показників.

Гігієнічні вимоги визначають умови життєдіяльності і працездатності людини у процесі взаємодії з технікою і середовищем; показниками є рівень освітлення, температура, вологість, шум, вібрація, токсичність, загазованість тощо.

Організація робочого місця передбачає:

- правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні;
- вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення;
- раціональне компонування обладнання на робочих місцях;
- урахування характеру та особливостей трудової діяльності.

Загальні принципи організації робочого місця:

- на робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Усі необхідні для роботи предмети мають бути поряд із працівником, але не заважати йому;
- ті предмети, якими користуються частіше, розташовуються ближче, ніж ті предмети, якими користуються рідше;

– робоче місце не повинно бути забруднене;

Організація робочого місця користувача комп'ютера повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця.

ВИСНОВКИ

Під час виконання атестаційної роботи магістра, розроблено програмний комплекс контролю виробничих операцій манометрів.

В першому розділі проаналізовано принцип дії манометрів пружинного типу. Розглянуто внутрішній склад манометрів на основі трубки Бурдона. Також розглянуті манометри інших типів та їх характеристики. Проаналізовано питання з виготовлення манометрів та компаній з їх виробництва. Розглянуті питання з приводу сучасних MES-систем та їх виробників та методів контролю операцій на підприємстві.

В другому розділі розроблено алгоритм роботи контролю виробничих операцій манометрів. Запропоновано структурну схему системи контролю якості манометрів, надано опис її функціонування у системі з подальшою декомпозицією. Для проведення експерименту обрано манометр 100R10.MGE від італійської компанії Italmanometri та проведені необхідні розрахунки.

В третьому розділі виконано розробку програмного комплексу контролю виробничих операцій манометрів. Здійснено обґрунтування вибору мови програмування та середовища розробки трьохмірних об'єктів. Зібрано манометр у програмі Maya та наведено код програми.

Проведено експеримент та зібрано дані стосовно досліджуваного манометра.

Мета експерименту полягала в дослідженні процесу тестування манометра та отриманні результатів тестування.

Оцінка ефективності програмного комплексу включає в себе такі показники: швидкодія та точність кінцевих результатів. Результати експерименту показали, що розроблений програмний засіб є більш ефективним з точки зору швидкодії та точності сучасних систем контролю якості манометрів.

Розроблений програмний комплекс можна використовувати на підприємствах з виробництва різних манометрів для підвищення ефективності їх виробництва.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 ДСТУ 3008: 2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення [Текст]. – К.: ДП «УкрНДНЦ» , 2016. – 31 с.

2 Невлюдов, І.Ш. Дипломне проєктування для студентів усіх форм навчання спеціальностей 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [Текст]: навч. посіб. / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова. – К.: Київ-58, пр. Космонавта Комарова, 1, 2016. – 320 с.

3 Методичні вказівки з «Розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітні програми: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерноінтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» [Текст] / Упоряд. І.Ш. Невлюдов, В.В. Косенко, В.В. Євсєєв; М-во освіти і науки України, Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2019. – 55 с.

4 Положення про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

5 Манометры. Виды и устройство [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://tehpribory.ru/glavnaia> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

6 Манометры ООО НПП «УАМ» [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://manometers.com.ua/> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

7 МАНОМЕТР-ХАРЬКОВ [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://www.ua-region.info/24275859> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

8. MES системы - управление производством [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://asapcg.com/press-center/articles/> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

9 MES система ФОБОС [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://www.fobos-mes.ru/fobos-system/fobos-MES-system.html> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

10 Российские MES – системы [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://sapr.ru/article/14614> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

11 Best MES [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://www.getapp.com/p/sem/manufacturing-execution-software> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

12 ДСТУ 4028-2001. Манометри та калібратори надлишкового тиску поршневі. Загальні технічні вимоги. [Текст]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2007. – 35 с.

13 Класс точности манометра [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <http://www.hydro-pneumo.ru/topic.php?ID=188> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

14 Достоинства платформы Java [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://oracle-patches.com/coding/3413> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

15 ANIMATIONCLUB [Електронний ресурс]. – Електрон. текстові дані. – Режим доступу: <https://animationclub.ru/blogs/2569/3031/7-pricin-v-pol-zu-ma-a> – 23.12.2020 р. – Загол. з екрану.

16 Дзюндзюк, Б.В. Охорона праці [Текст] : збірник задач: навч. посіб. / Б.В. Дзюндзюк, В.Г. Іванов; М-во освіти і науки України, Харків Харків. нац. ун-т радіоелектроніки. – Харків : ХНУРЕ, 2006. – 236 с.