

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

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Розробка програмного модуля для автоматизації вибору пристроїв для виміру
(тема)

тиску на операції формоутворення

Виконав: студент 2 курсу, гр. АУТПм-19-1
Новенко М. Д.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація
та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньої програми Автоматизоване управління
технологічними процесами
(код і повна назва напрямку)

Тип програми освітньо-професійна
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Олександров Ю.М.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І.Ш.
(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра	Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми	освітньо-професійна
Освітня програма	Автоматизоване управління технологічними процесами (код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)
«_____» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Новенко Максиму Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка програмного модуля для автоматизації вибору пристроїв для виміру тиску на операції формоутворення

затверджена наказом по університету від 02.11. 2020 р. № 1510 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 05.12. 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи Датчик-реле тиску газу OsiSense XM;
Датчик тиску універсального призначення DANFOSS; Датчик тиску Organic;
Датчик тиску Fox; Датчик тиску / рідини BD SENSORS

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі:

4.1 Вступ;

4.2 Аналіз процесів формоутворення та подальшої термообробки;

4.3 Огляд сучасних типів пристроїв для виміру тиску;

4.4 Розробка методу вибору пристроїв виміру тиску;

4.5 Розробка програмного модуля для автоматизації вибору пристроїв для виміру тиску;

4.6 Проведення експерименту та порівняння результатів;

4.7 Розрахунок природного освітлення;

4.8 Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 15 с. формату А4

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

Найменування розділу	Керівник (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	проф. Олександров Ю.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	01.11.2020 р.	Вик.
2	Аналіз процесів формоутворення та подальшої термообробки	03.11.2020 р.	Вик.
3	Огляд сучасних типів пристроїв для виміру тиску	05.11.2020 р.	Вик.
4	Розробка методу вибору пристроїв виміру тиску	10.11.2020 р.	Вик.
5	Розробка програмного модуля для автоматизації вибору пристроїв для виміру тиску	21.11.2020 р.	Вик.
6	Оформлення пояснювальної записки	26.11.2020 р.	Вик.
7	Подання роботи до ЕК	05.12.2020 р.	Вик.

Дата видачі завдання 01.09.2020 р.
 Студент _____

 (підпис)
 Керівник роботи _____

 (підпис)

Новенко М.Д.
 (прізвище, ініціали)
Олександров Ю.М.
 (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 98 с., 12 табл., 37 рис., 39 джерел, 1 дод.

ПРОЦЕС, ФОРМОУТВОРЕННЯ, ВИРОБИ, МЕТАЛ, МЕТОД.

Об'єкт дослідження – процес вибору пристроїв для виміру тиску на виробництві на операції формоутворення.

Предмет дослідження – фізико-технологічні параметри формоутворення металів.

Методи дослідження – теорія множин, метод «згортки».

Мета магістерської атестаційної роботи – підвищення якості металевих виробів, отриманих формоутворенням під тиском, за рахунок автоматизації процесу вибору пристроїв з необхідними параметрами.

У магістерській атестаційній роботі проведено аналіз особливостей процесу формоутворення та термообробки при формоутворенні металевих виробів.

В роботі розроблено метод та алгоритм вибору пристрою для виміру тиску, на базі яких в обраному середовищі Visual Studio розроблено програмний модуль для автоматизації вибору таких пристроїв.

Визначено надійність розробленої системи та проведено експеримент.

Для визначення основних шкідливий виробничий факторів в робочій зоні виконали необхідні розрахунки в підрозділі з охорони праці.

ABSTRACT

Explanatory note contains: 98 pages, 12 table, 37 figures, 39 sources, 1 addition

PROCESS, FORMATION, PRODUCTS, METAL, METHOD.

The object of research – process of selecting devices for measuring pressure in production of molding operations.

Subject of research – physical and technological parameters of metal forming.

Methods of research – set theory, method of "convolution".

The purpose of work – improving the quality of metal products obtained by molding under pressure, by automating the process of selecting devices with the necessary parameters.

In this work analysis of molding process features and heat treatment at molding of metal products is carried out.

The work develops method and algorithm for selecting device for measuring pressure, on basis of which in selected environment Visual Studio developed a software module to automate selection of such devices. The reliability of developed system was determined and an experiment was performed.

To determine main harmful production factors in work area performed necessary calculations in labor protection units.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 Аналіз особливостей процесу формоутворення	11
1.1 Класифікація методів формоутворення	11
1.2 Аналіз особливостей операцій формоутворення методом листового штампування	19
1.3 Аналіз особливостей термообробки при формоутворенні металевих виробів	24
1.4 Огляд сучасних типів пристроїв для виміру тиску на операції формоутворення	31
1.5 Постановка задач досліджень	35
1.6 Висновки до першого розділу	36
2 Розробка методу вибору пристроїв виміру тиску на виробництві при формоутворенні виробів з металу	37
2.1 Опис вибраного методу формоутворення металевих виробів	37
2.2 Завдання умов та обмежень на вхідні параметри	45
2.3 Розробка методу вибору пристрою для виміру тиску	50
2.4 Висновки до другого розділу	54
3 Розробка програмного модуля для автоматизації вибору пристроїв для виміру тиску	56
3.1 Обґрунтування вибору середовища розробки і мови	56
3.2 Опис інтерфейсу програми	60
3.3 Опис принципу роботи розробленої системи вибору ПВТ	76
3.4 Визначення надійності розробленого модуля	80
3.5 Проведення експерименту та порівняння результатів	83
3.6 Забезпечення безпечних умов праці при розробці програмного модуля	86

3.7 Висновки до третього розділу	91
Висновки	93
Перелік джерел посилання.....	95
Додаток А Демонстраційний матеріал	99

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ВКМ – важкі кольорові метали;

ЗГ – загартування;

ЕП – електричний печі;

ЛКМ – легкі кольорові метали;

ЛШ – листове штампування;

ПВТ – пристрій для виміру тиску;

СВЧ – струм високої частоти;

СРЗ – середовище для загартування;

ТП – технологический процесс;

ТР – технічне рішення.

ВСТУП

Сучасний стан проблеми формоутворення будь-якої деталі вимагає використання спеціальних технологій та обладнання. На сьогоднішній день металургія – найбільша індустрія, яка включає ринки сучасного обладнання і розробників, що динамічно розвиваються.

Протягом тривалого часу формоутворення виробів здійснювалося за двома напрямками: з видаленням матеріалу, без видалення матеріалу.

До технологій обробки з видаленням матеріалу відносять всі види обробки: різанням, електрохімічну та електроерозійну обробку, плазмову, лазерну різку і т.п. Для реалізації цієї технології і досягнення необхідної точності потрібна наявність великої кількості інструментів, форма яких, як правило, визначає геометрію отримуваних поверхонь.

До технологій обробки без видалення матеріалу відносять обробку тиском, ливарні технології і термообробку. Дані технології застосовуються в промисловому виробництві заготовок і готових виробів з використанням ливарних форм, штампів і кувальних інструментів.

Як на Україні, так і за її межами постійно підвищувалися точність і продуктивність цих технологій, ускладнювалася геометрія виробів, але до кінця ХХ століття нових методів формоутворення створено не було.

Актуальність питання формоутворення виробів з подальшим загартуванням в умови промислового розвитку країн в останні роки стає все гостріше, оскільки вплив на вироби з металу сучасними методами дозволяє:

- збільшити ресурс міцності і зносостійкості матеріалу;
- термообробка підвищує рівень корозійної стійкості та інші показники матеріалу, які в свою чергу є насущними в багатьох сферах: радіотехніці, промисловості, машинобудуванні, військовій справі, гірничодобувної і т.д.

Одним з найбільш поширених технологій термообробки металів є загартування (ЗГ) сталі. Саме за допомогою загартування формуються

необхідні характеристики готового виробу, а її неправильне виконання може привести до зайвої м'якості металу (непрокалювання) або до його надмірної крихкості (перегрівання).

Одна з основних проблем, яка існує в при формоутворенні – отримання високих властивостей виробу з листового металу, а також буває, що матеріал деформований, що безпосередньо впливає на якість виробу.

Часто зустрічаються внутрішні деформації після процесу формоутворення, але якщо деталь отримана методом виготовлення під тиском (штампуванням), то цього можна уникнути. Такий параметр, як тиск, необхідно постійно контролювати, щоб не допустити його підвищення / пониження, оскільки він вплине на перепади температури, а це в подальшому вплине на появу тріщин та інших дефектів.

Щоб вирішити цю проблему, потрібно починати з вимірювання і регулювання тиску.

Вимірювання тиску при формоутворенні дозволить:

- підвищити якість отриманого виробу;
- забезпечити безпеку виробництва в цілому.

На ефективність вимірювання тиску при формоутворенні та подальшому загартуванні, впливає його конструкція, а саме, простота пристрою, зручність і безпека його в роботі, тому тема атестаційної роботи є актуальною.

Об'єкт дослідження – процес вибору пристроїв для виміру тиску на виробництві на операції формоутворення.

Предмет дослідження – фізико-технологічні параметри формоутворення металів.

Методи дослідження – теорія множин, метод «згортки».

Мета магістерської атестаційної роботи – підвищення якості металевих виробів, отриманих формоутворенням під тиском, за рахунок автоматизації процесу вибору пристроїв з необхідними параметрами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз процесів формоутворення та подальшої термообробки виробів з металу;
- провести аналіз впливу тиску при формоутворенні виробів з металу;
- обґрунтувати вибраний метод формоутворення;
- розробити метод вибору пристрою для виміру тиску;
- розробити програмний модуль для автоматизації вибору пристроїв для виміру тиску на виробництві при формоутворенні виробів з металу;
- провести експериментальне дослідження для оцінки створеного модуля;
- оформити пояснювальну записку згідно з рекомендаціями [1 – 7], та вимогами ДСТУ 3008:2015 [2].

Результати магістерської атестаційної роботи опубліковані в науковому збірнику [8].

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ

1.1 Класифікація методів формоутворення

У сучасній цивілізації наука відіграє особливу роль. Технологічний прогрес ХХ століття, що привів до нової якості життя, базується виключно на наукових дослідженнях [9].

Технологічний прогрес (формоутворення) – сукупність процесів, методів і способів отримання готової деталі з необхідними розмірами, формою та якістю поверхні [8].

Для того, щоб отримати деталь з заданими геометричними параметрами: форма, розміри, шорсткість поверхні є два методи (рис. 1.1): «горизонтальний» та «вертикальний».

При «горизонтальному» методі:

- створюються нові зв'язки (наприклад, процеси лиття – створення нового тіла за рахунок кристалізації розплаву);
- зберігаються наявні зв'язки (перерозподілу матеріалу при його пластичній деформації).

При «вертикальному» методі формоутворення загальної конфігурації деталі обсяг / маса вихідного матеріалу більше (формоутворення «зверху вниз») або менше (формоутворення «знизу вгору») обсягу / маси деталі.

Розглянемо ще одну класифікацію процесів формоутворення – «зверху вниз» і «знизу вгору».

Один з традиційних методів при «вертикальному» формоутворенні деталей – «зверху вниз» також його називають «з єдиної заготовки». Суть методу, наприклад, у відділенні від цілої частини вихідного матеріалу «зайвих» елементів (наприклад, стружки) з метою отримання необхідної форми (розривання зв'язків).

Особливість цього методу формування деталі з єдиної заготовки залежить від методів виготовлення класифікація яких наведена на рис. 1.1 [10, 11].

Отримання форми окремо взятої поверхні. Застосування методів, що володіють найменшими технологічними можливостями: за одну операцію можна утворити форму тільки однієї окремо взятої поверхні. Форма деталі буде виходити за рахунок послідовного формоутворення форм поверхонь.



Рисунок 1.1 – Класифікація методів виготовлення деталей

Отримання форми поєднання окремо взятих поверхонь. Застосовуються методи, що забезпечують отримання поєднання декількох поверхонь за одну операцію. Форма деталі буде утворюватися шляхом послідовного поєднання поверхонь.

Отримання за одну операцію як окремо взятих поверхонь, так й їх поєднання. Форма деталі буде утворюватися шляхом послідовного утворення поверхонь та їх поєднання.

Застосування методів, що забезпечують отримання за одну операцію всієї форми деталі. Отримання деталі за рахунок з'єднання з окремих заздалегідь виготовлених частин. Такі методи застосовуються при виготовленні великогабаритних і масивних деталей, коли енергетичні потужності і габаритні розміри обладнання обмежують можливості

формоутворення форм, а також при виготовленні деталей, форма яких складається з поєднання окремо взятих поверхонь, технологічно важко формоутворюються в єдиній заготовці [11].

При формоутворенні «зверху вниз» можливе видалення матеріалу у вигляді:

- стружки (лезова або абразивна обробка різанням);
- розчину (електрохімічна обробка);
- крапель рідини (електроерозійна обробка);
- пара (лазерна обробка).

Формування «знизу вгору» – шлях виготовлення деталей за рахунок нарощування (збільшення зв'язків) її елементів (зварювання, наплавлення, адитивні технології).

Приклад «нарощування» елемента за методом "знизу вгору" наведено на рис. 1.2 [12].

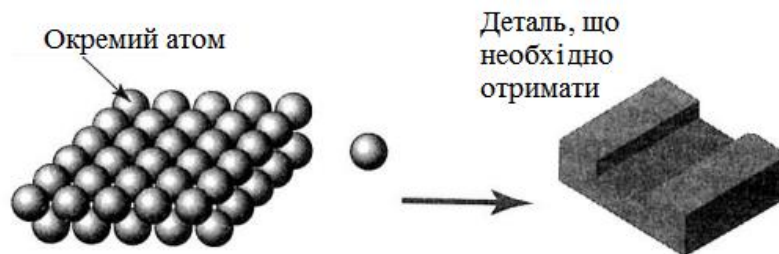


Рисунок 1.2 – Отримання необхідної деталі шляхом складання на атомарному рівні за методом «знизу-вгору» («bottom-up»)

Розглянемо іншу класифікацію методів формоутворення, яка відноситься до технологій обробки без видалення матеріалу – обробка тиском, ливарні технології і термообробка.

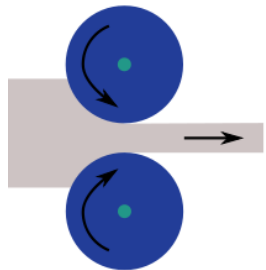
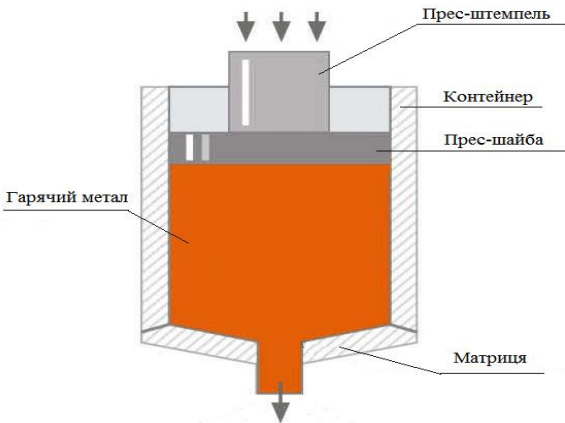
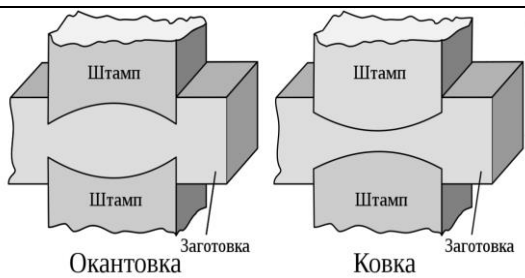
Взагалі процеси обробки металів тиском за призначенням підрозділяють на два види:

- для отримання заготовок постійного поперечного перерізу по довжині (прутків, дроту, стрічок, листів), що застосовуються в якості заготовок для

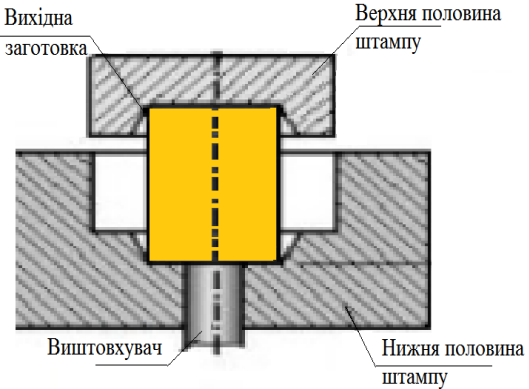
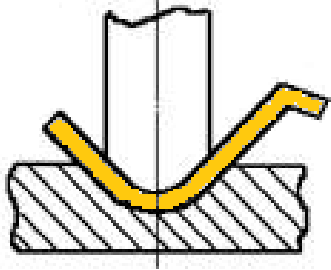
подальшого виготовлення з них деталей тільки обробкою різанням або з використанням попереднього пластичного формозміни, основними різновидами таких процесів є прокатка, пресування і волочіння;

– для отримання деталей або заготовок (напівфабрикатів), що мають форми і розміри, наближені до форм і розмірів готових деталей, і вимагають обробки різанням лише для додання їм остаточних розмірів й отримання поверхні заданої якості (основними різновидами таких процесів є кування і штампування). Розглянемо методи обробки тиском, які наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Види обробки металів тиском

Вид обробки	Суть методу	Загальна схема
Прокатка	Полягає в пластичному деформуванні тіл між обертовими привідними валками.	
Пресування	Полягає в продавлюванні заготовки, що знаходиться в замкнутій формі, через отвір матриці, причому форма і розміри поперечного перерізу видавленої частини заготовки відповідають формі і розмірам отвори матриці.	
Ковка	Полягає в змінюванні форми і розмірів заготовки шляхом послідовного впливу універсальним інструментом на окремі ділянки нагрітої заготовки.	

Продовження табл. 1.1

Вид обробки	Суть методу	Загальна схема
Штампуння	Полягає в змінюванні форми і розмірів заготовки за допомогою спеціалізованого інструменту – штампун (для кожної деталі виготовляють свій штампун), який складається з матриці, пуансона і додаткових частин. Розрізняють об'ємну і листову штампуння.	
Листове штампуння	Полягає в отримання плоских і просторових порожніх деталей із заготовок, у яких товщина значно менше розмірів в плані (лист, стрічка, смуга). Зазвичай заготовка деформується за допомогою пуансона і матриці.	

Переваги прокатки: широка номенклатура виробів; висока продуктивність; метод піддається автоматизації.

Недоліки прокатки: поверхня виробу вимагає механічної обробки (недостатньо точна і чиста); висока капіталомісткість і матеріаломісткість; енергоємність; потрібно термічна обробка виробів.

Переваги пресування: метод піддається автоматизації; висока продуктивність та точність і чистота поверхні; можна отримувати складні профілі; легко перейти на виготовлення іншого профілю, помінявши матрицю.

Недоліки пресування: обмеженість номенклатури за матеріалом та профілями; висока вартість контейнера і матриці; високі енерговитрати (нагрів металу).

Переваги ковки – єдиний метод одержання особливо великих виробів, до яких пред'являються особливі вимоги до якості внутрішньої кристалічної структури, у зв'язку з сильними механічними навантаженнями.

Недоліки ковки: висока вартість обладнання та низька продуктивність; низька точність і чистота поверхні – необхідна механічна обробка, отже – високі витрати металу; висока енергоємність, пов'язана з нагріванням заготовки; потребує висококваліфіковану робочу силу.

Переваги листового штампування: метод легко піддається автоматизації; точна, гладка чиста поверхня виробу, практично не вимагає механічної обробки; висока продуктивність; внутрішня структура – порівняно однорідна, дрібнокристалічна; виріб не вимагає термічної обробки; не вимагає висококваліфікованої робочої сили; низька (у порівнянні з гарячим об'ємним штампуванням) енерго- і капіталомісткість.

Недоліки листового штампування: низькі конструкційні властивості виробів, обумовлені вихідним матеріалом («кипляча сталь»); обмеженість номенклатури, обумовлена товщиною заготовки (не більше 5 – 10 мм); висока стомлюваність робочої сили на конвеєрі.

Таким чином, штампування вигідне для серійного і великосерійного виробництва невеликих виробів середньої та низької якості зі сталі та кольорових металів і сплавів.

Другий вид формоутворення – ливарні технології наведені в табл. 1.2.

Існують різні методи лиття металів, які відрізняються один від одного технологією, оскільки для кожного матеріалу потрібно створити певні умови, щоб він заповнював всі порожнини заздалегідь підготовленої форми. Це пов'язано з різною рідкоплинністю металів.

Таблиця 1.2 – Види обробки (ливарні технології)

Вид обробки	Суть методу
Лиття в одноразові піщано-глинисті форми	Полягає в виготовленні по напів-моделям напів-форм з піску і глини; просушування напів-форм і складання з них форми; заливці в форму розплавленого металу; вибивання форми і витягання виробу з наступною механічною і термічною обробкою.
Кокільне лиття	Полягає в заливці розплавленого металу в багаторазову сталеву або чавунну форму і витяганні затверділої виливки.
Лиття під тиском	Полягає в заливці розплавленого металу в сталеву прес-форму, попередньо підігріту і змащену; застигання металу під тиском; розкриття прес-форми і витягування виливки.
Відцентрове лиття	Полягає в заливці розплавленого металу в обертову сталеву або керамічну форму; під дією відцентрових сил метал притискається до стінок виливниці і застигає під тиском.
Лиття по виплавлюваних моделях	Полягає в виготовленні по моделі тонкостінної керамічної форми; виплавлення з форми моделі і заливки в неї розплавленого металу, з подальшим отриманням затверділої виливки після розбивання форми.
Оболонкове лиття	Полягає в отриманні міцної оболонки; модельна оснастка з напівтвердою оболонкою поміщається в піч, а далі смола полімеризується і переходить в твердий стан. Потім оболонка знімається з моделі і скріплюється з другої оболонкою. Оболонкові форми поміщаються в опоку, засипаються зовні піском або чавунної дробом, після чого в неї заливається розплавлений метал. Після затвердіння виливок легко витягується з форми, тому що зв'язує пісок смола вигорає.

Переваги лиття в одноразові піщано-глинисті форми – отримання практично будь-які по конфігурації і масі вироби з кольорових і більшості чорних сплавів; низька вартість матеріалу форми; широка номенклатура виробів, можливість виготовлення великогабаритних виробів; можливість використання (в основному) робочої сили низької кваліфікації; простота технологічного процесу; модель використовується багаторазово.

Недоліки: важкі та шкідливі умови праці; низька точність і чистота поверхні, потрібно механічна обробка; однократність використання форми; високі витрати металу на літники, випори; складність в організації механізації і автоматизації процесу; нерентабельність виготовлення виливків зі складною поверхнею вуглецевих сталей.

Переваги кокільного лиття: легко піддається автоматизації і механізації; форма використовується багаторазово; висока продуктивність, а також точність і чистота поверхні, виріб майже не потребує механічної обробки; малі відходи металу; порівняно однорідна і дрібнокристалічна внутрішня структура виливки.

Недоліки кокільного лиття: висока вартість кокіля; обмеження номенклатури за матеріалом; складність отримання виробів з внутрішніми порожнинами; неможливість отримання тонкостінних виробів.

Переваги лиття під тиском: повністю піддається автоматизації, вимагає автоматизації; дуже висока продуктивність; висока точність і чистота поверхні, вироби майже не потребують механічної обробки; дрібнокристалічна, однорідна внутрішня структура.

Недоліки лиття під тиском: неможливе отримання виробів з особливо якісної внутрішньою структурою; обмеження номенклатури за матеріалом (легкоплавкі метали) і масі; висока вартість основних засобів; неможливість отримання виробів з внутрішніми порожнинами (за винятком лиття з вакуумним всмоктуванням) і складною поверхнею.

Переваги відцентрованого лиття: легко піддається автоматизації; можливість отримання біметалевих виробів; висока точність і чистота

поверхні, виливки не вимагають додаткової механічної обробки; висока продуктивність; можливість організації безперервного лиття.

Недоліки відцентрового лиття: висока вартість основних фондів та складність і вартість налагодження і переналагодження обладнання; обмеження номенклатури.

Таким чином, метод вигідний для великосерійного і масового виробництва труб.

Переваги лиття по виплавлюваних моделях: піддається автоматизації; отримання виливки будь-якої складності; висока точність і чистота поверхні, яка не потребує подальшої механічній обробці; немає обмежень по матеріалу виробів.

Недоліки лиття по виплавлюваних моделях: висока вартість матеріалів форми; форма і модель використовується одноразово; обмеження номенклатури за масою (50 – 70 кг); вироби з чорних металів і сплавів потребують термічній обробці.

Переваги оболонкового лиття: легко автоматизується; можливість отримання тонкостінних виробів; модель використовується багаторазово; немає обмеження номенклатури за матеріалом.

Недоліки оболонкового лиття: необхідність проведення робіт з розпеченої оснащенням; форма використовується одноразово; обмеження номенклатури за масою (до 100 кг); вкрай шкідливі умови праці, пов'язані з виділенням продуктів деструкції фенолформальдегідної смоли.

1.2 Аналіз особливостей операцій формоутворення методом листового штампування

Технологія листового штампування (ЛШ) – сукупність методів, процесів і матеріалів, використовуваних для отримання виробів з листової заготовки методами обробки тиском [13].

Суть формоутворення металевих виробів методом листового штампування, його переваги та недоліки були розглянуті в підрозділі 1.1, а одна з переваг – метод легко піддається автоматизації; практично не вимагає термічної обробки. Проаналізуємо детальніше цей метод.

Штампування означає виготовлення виробів обробкою тиском із застосуванням спеціального інструменту штампа.

Деталі, отримані ЛШ, мають високу міцність і твердість при мінімальній масі і відрізняються співмірністю.

Залежно від товщини листа (заготовки) с ЛШ умовно поділяється на наступні групи: тонколистову штамповку ($s < 4$ мм); нормальну ($s = 4 \dots 15$ мм); товстолистову ($s > 15 \dots 20$ мм) [13].

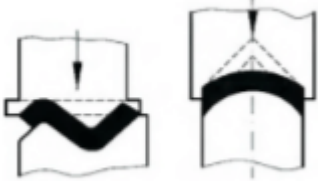
Всі процеси ЛШ можуть бути розбиті на наступні основні групи операцій: розділові, формозмінюючі, пресувальні, комбіновані, штампо-складальні.

Крім класичних способів штампування (що зазначені вище), в яких штампувальні операції проводяться жорстким, як правило, твердим металевим інструментом, існують способи листового штампування за допомогою різних середовищ і полів: штампування вибухом, електрогідравлічна штампування, магнітно штампування [13, 14].

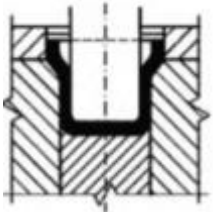
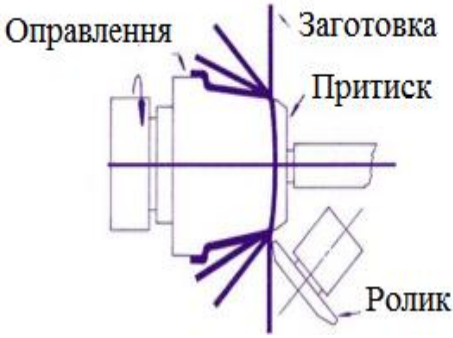
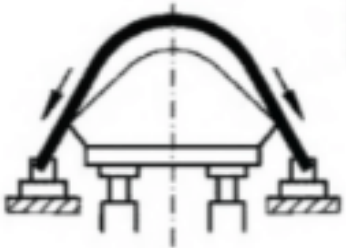
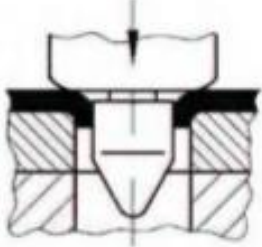

Проаналізуємо класифікацію формоутворюючих операцій.

У листовому штампуванні застосовують такі основні види формоутворення заготовки: згинання, витяжка, ротаційна витяжка, обтяжка, місцеве формування, отбортовка, обтиск, роздача, що наведені в табл. 1.3.

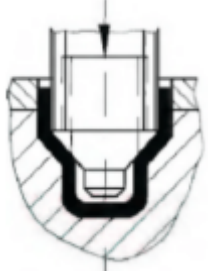
Таблиця 1.3 – Види обробки ЛШ

Вид обробки	Суть методу	Схема
Згинання	Зміна кривизни всієї або частини заготовки в площині згинання.	

Продовження табл. 1.3

Вид обробки	Суть методу	Схема
Витяжка	Формоутворення в чаше- або коробкообразну оболонку або заготовки у вигляді такої оболонки в глибшу оболонку.	
Ротаційна витяжка	Формоутворення круглої листової заготовки, що обертається, в вісьосиметричну оболонку або заготовку у вигляді такої оболонки в оболонку іншої форми і товщини.	
Обтягування	Формоутворення листової заготовки в оболонку, що складається в її розтягуванні й одночасному обтягуванні по пуансону.	
Отбортовка	Формоутворення, при якому частина листової заготовки, розташована уздовж її замкнутого / незамкнутого контура, під дією пуансона зміщується в матрицю, одночасно розтягується, повертається і перетворюється в борт.	
Обтиск	Формоутворення порожнистої циліндричної заготовки з метою зменшення поперечних розмірів крайової її частини.	

Продовження табл. 1.3

Вид обробки	Суть методу	Схема
Роздача	Збільшення розмірів поперечного перерізу частини порожнистої заготовки шляхом одночасного впливу інструменту по всьому периметру. Роздачу порожнистої заготовки ведуть за допомогою конічного пуансона.	

Виготовлення деталей з листових матеріалів методами обробки металів тиском пов'язане з допустимим формоутворенням матеріалу.

Один і той же матеріал може добре штампуватися при одній операції, а при іншій може показати гіршу штампуємість.

Штампуємість істотно залежить від хімічного складу матеріалу та його будови. Штампуємість для металів визначається: типом кристалічної решітки; розміром зерна, однорідністю розмірів зерен та їх формою; будовою зерен; текстурою [13].

Обладнання для формоутворення ЛШ – штампи. Вони складаються з блоків деталей і робочих частин – матриць і пуансонів. Робочі частини безпосередньо деформують заготовку. Деталі блоку (верхня і нижня плити, напрямні колонки і втулки) служать для опори, напрямки та кріплення робочих частин штампа. За технологічною ознакою розрізняють штампи простої, послідовної і поєднаної дії.

В умовах одиничного і дрібносерійного виробництва, коли неекономічно застосовувати складні штампи, листове штампування виконують не на пресах, а на спеціальних установках (рис. 1.3) [14].

В установках для штампування рідиною листовий метал укладають на жорстку матрицю, потім він деформується тиском рідини до 20 МПа, що передається від насоса в гумовий мішок, який виконує роль пуансона [14].

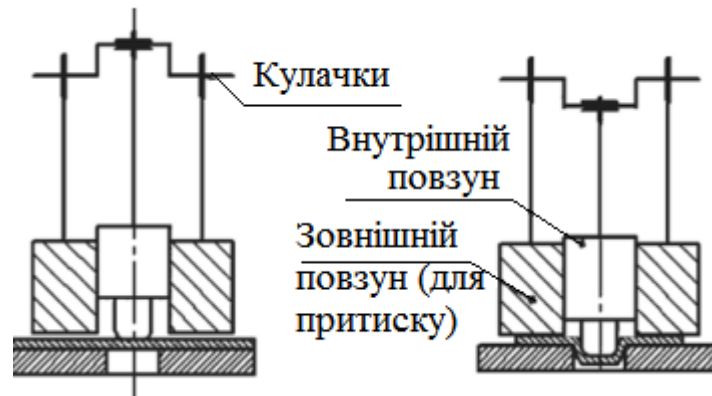


Рисунок 1.3 – Схема преса подвійної дії

Процедура розробки технологічного процесу ЛШ включає: аналіз конструкції деталі, вибір основних операцій технологічного процесу виготовлення деталі, визначення форми і розмірів заготовки, вибір оптимального варіанту розкрою, розрахунок переходів і операцій штампування, вибір типу і моделі обладнання, а також виду технологічної оснастки. При цьому розробляються або узгоджуються додаткові види обробки деталі – зварювання, пайка, забарвлення і т. д.

При обробці тиском, як вихідний матеріал, також широко використовують сплави на основі міді та алюмінію, магнію і титану.

Можливість металу змінювати форму (деформуватися без порушення цілісності – пластичність) при обробці тиском залежна від багатьох факторів, основними з яких є:

- хімічний склад (чисті метали мають більшу пластичність, а домішки знижують її через що утворюються дислокацій);
- температура деформації (при гарячому штампуванні опір деформації зменшується від 10 до 15 разів, отже, пластичність матеріалу підвищується в стільки ж разів);

- ступінь і швидкість деформації (з їх підвищенням пластичність знижується);
- напружено-деформований стан матеріалу (при всебічному стиску пластичність істотно підвищується, в такому стані навіть крихкий матеріал, такий як дюралюмін марки Д 16, набуває пластичності).

Крім того, обробку тиском використовують в технологічних процесах виробництва деталей з їх допомогою на оброблених заготовках виконують завершальні операції поверхневої пластичної деформації, а також розкочування, накатку різблення, зубів і шліців, і ремонтні роботи при відновленні деталей, що вийшли з ладу.

Процес штампування (об'ємна і листова) забезпечує задані фіксовані розміри по трьох осях.

Таким чином, при обробці тиском не стається руйнування і погіршення його експлуатаційних властивостей виробів, що отримані.

В результаті, при обробці тиском важливо знати граничні умови деформування, тобто ті умови, до яких відбувається пластична деформація і після яких настає руйнування. При обробці металу тиском в ньому протікають зміцнюючі процеси і «разупрочнение», внаслідок рекристалізації.

1.3 Аналіз особливостей термообробки при формоутворенні металевих виробів

У більшості випадків для сталей і сплавів, одержуваних після лиття і подальшої первинної обробки тиском – прокатки, видавлювання або кування – отримати необхідні фізико-механічні властивості і структуру не вдається [15].

Після більшості металургійних процесів часто отримуємо нерівномірну структуру сталевих злитків, а так як для подальшої експлуатації отриманих деталей і вузлів устаткування головними є характеристики: міцність, твердість, жорсткість і т.д., тому необхідна термічна обробка металів.

Важливе місце відведено термообробці, яка застосовується для поліпшення властивостей виробів або полегшення оброблюваності тиском і різанням. До основних видів технологій термообробці відносяться: відпал, загартування, відпустка, дисперсійне твердіння, кріогенна обробка (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Види термообробки

Вид обробки	Суть методу
Відпал	Суть процесів, що протікають в структурі більшості сплавів, що піддаються відпалу – забезпечити найбільш рівноважну структуру заготовки, в якій або відсутні внутрішні напруження, або їх рівень досить низький, а тому не впливає на подальшу оброблюваність металів / сплавів.
Загартування	Швидке нагрівання заготовки до температури закінчення аустенітного перетворення і наступному швидкому охолодженні в спеціальних гартівних середовищах: вода, повітря або масло.
Відпустка	За технологією нагадує відпал, але проводиться не з заготовкою, а з готовим виробом, а тому інші завдання – зняти внутрішню напругу після термічної обробки, яка проводилася на підвищену твердість деталі.
Дисперсійне твердіння (старіння)	З пересиченого твердого розчину виділяються дисперсні частки. Старіння застосовується після проведення загартування та застосовується до матеріалів, підданих загартуванню без поліморфного перетворення. При витримці при підвищених температурах прискорюються дифузійні процеси, що і підвищує міцність – штучне старіння.
Кріогенна обробка	Обробка металевих заготовок і готових металевих виробів при наднизьких температурах для зняття залишкових напруг і підвищення зносостійкості деталей.

Аустеніт – одна із структурних складових залізо-вуглецевих сплавів, твердий розчин вуглецю (до 2 %) і легуючих елементів в залізі або високотемпературна модифікація заліза та його сплавів [16].

В результаті аналізу виявлено, що одним з найбільш поширених технологій термообробки металів є загартування (ЗГ) сталі. Саме за допомогою загартовування формуються необхідні характеристики готового виробу, а її неправильне виконання може привести до зайвої м'якості металу (непрокалювання) або до його надмірної крихкості (перегрівання).

Залежно від складу металу, розміру виробу, форми і необхідних в термічно обробленому виробі властивостей вибирають оптимальний спосіб загартування, який найбільш просто реалізується і в той же час забезпечує необхідні властивості.

Одна з основних проблем, яка існує в металургії – отримання високих властивостей литого металу, а також часто буває, що матеріал деформований.

Головним параметром при загартуванні металів є температура нагріву, при досягненні якої відбувається перебудова атомної решітки. Цей параметр необхідно постійно контролювати, щоб не допустити його підвищення / пониження, оскільки перепади температури в подальшому вплинуть на появу тріщин та інших дефектів. Щоб вирішити цю проблему, потрібно починати з вимірювання і регулювання тиску при загартуванні.

Найбільш широка група матеріалів, що піддаються ЗГ – сталі [16].

Зовнішні фактори, а саме середовище для загартування (вода, масло, розплавлена сіль) і тиск, також визначають результати загартування [17].

Так як до основних параметрів при ЗГ відносяться: температура нагріву і швидкість охолодження.

Температуру нагрівання для сталей визначають по діаграмах стану. Швидкість охолодження визначають по діаграмах ізотермічного розпаду аустеніту з урахуванням типу матеріалу та охолоджуючого середовища.

Наприклад, якщо розглядати процес ЗГ великогабаритних виробів, то інтенсивність охолодження водо-повітряною сумішшю визначається як

співвідношенням води і повітря, так й їх тиском на виході з розпилювальних пристроїв.

Швидкість охолодження при використанні повітряного потоку залежить від тиску повітря на виході з розпилювальних пристроїв [18].

Визначальними факторами, що впливають на витрату розпорошеної води, є: тиск води на вході розпилювальних форсунок та відстань від форсунки до охолоджуваної поверхні; кількість рядів розпилювальних форсунок, що діють при охолодженні [18].

В табл. 1.5 представлені приклад набору даних, що дозволяє визначити технологічні параметри ЗГ з регламентованої інтенсивністю охолодження.

Таблиця 1.5 – Технологічні параметри ЗГ

Питомі витрати розпорошеної води, $\text{м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{год.}$	Тиск води на вході форсунок, МПа	Відстань між форсунками і поверхнею виробу, мм	Кількість рядів форсунок
20,6	0,4	200	6
14,2	0,1	200	6
9,4	0,4	300	6
7,5	0,2	300	6
5,1	0,1	300	6
2,5	0,4	600	3
1,5	0,1	600	3

При більш інтенсивному охолодженні, наприклад при загартуванні у воді, під впливом високих і термічних напружень спостерігається руйнування матеріалу. Загартування виробу в воді і водних розчинах під тиском усуває ці недоліки, тому далі проаналізуємо процес виміру тиску на прикладі методу ЗГ сталі в рідких середовищах під тиском.

Для визначення впливу тиску на ЗГ розглянемо особливості такого процесу.

Коли поршень знаходиться в початковому положенні 1, на підставку I доставляється нагрітий до температури аустенізації виріб 5 і відразу включається приводний механізм, при цьому поршень займає робоче положення II, герметично закриваючи верхню частину гартувального агрегату (рис. 1.4); 3 – поршень, що рухається (кришка); 4 – корпус агрегату для ЗГ; 6 – соленоїд; П – підсилювач сигналу початку мартенситного перетворення; Р – реле струму; ПМ – приводний механізм.

В цей час через отвір 2 подається стиснене повітря, створюючи необхідний тиск між рідиною для загартування і поршнем (кришкою) (рис. 1.4) [17].

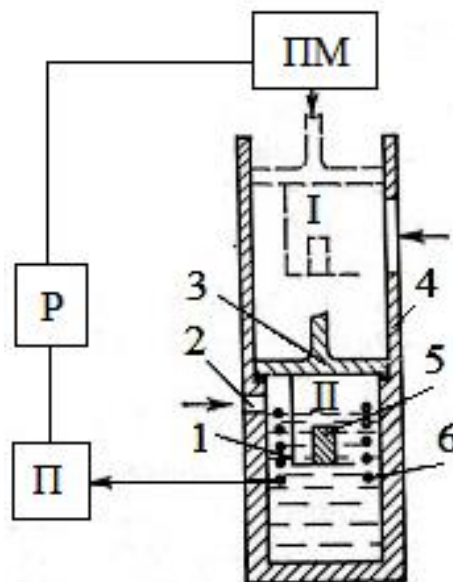


Рисунок 1.4 – Принципова схема ЗГ виробів в воді та водних розчинах під тиском

В даному випадку тиск підтримується таким чином, щоб температура кипіння охолоджуючої рідини дорівнювала початковій температурі перетворення аустеніту в мартенсит або мала відрізнялася від неї [18].

При загартуванні виробів в воді (в рідкому середовищі) під тиском в процесі бульбашкового кипіння відбувається затримка перетворення аустеніту в мартенсит, тому в момент впливу високих термічних напружень деталей складається з переохолодженого аустеніту. Тріщини від ЗГ в цих умовах не

утворюється. Коли процес бульбашкового кипіння закінчується температура поверхні починає помітно знижуватися до температури охолоджуючої середовища – це означає, що утворюється феромагнітна фаза – мартенсит [17, 18]. Температура мартенситного перетворення 200-300 °С.

Метод загартування сталевих виробів у воді і водних розчинах (в рідкому середовищі) під надлишковим регульованим тиском може бути ефективно застосований для тих марок сталей, у яких температура не перевищує 200 °С (рис. 1.5). Для середньовуглецевих сталей можна рекомендувати метод ЗГ, заснований на інтенсифікації процесів теплообміну в області мартенситних перетворень [16].

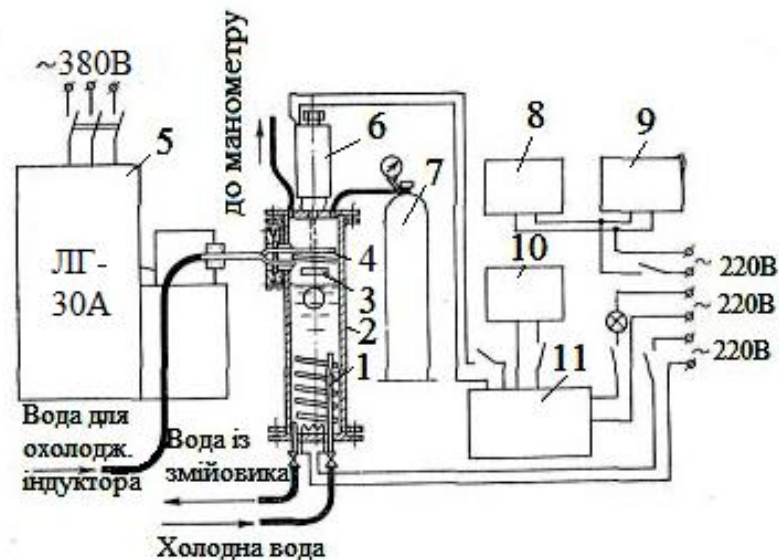


Рисунок 1.5 – Установа для загартування сталевих виробів у воді і водних розчинах (в рідкому середовищі)

На рис. 1.8 представлені елементи: 1 – змійовик; 2 – корпус; 3 – випробовуваний зразок; 4 – індуктор; 5 – установка струмами високої частоти (СВЧ); 6 – соленоїд; 7 – балон зі стислим газом; 8, 9 – потенціометри; 10 – осцилограф; 11 – випрямляч. Зазвичай в процесі загартування для створення необхідного тиску використовується зовнішнє повітря.

В результаті проведеного аналізу методів ЗГ, які стисло описані вище виявлено, що чим вище тиск, тим більша різниця між температурою насичення (при якій рідина починає кипіти) і температурою рідини – тим інтенсивніше йде охолодження.

Розглядаючи вплив тиску на ЗГ необхідно враховувати різні фази загартування металів в рідких середовищах:

- плівкового кипіння (перший етап щодо повільного кипіння);
- відділення бульбашок або бульбашкового кипіння (другий етап швидкого охолодження);
- фаза конвективної тепловіддачі (коли температура поверхні металу нижче температури кипіння рідини, рідина кипіти вже не може, й охолодження сповільниться).

Окремі фази визначаються коефіцієнтами тепловіддачі, які значно відрізняються один від одного, що призводить до значних температурних перепадів на поверхні виробу, а це сприяє викривленню.

Контролюючи процес плівкового кипіння в переохолоджених рідинах, можна отримувати більш тверді металеві вироби під час загартування.

Таким чином, інтенсивність теплообміну залежить від «недогріву», який можна змінювати, змінюючи тиск. Чим вище тиск, тим більше «недогрів» і тим інтенсивніше йде охолодження.

Довготривалий тиск – статичний, короткочасно тривалий – миттєвий або динамічний.

Зазвичай при зниженні тиску відбувається зворотне перетворення і матеріал повертається в менш щільну модифікацію. Для вирішення цієї проблеми потрібно застосувати ЗГ під тиском для отримання більш щільної модифікації металу. Для цього спочатку різко знижують температуру, а потім тиск (до атмосферного).

Окрім вище згаданих методів, загартування можливо різними газами: азотом, гелієм, воднем до тиску 20 бар. Для аналізу обрані ці методи бо загартування газом впливає на викривлення, а точніше їх стає набагато менше.

Розглянемо вплив тиску при загартуванні газом.

При застосуванні технології «науглероджування» при низькому тиску та ЗГ під газом високого тиску в середовищі інертних газів можна значно зменшити деформації виробів. «Науглероджування» при низькому тиску – процес цементації сталі, який проводиться під тиском всього в декілька мілібар з використанням ацетилену, як джерела вуглецю [19].

ЗГ інертними газами дає можливість підібрати необхідну інтенсивність загартування шляхом вибору тиску та швидкості ЗГ. Виявлено, що зазвичай тиск при ЗГ знаходиться в межах від 2 до 20 бар (атмосфер). В якості середовища для ЗГ можна використовувати екологічно безпечний інертний газ, наприклад, гелій.

1.4 Огляд сучасних типів пристроїв для виміру тиску на операції формоутворення

Існує безліч різних пристроїв для виміру тиску найбільш придатних для конкретного процесу.

Визначення наявності і стану об'єктів найчастіше потрібно в умовах підвищеного тиску, в яких пристроїв для виміру тиску (ПВТ) досить швидко виходять з ладу. Довго й ефективно у відповідному середовищі прослужать датчики «ТЕКО» серії W.

Принцип реагування ПВТ, стійких до високого тиску, ідентичний принципу роботи стандартних індуктивних датчиків, і заснований на зміні амплітуди коливань генератора при внесенні в чутливу зону датчика металевого, магнітного, феромагнітного або аморфного матеріалу певних розмірів [20].

Датчики загальнопромислового застосування розраховані на надлишковий тиск не вище 1,5 атмосфер. Група ПВТ, призначених для роботи в середовищі високого тиску витримують до 500 атмосфер (50 МПа). Стійкість забезпечують потовщена оболонка, корпус таких датчиків, як

правило, виконаний з нержавіючої сталі, стійкої до впливу агресивних середовищ; ущільнення між деталями і особливо міцний матеріал, з якого зроблений чутливий елемент.

Можуть бути різні виконання ПБТ, що працюють в середовищі високого тиску:

- максимальний тиск – 50 МПа;
- діапазон робочих температур: -25 °C ... + 80 °C; -45 °C ... + 90 °C; -60 °C ... + 90 °C; -15 °C ... + 105 °C
- датчики W особливо вибухобезпечне виконання NAMUR;
- відстань спрацьовування від 1,5мм до 6 мм.

Вони вбудовуються в прилади автоматизації при заводській збірці, або легко встановлюються на обладнання самостійно (рис. 1.6) [20].



Рисунок 1.6 – Приклад ПБТ ISB W28S8-31P-1,5-5 на операції формоутворення

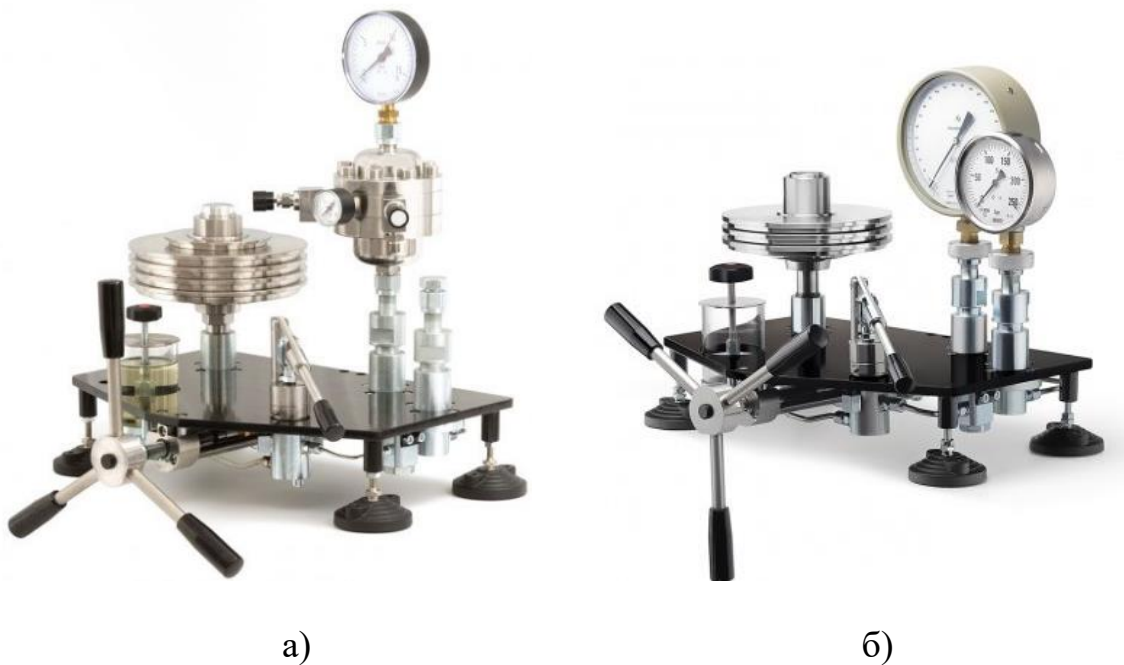
При штампуванні найчастіше застосовують регулятори тиску гідросистем. Регулятори тиску за призначенням поділяються на такі клапани запобіжні, переливні, редукційні, різниці тиску і співвідношення.

Подача компонентів паливної суміші й їх дозування здійснюється за допомогою системи електропневматичних клапанів і електроконтактних манометрів.

Штамування і пресування в закритих штампах відбуваються при питомих тисках $100-200 \text{ кг / см}^2$ і більше (в залежності від матеріалу), що значно знижує стійкість штамів.

Електроконтактні ПВТ: в конструкції мають спеціальні групи електричних контактів (зазвичай 2). Одна група контактів відповідає мінімальному заданому тиску, друга група – максимальному.

Максимальний тиск при холодному штамуванні зазвичай становить $600-2500 \text{ МПа}$. Наприклад, МП-6 ... 600 з розділювачем середовищ (рис. 1.7, а) та МП-2500 (рис. 1.7, б) [21].



а)

б)

а) МП - 6 ... 600; б) МП-2500

Рисунок 1.7 – ПВТ вантажнопоршневий

Пристрої призначені для повірка та калібрування засобів вимірювання надлишкового тиску: калібраторів тиску, вимірювальних перетворювачів тиску (датчиків), зразкових і технічних манометрів, вантажнопоршневих манометрів, класів точності 0,008 і грубіше в діапазоні від 0,04 до 250 МПа.

Робоча рідина для всіх моделей – трансформаторне масло. Гідравлічна система для створення тиску, включає насос попереднього заповнення і гвинтовий прес.

Можливість виготовлення вимірювальних поршневих систем для МП 60 і МП 600 під один комплект вантажів. МП-6 ... 600 стандартного і спеціального виконання, а також МП -1000 ... 2500.

Характеристики МП - 6 ... 600 та МП-2500 наведені в табл. 1.6 [20].

Принцип роботи вантажнопоршневого датчика заснований на утриманні циліндра в поршні в певному положенні, коли з різних сторін на цей поршень впливають тиск, що вимірюється, та калібровані вантажі. По масі даних вантажів судять про величину вимірюваного тиску.

Таблиця 1.6 – Значення основних характеристик ПВТ типу МП

Характеристика	Значення	
	МП-600	МП-2500
Діапазон вимірів	0,2...60 МПа	2,5...250 МПа
Клас точності	0,005; 0,01; 0,02; 0,05	0,01; 0,02; 0,05
Робочій діапазон температур	18...28 °С	18...28 °С
Робоче середовище	трансформаторне масло, вода	трансформаторне масло
Номінальна площа поршня	0,05 см ²	0,02 см ²
Маса приладу	18 кг	18 кг

Третій тип – ПВТ води. В установках для штампування рідиною листовий метал укладають на жорстку матрицю, потім він деформується тиском рідини до 20 МПа, що передається від насоса в гумовий мішок, який виконує роль пуансона. Тому, як приклад, вибрано манометр електроконтактний сигналізує МТ-3С 10,0 ... 20,0 МПа (рис. 1.8), основні характеристики наведені в табл. 1.7 [21].



Рисунок 1.8 – ПВТ для виміру тиску води при штампування

Таблиця 1.7 – Значення основних характеристик ПВТ води

Характеристика	Значення
Діапазон вимірів	від 0 до 20 МПа
Клас точності	1,5
Робочій діапазон температур	0 до 120 °С; 150 °С
Напруга зовнішніх комутуваних ліній	220 В

Таким чином, контроль тиску штампування сприяє стабілізації технологічних параметрів штампуючого механізму, що покращує якість виливків, знижує їх брак. Для ЛШ бажано масове і багатосерійне виробництво. Формоутворення виробів обробкою під тиском дозволяє отримувати заготовки або деталі необхідних форм, розмірів і властивостей шляхом пластичного деформування металу. Щоб обрати конкретну вид ПВТ необхідно значити марку металу, товщину заготовки.

1.5 Постановка задач досліджень

В умовах швидкого вдосконалення сучасного виробництва металевих виробів створюються передумови для більш широкого застосування математичних методів вибору таких пристроїв.

Таким чином, при створенні програмного модуля для автоматизації вибору пристроїв для виміру тиску на процесі формоутворення в першу чергу потрібно проаналізувати сам процес формоутворення та його обладнання, а також найпоширеніші та раціональніші для такого ТП типи пристроїв для

виміру тиску, надалі необхідно вирішити задачу синтезу параметрів вибору цих пристроїв.

З огляду на це метою магістерської атестаційної роботи підвищення якості металевих виробів, отриманих формоутворенням під тиском, за рахунок автоматизації процесу вибору пристроїв з необхідними параметрами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз процесів формоутворення та подальшої термообробки виробів з металу;
- провести аналіз впливу тиску при формоутворенні виробів з металу;
- обґрунтувати вибраний метод формоутворення;
- розробити метод вибору пристрою для виміру тиску;
- розробити програмний модуль для автоматизації вибору пристроїв для виміру тиску на виробництві при формоутворенні виробів з металу;
- провести експериментальне дослідження для оцінки створеного модуля.

1.6 Висновки до першого розділу

В цьому розділі:

- проведено аналіз класифікації методів формоутворення «горизонтальний» та «вертикальний»;
- проведено аналіз класифікації методів формоутворення «зверху вниз» та «знизу вверх»;
- проведено аналіз класифікації методів формоутворення, яка відноситься до технологій обробки без видалення матеріалу – обробка тиском, ливарні технології і термообробка. В результаті такого аналізу виявлено переваги та недоліки цих методів.
- проведено огляд сучасних типів пристроїв для виміру тиску на операції формоутворення;
- розглянуті основні характеристики та принципи роботи.

2 РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИБОРУ ПРИСТРОЇВ ВИМІРУ ТИСКУ НА ВИРОБНИЦТВІ ПРИ ФОРМОУТВОРЕННІ ВИРОБІВ З МЕТАЛУ

2.1 Опис вибраного методу формоутворення металевих виробів

Загальна класифікація методів формоутворення та термообробки розглянута в розділі 1.

Для того, щоб розробити програмний модуль для автоматизації вибору пристроїв для виміру тиску на операції формоутворення спочатку необхідно обрати метод формоутворення та якщо необхідно, то і метод термообробки, що згодом впливає на якість отриманого виробу.

З урахуванням виявлених переваг та недоліків обрано деталі, отримані формоутворенням при обробці тиском мають фіксовані розміри по трьох осях та міцність. Для процесу формоутворення вибрана тверде деформуюче середовище, тобто, в жорсткому штампі (існують ще еластичне, рідке, штампування вибухом та газового середовища або електромагнітним силовим полем).

Для штампування деталей, виготовлених з листового металу, необхідні прес і сам робочий орган такого обладнання – штамп. В якості пресу буде кривошипний ковочно-штампувальний прес бо він відносяться до числа найбільш прогресивних ковальсько-пресових машин. Впровадження кривошипних пресів в штампувальне виробництво забезпечує підвищення продуктивності штампування в 1,5 - 3 рази в порівнянні зі штампуванням на молотах. Гаряча і холодна штамповка часто використовується в якості підготовчої операції. Наприклад, за такими технологіями виробляють деталі, які потім обробляються іншими методами – зварювання і т. д. [16].

В даній роботі обрано формоутворення виробів з листового металу.

Для досліджень обрано матеріал – сталь марки Ст3кп – вуглецева сталь звичайної якості, з номером 3, кипляча, в якій температура повільного

загартування не перевищує 200 °С та володіє легкістю механічної обробки та дуже висока зносостійкість в порівнянні з іншими конструкційними матеріалами і, відповідно, довговічність [16]. Форма виробу – диск, тому вибрано листове штампування – метод виготовлення плоских і об'ємних тонкостінних виробів з листового матеріалу, стрічки або смуги (товщина не більше ніж 5 мм).

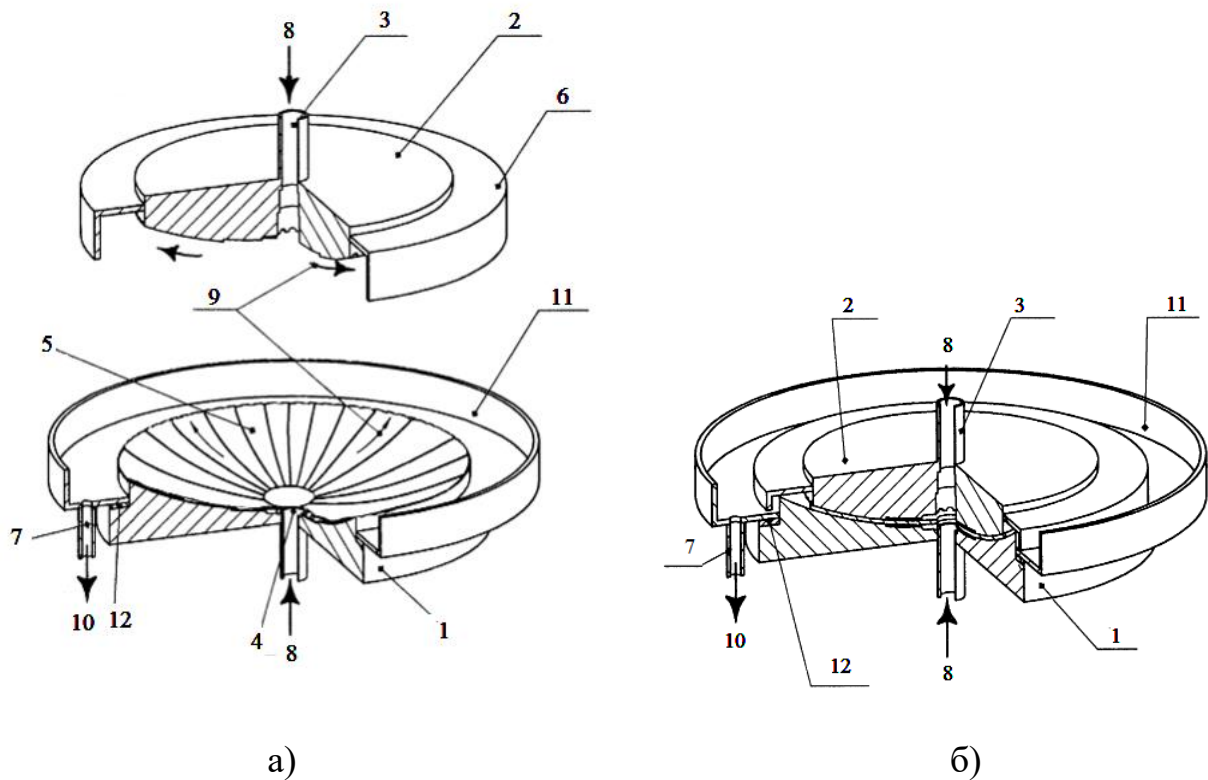
Вибраний спосіб характеризуватися тим, що охолоджуючу рідину подають на пуансон і матрицю під тиском, а зливають відпрацьовану рідину через бічний слив самопливом. В якості охолоджуючої рідини використовують воду [23].

Для збору охолоджуючої рідини використовують піддон з ущільнюючим уступом.

На рис. 2.1, а зображені пуансон і матриця з відбивним кільцем і піддоном з ущільнюючим уступом, на рис. 2.1, б зображені пуансон з матрицею в зімкнутому положенні, де цифрами позначені: 1 – матриця; 2 – пуансон; 3 – трубопровід; 4 – отвори виходу охолоджуючої рідини на пуансон і матрицю; 5 – радіальні протоки; 6 – відбивне кільце; 7 – бічний слив; 8 – напрямок подачі охолоджуючої рідини на пуансон і матрицю; 9 – напрямок розтікання охолоджуючої рідини від центру до периферії пуансона (матриці); 10 – напрямок зливу охолоджувальної рідини; 11 – піддон для збору охолоджуючої рідини; 12 – ущільнюючий уступ.

На матриці 1 розташовані отвори виходу охолоджуючої рідини на пуансон і матрицю 4, радіальні протоки 5, бічний слив 7, піддон для збору охолоджуючої рідини 11 та ущільнюючий уступ 12. На пуансоні 2 розташовані трубопровід 3 і відбивне кільце 6.

Представлений на фігурах спосіб формоутворення з одночасною загартуванням виробів з листового металу здійснюється наступним чином.



а) пуансон і матриця з відбивним кільцем та піддоном з ущільнюючим уступом; б) пуансон і матриця в зімкнутому положенні

Рисунок 2.1 – Схематичне зображення обладнання формоутворення

Нагрітий до температури вище загартування на 50 – 100 °С виріб обробляється та поміщається на матрицю 1 і притискається зверху пуансоном 2, при цьому відбивне кільце 6, призначене для запобігання випліскування струменів охолоджуючої рідини, після формоутворення перекриває лінію змикання пуансона 2 і матриці 1. При ході повзуна вниз пуансон реалізує формоутворення виробу до зіткнення з робочою поверхнею матриці. Як правило, за технологією гарячого штампування виконують обробку листових заготовок, товщина яких не перевищує 5 мм. Припустимо, що потрібно відштампувати 10 т, то виявлено, що для визначення тиску штампування додавали до зусилля штампа 50 % та брали після цього наступний по номіналу прес, тоді штамп 10 т + 5 т (50 % запас) = 15 т, тоді встановлювався 25 т прес (КД-2124) [16].

Відразу після формоутворення виробу, що представляє собою диск, відбувається подача охолоджувальної рідини через трубопровід 3 у напрямку закачування охолоджуючої рідини на пуансон і матрицю 8.

Охолоджуюча рідина на пуансон і матрицю потрапляє через отвори виходу 4 по радіальних протоках 5 в напрямку розтікання охолоджуючої рідини від центру до периферії пуансона (матриці) 9, таким чином, відбувається загартування виробу.

Відпрацьована охолоджуюча рідина, яку збирають відбивним кільцем 6, через бічний слив 7 по напрямку 10 стікає в піддон для збору охолоджуючої рідини 11 з ущільнюючим уступом 12. Ущільнюючий уступ 12 перешкоджає протіканню води на корпус.

Так як за матеріал виробу обрано сталь СтЗкп – вуглецева сталь звичайної якості, саме тому обрано метод загартування сталевих виробів у воді і водних розчинах (в рідкому середовищі) під надлишковим регульованим тиском. В даному методі тиск створюється за допомогою газу, який підводиться до камери від балону.

Середовище для охолодження, що застосовуються для ЗГ сталевих виробів під тиском – вода, а можна водні розчини солей та лугів.

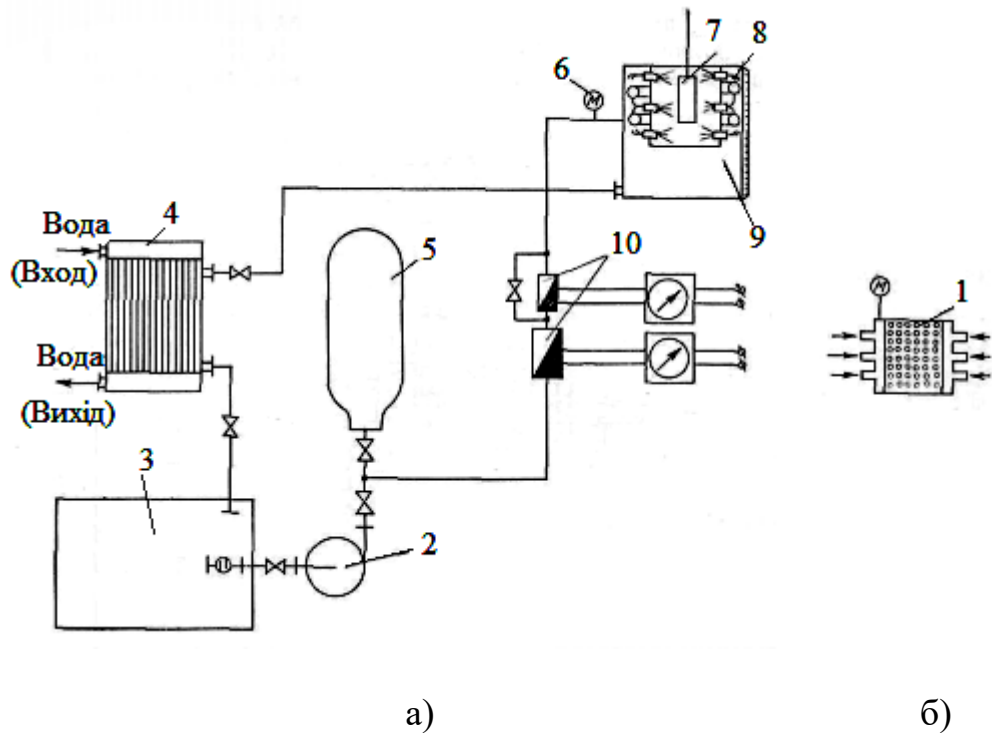
Таке середовище для охолодження призводить до зміни оптимальної концентрації солей та лугів в воді, при якій перша критична щільність теплового потоку досягає максимуму, що забезпечує більш інтенсивне та рівномірне охолодження поверхні виробу завдяки зменшенню вірогідності утворення парових плівок.

Саме застосування водних розчинів солей та лугів (електролітів) з оптимальною концентрацією спільно з підвищенням тиску істотним образом підвищує критичну щільність теплового потоку.

Застосування водних розчинів солей та лугів (електролітів) з високою концентрацією підвищує температуру кипіння розчинів.

Детальніше розглянемо вплив інтенсивності циркуляції води, яка подається до поверхні виробу під великим напором (тиском), на процес ЗГ

сталевих виробів (рис. 2.2). На рис. 2.2 представлені елементи: 1 – спреїєр, 2 – насос, який під великим тиском з баку 3 подає воду в спреїєр, ресивера 5, що застосовується для вирівнювання коливань тиску та теплообміннику 4, для охолодження СРЗ [16]. На рис. 2.2 елемент 6 показує де буде розміщуватися пристрій для виміру тиску.



а) струменеве охолодження; б) душового охолодження

Рисунок 2.2 – Схема для ЗГ сталевих виробів з двома типами спреїєрів

Застосування душового або струменевого охолодження водою при загартуванні сталей забезпечує їх значне зміцнення, що не досягається при інших способах охолодження. Пояснюється це запобіганням відпустки мартенситу в процесі загартування і виникненням на поверхні стискаючих напруг. Вибрано душовий спосіб охолодження, бо застосування струменевого охолодження сприяє інтенсифікації процесу, але тонкі струмочки води при паданні на поверхню, що нагріта, призводять до місцевого точкового охолодження виробів.

Спрейер 1 знаходиться в баку 9, в якому вмонтована скляна трубка для виміру витрат води в процесі охолодження виробу 7.

Спрейер за допомогою накладних гайок прикріплюється до кільцевих трубок 8, що дозволяє застосовувати спрейер різних типів.

Приклад, конструкції спрейеру (радіально багатосоплового) наведено на рис. 2.3 [24].

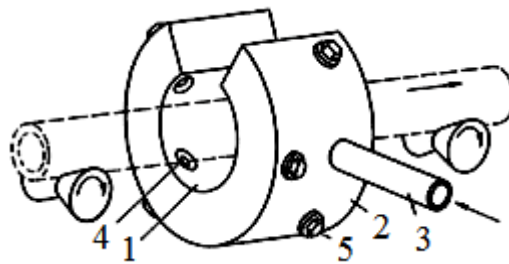


Рисунок 2.3 – Приклад, конструкції спрейеру

На рис. 2.3 елементи: 1 – внутрішня стінка; 2 – зовнішня стінка; 3 – патрубок; 4 – форсунки.

На вході в спрейер за допомогою манометру 6 вимірюється тиск по величині якого можливо розрахувати витрати води та коефіцієнт тепловіддачі при однофазній конвекції.

Конвекція – вид теплообміну (теплопередачі), при якому внутрішня енергія передається струменями і потоками самої речовини.

Проаналізуємо залежність конвекційного коефіцієнту тепловіддачі від тиску води в спрейері (рис. 2.4) [16].

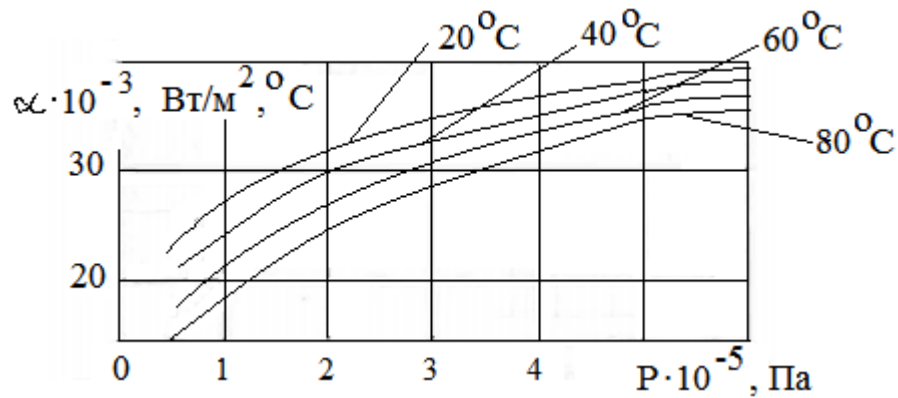


Рисунок 2.4 – Графіки залежності тепловіддачі при однофазній конвекції від тиску води в спреєрі

Таким чином, раціональнішим є визначення інтенсивності тепловіддачі – інтенсивність ЗГ сталевих виробів характеризується не по витратам води, а по тиску в спреєрі.

Тобто дивлячись на рис. 2.4 можна проаналізувати процес впливу тиску на процес утворення тріщин, деформації та викривлення.

Як видно з рис. 2.4 при збільшенні тиску в спреєрі збільшується тепловіддача, а температура конвекції зменшується, що впливає на інтенсивне та рівномірне охолодження поверхні виробу та зменшенню вірогідності утворення парових плівок, які є показником твердості металевих виробів.

При зниженні тиску відбувається зворотне перетворення і матеріал повертається в менш щільну модифікацію, а надалі поява дефектів. Найчастіше температурні перепади на поверхні виробу сприяють викривленню. Для вирішення цієї проблеми потрібно спочатку знижувати температуру, а потім тиск. При ЗГ сталевих виробів в водному середовищі під надлишковим регульованим тиском твердість поверхні збільшується завдяки збільшенню конвективного коефіцієнту тепловіддачі та скороченню тривалості бульбашкового кипіння, при якому може відбуватися зменшення міцності сталі.

В результаті, метод загартування сталевих виробів у воді і водних розчинах (в рідкому середовищі) під надлишковим регульованим тиском

підходить для ЗГ сталей з температурою до 200 °С, а також він дозволяє отримати вироби з необхідною твердістю яка досягається СРЗ. Також цим методом можна отримати точні геометричні розміри виробу [25]. Тобто, основною оцінною характеристикою СРЗ є не загартовуюча, а охолоджуюча здатність, визначення якої може абсолютно виключати вплив індивідуальних властивостей сталі, що підтверджується значеннями швидкості охолодження наведеними в табл. 2.1 [26].

Швидкість охолодження різних областях температурного інтервалу охолодження неоднаково впливає на успіх ЗГ.

Таблиця 2.1 – Швидкості охолодження 7-міліметрового сферичного срібного зразка в різних середовищах

Середовище охолодження	Швидкість охолодження град / сек. в заданому інтервалі температур	
	650-550°	300-200°
Вода при температурі: 1 °	1250	4250
Вода при температурі: 15,5 °	1000	1750
Вода при температурі: 20 ° дистильована	570	1500
Вода при температурі: 35 °	500	1500
Вода при температурі: 50 °	220	700
Вода при температурі: 74 °	140	370
Вода при температурі: 100 °	25	40 (при 1200 v = 270 град/сек)
NaOH 10-відсотковий	8100	4000
H ₂ SO ₄ концентрована	5400	300
Ca(OH) ₂ насичена	1100	3900
Масло сурепне	500	75
Гліцерин	105	250
Рідке повітря	70	65
Повітря	12	3

Примітка: v – швидкість охолодження.

Таким чином, в даній атестаційній роботі буде два ПВТ повітря та води в спреєрі, який розміщено для охолодження штампу при подальшому ЗГ.

2.2 Завдання умов та обмежень на вхідні параметри

Будь-яка процедура прийняття технічного рішення (ТР) полягає в побудові "ланцюжка", тобто в знаходженні послідовності методів аналізу технічних рішень для відповідного класу задач. В результаті прийняте рішення повинно бути оптимальним. В даній роботі під ТР мається на увазі обраний варіант пристрою для виміру тиску (ПВТ) на виробництві при загартуванні виробів з металу.

Першим етапом при реалізації вибору – визначення мети, напрямків у вирішенні проблемної ситуації та формулювання цільової функції.

Другим етапом є розробка (завдання) критеріїв, які мають описувати такі контрольні показники, які максимально повно охоплювали б найкращі умови реалізації поставленої мети.

Далі важливо назначити вагові коефіцієнти для критеріїв, що є визначенням та відображенням значимості, відносної важливості, «ваги» даного чинника, показника в порівнянні з іншими чинниками, що впливають на процес прийняття технічного рішення – вибору ПВТ.

Цільовою функцією $F(A)$ буде метод, за яким здійснюється вибір раціонального набору ПВТ (набор – декілька підходящих модифікацій пристрою). Мета ж буде визначати бажаний стан об'єкта (ПВТ). Через A позначимо множину варіантів набору. Формалізуємо функцію вибору через відображення $C: A \rightarrow A$, що ставить у відповідність множині A підмножину $X = C(A) \subseteq A$ обираємих альтернатив – функція вибору.

Серед найбільш відомих методів, що дозволяють здійснювати ефективний вибір альтернатив у прийнятті рішень, слід виділити:

- метод «згортки», при якому розраховуються значення єдиного сукупний критерію для кожного альтернативного варіанту рішення;
- принцип Парето, при якому зіставляються оцінки альтернативних варіантів рішень за кількома критеріями і відкидаються «доміновані» рішення;
- лексикографічний вибір, при якому вибір здійснюється спочатку за найбільш важливими критеріями, а потім по менш важливим;
- правило максиміна, що використовується при ігровому підході і реалізує стратегію гарантованого результату, коли вибирається варіант, що дає максимальний ефект при найменш сприятливих діях противника.

В даному випадку виберемо метод «згортки», при якому визначаються значення єдиного сукупного критерію для кожного альтернативного варіанту рішення.

Однак в більшості випадків віддати перевагу одному серед якісно різних величин досить важко, тому пропонується обрати «часні» критерії та додати результуючий – сукупний критерій, при якому цільова функція F об'єднує всі або більшість вихідних параметрів.

Оскільки сукупний критерій буде об'єднувати декілька критеріїв, то його можна виразити через багатокритеріальний вибір по лінійній згортці критеріїв при $f(x) = (w, x)$; де w – ваги критеріїв [26]:

$$C(A) = \{x \in A | x = \arg \max (w, x)\}.$$

Тоді формалізуємо функцію вибору так:

- визначення 1 (функція вибору $C(A)$ задовольняє характеристичній умові успадкування (H)) (рис. 2.5, а), якщо:

$$A_1 \subseteq A \Rightarrow C(A_1) \supseteq C(A) \cap A_1,$$

- визначення 2 (функція вибору $C(A)$ задовольняє характеристичній

умові відкидання (O) (незалежності від відкинутих альтернатив) (рис. 2.5, б), якщо:

$$C(A) \subseteq A_1 \subseteq A \Rightarrow C(A_1) = C(A),$$

– визначення 3 (функція вибору $C(A)$ задовольняє характеристичній умові згоди (C)) (2.5, в), якщо :

$$A = A_1 \cup A_2 \Rightarrow C(A_1) \cap C(A_2) \subseteq C(A).$$

Кожне з перерахованих властивостей виділяє на множині всіх можливих функцій вибору область, яку пропонується позначимо відповідно через Н, С, О.

При формуванні умов Н, О, С були використані операції об'єднання, перетину і включення над функціями вибору (рис. 2.5) [26 – 28].

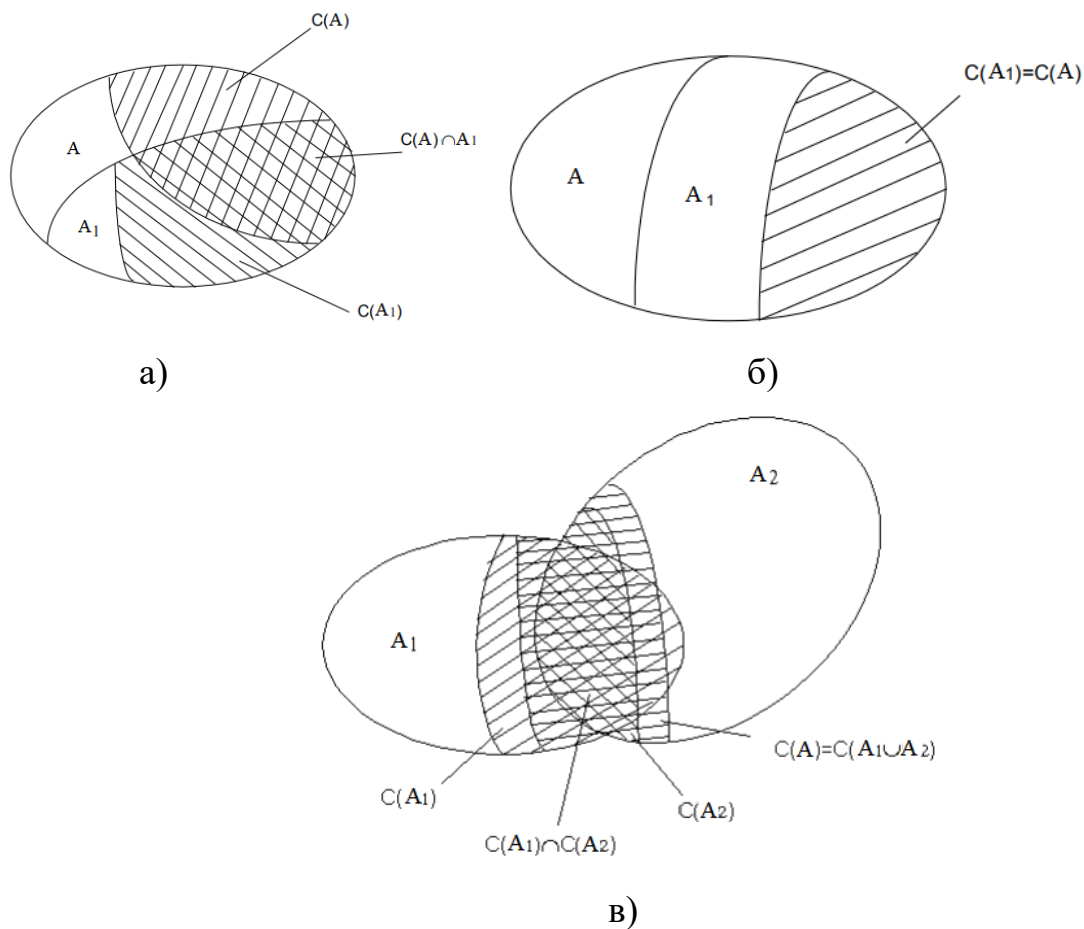


Рисунок 2.5 – Геометрична інтерпретація умов (Н), (О), (С)

Характеристичні властивість (умови) (Н), (О), (С) незалежні в сукупності.

Тоді із затвердження 1 випливає, що серед множини F всіх можливих функцій вибору можна виділити вісім областей: $H \cap C \cap O$, $H \cap C \cap \bar{O}$, ..., $\bar{H} \cap \bar{C} \cap \bar{O}$. Де \bar{H} , \bar{C} , \bar{O} – позначення доповнення областей H , C , O відповідно).

Області H , C , O та їх перетини можуть використовуватися в якості основи для класифікації функцій вибору і відповідних їм механізмів.

Пропонується методологічний засіб проведення оцінки, який можна представити у вигляді матричної моделі, що диференцує критерії з точки зору їх ролі в підготовці вибору оптимальної альтернативи [26], тому запропонуємо наступну матричну модель (табл. 2.2).

Вибір оптимального рішення здійснюється шляхом зіставлення значимості кожного критерію та оцінки його прояви в тій чи іншій альтернативі.

Таблиця 2.2 – Модель оцінки критеріїв альтернативних варіантів вибору ПВТ

Часні критерії	Вага	Оцінка			Разом
		Низька	Середня	Висока	
		1	2	3	
1. Клас точності	0,5			+	1,5
2. Діапазон вимірів (Робочий діапазон)	0,3		+		0,6
3. Напруга живлення	0,25	+			0,25
4. Габарити	0,1	+			0,1
5. Маса	0,1	+			0,1
6. Ціна	0,2		+		0,4
Разом	1				

Бальні значення оцінки 1, 2, 3 для оцінювання характеристик прийняті з метою ефективного прийняття ТР.

Згідно з даними таблиці 2.2 виходить, що всі шість виділених критеріїв мають різні вагові характеристики, але виявляють різну цінність в оцінці альтернативи, що з необхідністю повинно враховуватися при її виборі.

Тобто, для пошуку найкращого варіанту ТР були задані для нього часні критерій якості і сукупний, та визначили, за допомогою яких параметрів на ТР можна впливати.

Тепер задамо критерії якості з яких буде складатися сукупний критерій – функції змінних параметрів, які необхідно мінімізувати або максимізувати.

Оптимізація у вузькому сенсі полягає в мінімізації або максимізації кожної функції при наявності або відсутності умов / обмежень [27].

Тобто для розробки методу вибору пристрою для виміру тиску розробимо сукупний критерій вибору та ряд обмежень для спрощення вирішення поставленої задачі. При наявності обмежень – завдання умовної оптимізації, а при їх відсутності – завдання безумовної оптимізації.

До сукупного критерію вибору ПВТ можна віднести ступінь відхилення параметрів вибраного варіанту ПВТ від тих, що забезпечують ефективний процес формоутворення, він повинен бути мінімальним. Таким чином, в якості критеріїв задамо:

– мінімальні наведені витрати

$$E_x = \min \sum_{i=0}^I Z_i v_i, \quad (2.1)$$

де Z_i – витрати на i -й ремонт ПВТ;

$v_i = 1$, якщо є відміна в ціни від заданої.

– максимальна надійність

$$R_l = \max \sum_{i=0}^l H_i v_i, \quad (2.2)$$

де H_i – підвищення ефективності формоутворення за рахунок підвищення надійності i -ої марки ПВТ.

$v_i = 1$, якщо є відміна показника надійності від заданого.

Обмеження можуть задаватися у вигляді рівностей і нерівностей, тому визначимо основні обмеження:

– вартість i -го ремонту не має перевищувати задану Z_3

$$\sum_{i=0}^l Z_i v_i \leq Z_3. \quad (2.3)$$

Вище наведені критерії обумовлені в першу чергу тим, що іноді є необхідність ремонту пристрою, а надійність необхідна завжди бо впливає на процес формоутворення в цілому.

Таким чином, сукупний критерій має вид:

$$C_{cr} = E_x + R_l. \quad (2.4)$$

2.3 Розробка методу вибору пристрою для виміру тиску

Процес прийняття ТР вибору раціонального варіанта набору пристроїв для виміру тиску – функція перетворення змісту інформації про вимоги, які пред’являються до пристроїв, що входять в набір альтернатив, а також про характеристики пристрою для виміру тиску, в підмножину найкращих варіантів набору $X \subseteq A$.

Нехай множина варіантів набору буде представлена у вигляді підмножин:

$$A = \{A_1, \dots, A_r, \dots, A_R\}, \quad (2.5)$$

де R – число варіантів альтернатив, з яких здійснюється вибір.

В якості цільової функції F буде метод, за яким здійснюється вибір раціонального набору ПВТ.

Таким чином одну множину вибраних альтернатив ПВТ можна представити, як:

$$A_r = F(A). \quad (2.6)$$

У задачах прийняття ТР є поняття механізму вибору – кортеж з двох елементів:

– сукупність інформації, що дозволяє зіставляти варіанти або групи варіантів;

– правило вибору, яке вказує, як, використовують сукупність інформації для того, щоб виділити з пред'явленої для вибору множини альтернатив A підмножину A' або, взагалі, одну альтернативу A_r .

Модель прийняття технічних рішень DS можна представити у вигляді:

$$DS : \langle T, Ii, R_A, A, Dc, F, A_r(A') \rangle, \quad (2.7)$$

де T – мета прийняття технічного рішення;

Ii – вхідні дані для породження альтернатив (безліч функціональних підсистем для ПВТ);

R_A – правило породження альтернатив;

A – множина породжених альтернатив;

Dc – дані для вибору раціональних варіантів (множина характеристик клас точності, діапазон вимірів, напруга живлення, габарити, маса та ціна для кожної альтернативи);

F – метод вибору найкращої альтернативи;

A_r – вибрана альтернатива.

Вхідні параметри I_i для породження альтернатив ПВТ можна переставити у вигляді множини:

$$I_i = \{I_{i_1}, I_{i_2}, \dots, I_{i_n}\}, \quad (2.8)$$

де $I_{i_1}, I_{i_2}, \dots, I_{i_n}$ – елементи множини вхідних параметрів;

n – кількість вхідних параметрів $n = 1 \dots N$.

В аналітичному вигляді представимо правило породження альтернатив R_A , а саме як векторний добуток множин:

$$R_A = I_{i_1} \times I_{i_2} \times \dots \times I_{i_n}. \quad (2.9)$$

На рис. 2.6 наведено графічну структуру завдання прийняття технічних рішень, що забезпечує перетворення вхідних даних в рішення по вибору раціонального варіанту набору ПВТ та може бути представлена у вигляді послідовності правил породження альтернатив і вибору найкращої по заданій цільової функції.

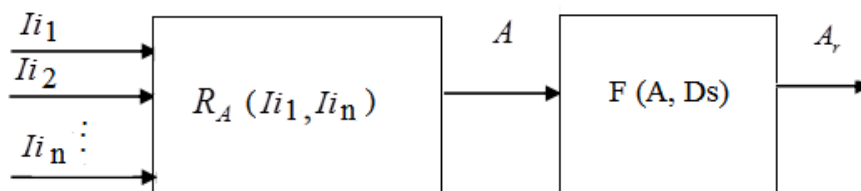


Рисунок 2.6 – Структура завдання прийняття технічних рішень по вибору оптимального варіанта набору ПВТ

Представимо вище описаний метод у вигляді алгоритму (рис. 2.7).

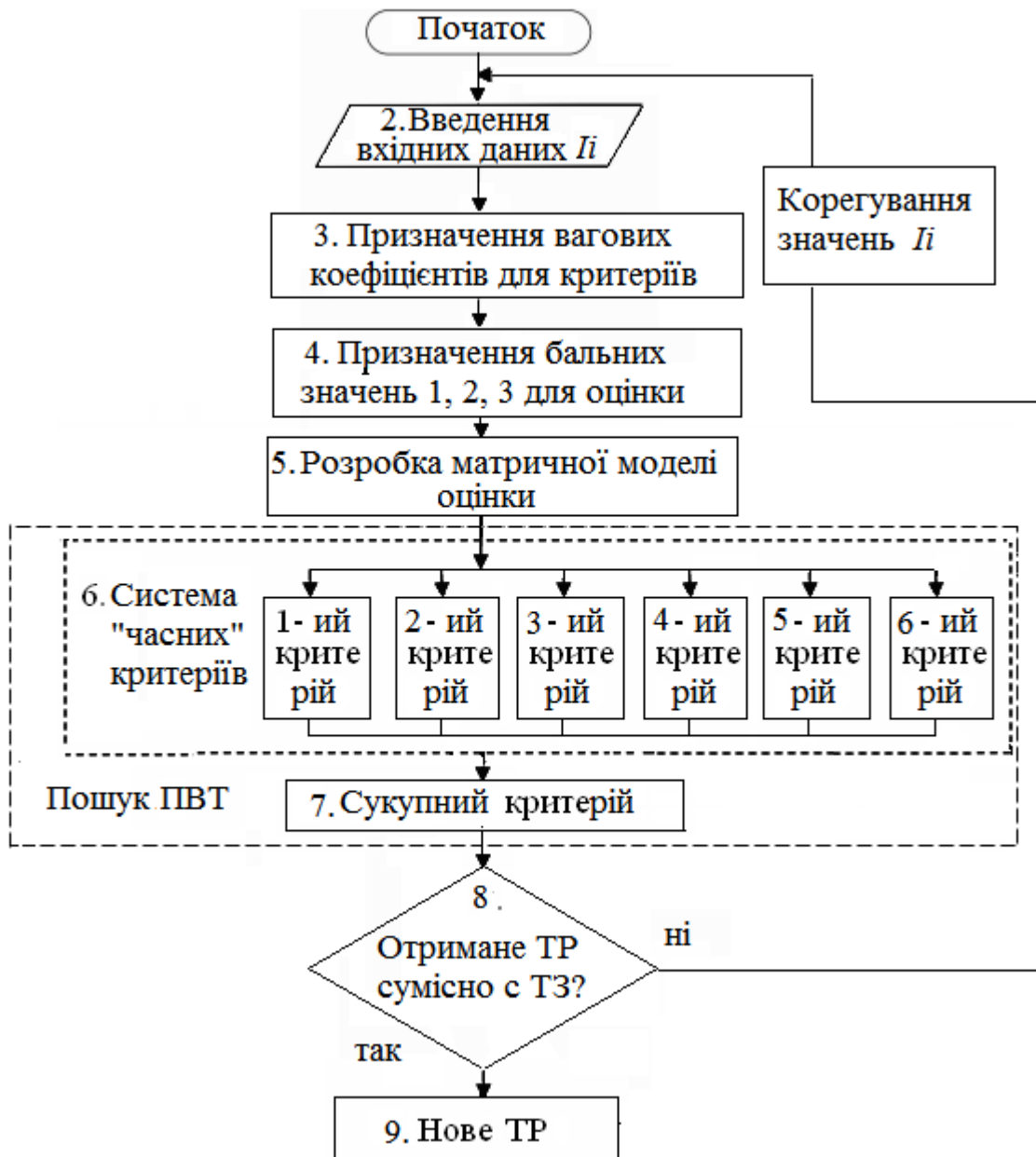


Рисунок 2.7 – Алгоритм вибору ПВТ для процесу формування виробів з металу

Процес прийняття рішення починається з операції пошуку рішень в масиві накопиченого досвіду інформаційного банку даних (прийняття рішень для ПВТ описується безліччю однотипних варіантів, в умовах яких належить зробити вибір).

Далі пропонується враховувати ваговий коефіцієнт при прийнятті рішень, тому необхідно їх призначити шляхом визначення значущості кожного критерію.

Пропонується ввести бальні значення 1, 2, 3 для оцінки.

Далі розробка матричної моделі оцінки, що диференцує критерії з точки зору їх ролі в підготовці вибору оптимальної альтернативи.

Алгоритм складається з 9 основних етапів та 10 етапу резервного – це, якщо не отримана необхідна альтернатива ПВТ (нове ТР) такий варіант може бути, якщо вхідні дані введені некоректно або недостатньо.

Потім перевіряємо вибрані рішення по більш локальним критеріям – система «часних» критеріїв, щоб отримати більш конкретизовану інформацію. Критерії вибору технічних рішень – умови конкретного завдання для ПВТ.

Наступний етап – перевірка по сукупному критерію.

Важливо, щоб отримане технічне рішення було сумісне з ТЗ. Якщо ця умова виконується, то отримано нове оптимальне технічне рішення.

Якщо умова не виконується, то проводиться корегування вхідних даних.

2.4 Висновки до другого розділу

В другому розділі:

1) Вибрано конкретний виріб з металу та його матеріал.

В якості виробу буде диск, який буде отримано з сталі марки Ст3кп – вуглецева сталь звичайної якості, з номером 3, кипляча, в якій температура повільного загартування не перевищує 200 °С та володіє легкістю механічної обробки.

2) Вибрано метод формоутворення металевих виробів.

Метод формоутворення – листова штамповка тобто, обробка металів під тиском з одночасним їх загартуванням в штампі бо деталі, отримані формоутворенням при обробці тиском мають фіксовані розміри по трьох осях та необхідну міцність.

3) Вибрано середовище для формоутворення виробу.

Для процесу формоутворення вибрана тверде деформуюче середовище за допомогою кривошипного пресу КД-2124 (зусилля 25 т). Загартування проведено в водній рідині.

4) Запропоновано метод проведення оцінки альтернатив ПВТ.

Запропонований метод представлено у вигляді матричної моделі, що диференціює критерії з точки зору їх ролі в підготовці вибору оптимальної альтернативи. Вибір оптимального рішення здійснюється шляхом зіставлення значимості кожного критерію та оцінки його прояви в тій чи іншій альтернативі.

5) Новизною роботи є те, що введено бальні значення 1 (низька), 2 (середня), 3 (висока) для оцінювання характеристик прийняті з метою ефективного прийняття ТР.

6) В даній роботі для реалізації вибору ПВТ застосовано метод «згортки» для вибору альтернатив, при якому буде визначатися значення єдиного сукупного критерію для кожного альтернативного варіанту рішення.

7) Формалізовані умови та обмеженні вибору ПВТ.

Однак в більшості випадків віддати перевагу одному серед якісно різних величин досить важко, тому пропонується обрати «часні» критерії (клас точності, діапазон вимірів, напруга живлення, габарити, маса та ціна) та додати результуючий – сукупний критерій.

Розроблено метод вибору пристрою для виміру тиску, який на відміну від існуючих засновано на застосуванні запропонованого сукупного критерію, що характеризує необхідність ремонту пристрою та надійність, яка завжди важлива бо впливає на процес формоутворення в цілому.

8) Розроблено алгоритм вибору ПВТ для процесу формоутворення виробів з металу.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИБОРУ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВИМІРУ ТИСКУ

3.1 Обґрунтування вибору середовища розробки і мови

Розглянемо сучасні інтегровані середовища розробки (IDE) для того, щоб вибрати ту, яка буде найбільш проста та зручна для розробки власної програми.

Інтегроване середовище розробки – комплекс окремих інструментів розробника, що дозволяє не тільки написати код програми, а й скомпілювати цей код в готовий додаток, провести тестування цієї програми, пошук помилок й інші дії. До складу сучасних IDE, як окремі елементи вже входять [29]:

- текстовий редактор;
- компілятор (або інтерпретатор – для різних мов програмування);
- відладчик;
- система управління версіями;
- інші інструменти.

Сучасні IDE можуть істотно розширювати свій функціонал завдяки різним плагінам. Варто відзначити, що деякі текстові редактори (наприклад Vim, Visual Studio Code, Emacs), завдяки доступним плагінам, також розширюють свій функціонал, доводячи його до практично IDE можливостей.

Рейтинг IDE для C ++ за даними Standard C ++ Foundation наведено на рис. 3.1 [29].

Перше місце серед IDE у Visual Studio, друге у Qt Creator.

Почнемо з Qt Creator – крос-платформний інструментарій розробника прикладного програмного забезпечення, широко використовуваний для створення графічних інтерфейсів.

Існують версії Qt для UNIX-подібних операційних систем з X Window System (наприклад, X.Org (EN), Mac OS X і OC Windows).

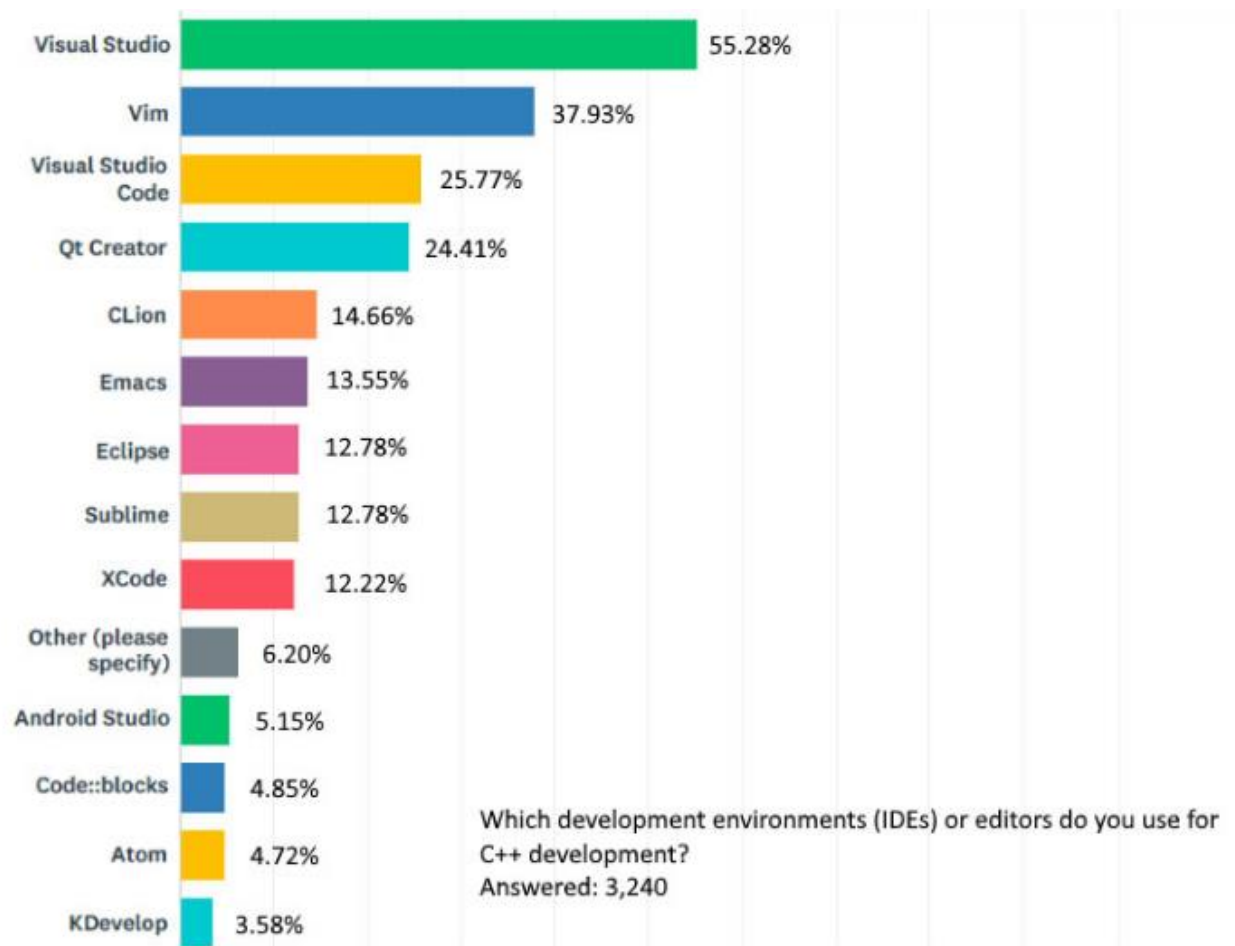


Рисунок 3.1 – Порівняння сучасних IDE для C ++ за даними Standard C ++ Foundation

До складу Qt включені інструменти розробника з графічним або консольним інтерфейсом [30].

Це IDE для розробки програмного забезпечення на мові програмування C ++. Є також «прив'язки» до багатьох інших мов програмування: Python – PyQt, PySide; Ruby – QtRuby; Java – Qt Jambi; PHP – PHP-Qt та інші [31].

Qt має всі основні класи, які можна застосовувати при розробці прикладного програмного забезпечення, починаючи від елементів графічного інтерфейсу і закінчуючи класами для роботи з мережею, базами даних і XML.

Бібліотека Qt включає в себе [30, 31]:

- середовище для розробки графічного інтерфейсу;
- компілятор мета-об'єктів;
- набір класів для роботи.

Бібліотека Qt забезпечена системою документації QtAssistant, що реалізовано одноманітно для всіх платформ, на яких можлива розробка з використанням цієї бібліотеки.

При необхідності швидкого отримання результату, проведення експериментів з розміщення об'єктів, загальною оцінкою інтерфейсу можливе використання спеціального редактора інтерфейсів QtDesigner. QtDesigner не накладається ніяких обмежень на засоби розробки, оскільки інтерфейс, створений ним, в кінцевому рахунку буде перетворений компілятором uіc в код програми на мові C ++, що забезпечує створення саме цього інтерфейсу, а це і є однією з переваг цього середовища.

Також до переваг можна віднести:

- швидка багаторівнева розробка;
- крос-платформеність;
- використання в мобільних платформах: Symbian, Harmattan, Maemo, Android, Ios;
- хороша документація.

До недоліків Qt можна віднести:

- велику вагу додатків;
- низький поріг входження;
- відносна складність поширення додатків.

VS найпоширеніше середовище, його використовують багато компаній для розробки програмного забезпечення. Загальноприйнятий стандарт програмування під Windows, є безкоштовні домашні версії.

Середовище Visual Studio (VS) офіційно підтримує платформи: Android, iOS та Windows. VS – багатофункціональне середовище, тобто застосовується для різних аспектів розробки програмного забезпечення [32].

VS має стандартний редактор та відладчик, а також включає в себе компілятори, засоби виконання коду, графічні конструктори і багато інших функцій для спрощення процесу розробки програмного забезпечення.

У комплект входять наступні основні компоненти [32]:

- Visual Basic.NET – для розробки додатків на VisualBasic;
- Visual C ++ – на традиційній мові C ++;
- Visual C # – на мові C # (Microsoft).

Visual F # – на F # (Microsoft Developer Division).

За замовчуванням Visual Studio форматує код у міру його введення, автоматично вставляючи необхідні відступи і застосовуючи колірне кодування для виділення елементів типу коментарів. Такі незначні відмінності роблять код більш зручним для читання і менш схильним до помилок. Застосовувані Visual Studio автоматично параметри форматування можна навіть налаштовувати, що дуже зручно у випадках, коли розробник вважає за краще інший стиль розміщення дужок (наприклад, стиль K & R, при якому відкриває дужка розміщується на тому самому рядку, що і оголошення, якому вона передує).

VS використовує платформи для розробки програмного забезпечення Microsoft, такі як API Windows, Windows Forms, Foundation Presentation Foundation, Windows Store та Microsoft Silverlight. VS включає редактор коду, що підтримує IntelliSense (компонент доповнення коду).

Визначимо основні переваги цього середовища:

- компактність (не потрібно багато пам'яті для завантаження);
- наявність нативних компонентів в повному обсязі;
- компактність (не потрібно багато пам'яті для завантаження);
- висока швидкість розробки;
- інструменти налагодження є найкращим засобом для відстеження «загадкових» помилок і діагностування «дивної» поведінки програми.

До недоліків можна віднести неможливість відладчика (Microsoft Visual Studio Debugger) відстежувати в коді режиму ядра. Налагодження в Windows в режимі ядра в загальному випадку виконується при використанні WinDbg, KD або SoftICE. Microsoft Developer Network підтримує тільки ті мови та утиліти, які розроблено компанією Microsoft.

Visual Studio можна назвати однією з найбільш підтримуваних програм. На базі того, що описано вище було вибрано середовище Visual Studio.

Вибір мови був між C++ та C# – обидві мови загального призначення.

C # – об'єктно-орієнтована мова програмування з автоматичним управлінням пам'яттю, призначена для програмування на платформі .NET.

C ++ – крос-платформна мова програмування загального призначення, сумісна в більшості випадків з C.

Синтаксисом вони чимось схожі, але й відмінностей багато. C # неявно використовує механізми, які використовуються в C ++ явно (наприклад, покажчики).

C ++ і C # активно розвиваються, тому перспективи цих мов приблизно однакові. У підтримці додатків великої різниці між C ++ та C # немає.

Використовуючи C #, простіше написати код, перевага C ++ в можливості писати код, який буде виконуватися безпосередньо процесором, і можливості прямої роботи з пам'яттю.

Різноманіття коду на C++ більше, однак код на C# простіше та лаконічніше.

Синтаксис C # – спрощена версія синтаксису C ++.

Тому вибрано мова C #.

3.2 Опис інтерфейсу програми

Людино-машинний інтерфейс необхідно для взаємодії між устаткування і людиною, різними видами обладнання [33, 34].

На базі розробленого алгоритму було написано програмне забезпечення розглянемо детальніше процес розробки.

Спочатку створено проект WindowsFormApplication та збережено в обрану теку Project.

Створити базу даних (БД) можна на сервері MS SQL, обрано метод створення – прямо в проекті. Для цього тиснути правою кнопкою миші на

WindowsFormApplication в вікні Solution Explorer (оглядач рішень) та у з'явившемся контекстному меню вибрати Add -> New Item (рис. 3.2).

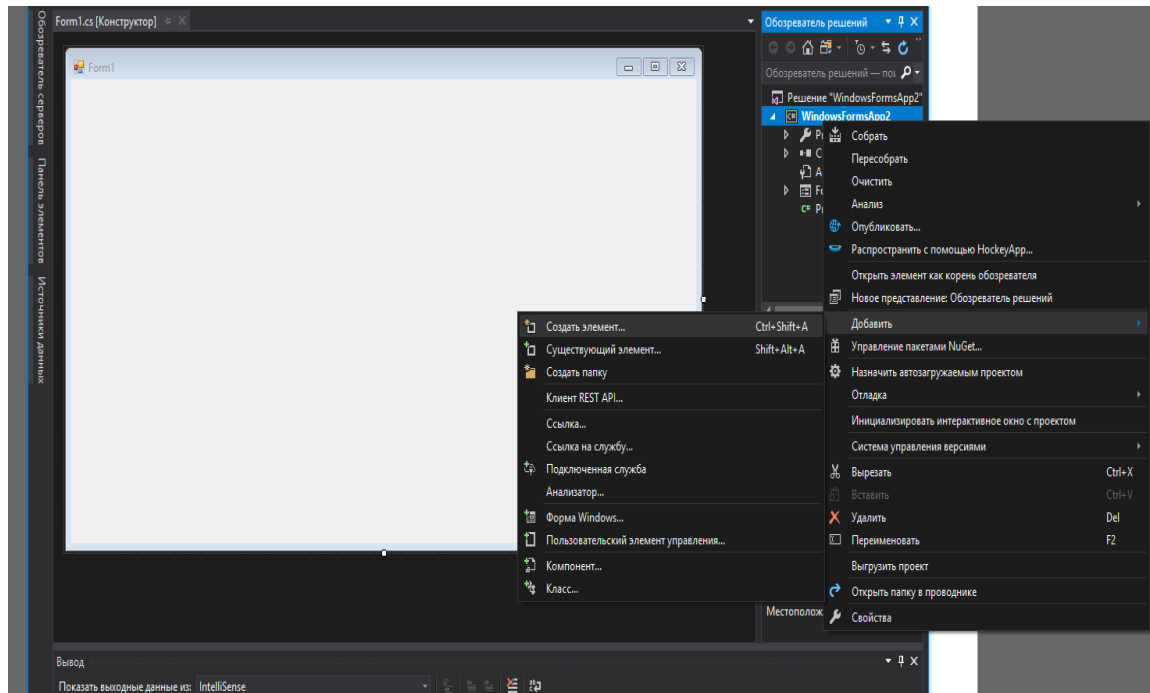
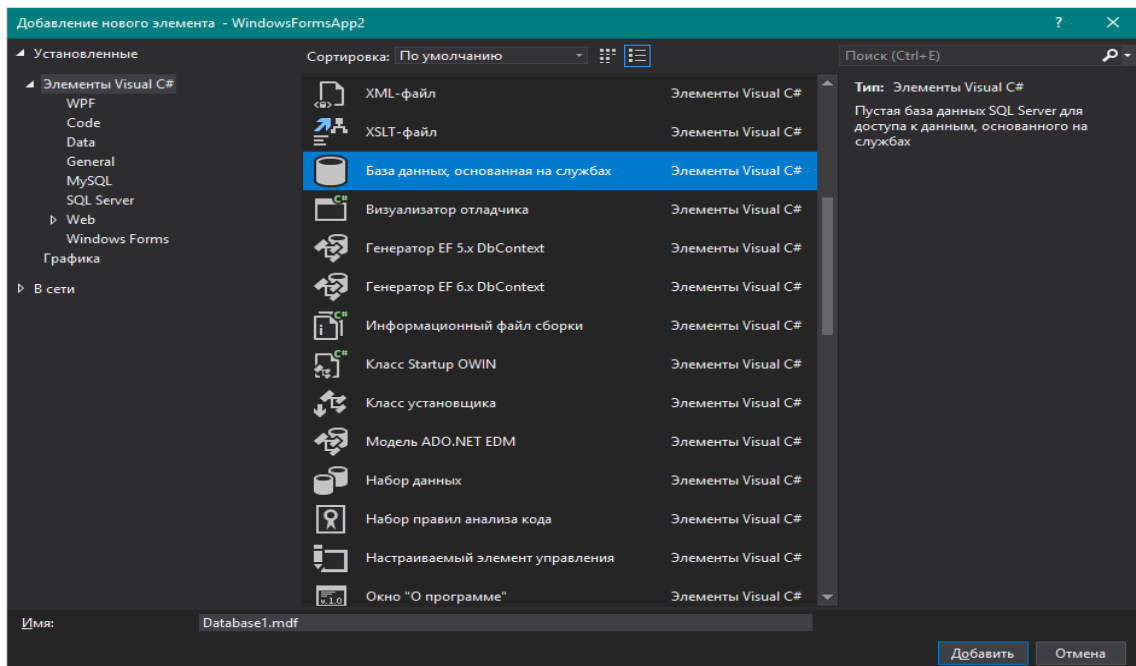
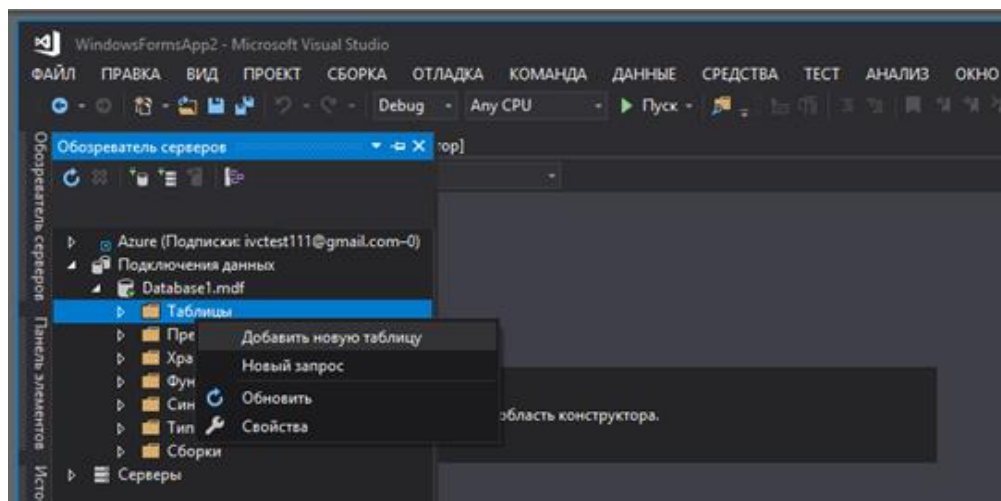


Рисунок 3.2 – Створення нового елементу

У вікні додавання нового елементу вибрано SQL Server Database (рис. 3.3, а), після чого у вікні Server Explorer («Оглядач серверів») з'явиться Database.mdf (рис. 3.3, б). Далі створимо першу таблицю «Sensor» з параметрами ПБТ, що взяті з моделі оцінки критеріїв альтернативних варіантів вибору ПБТ (табл. 2.2).



а)

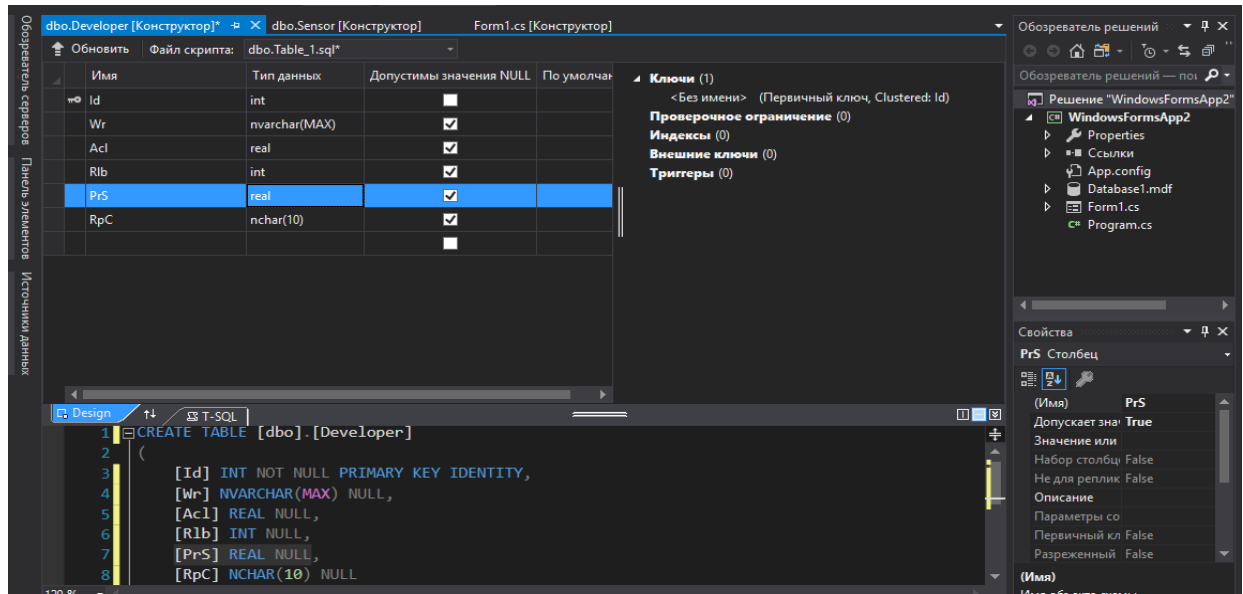


б)

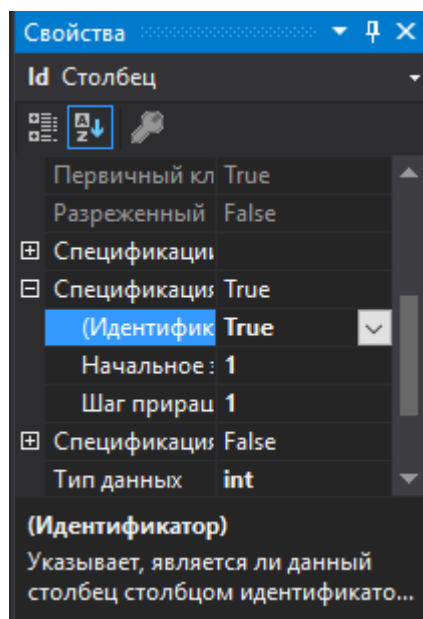
а) створення елемента SQL Server Database; б) створення нової таблиці

Рисунок 3.3 – Створення нового елементу БД (таблиця)

Додамо всі поля в нову таблицю та задамо тип даних для кожного рядку (рис. 3.4, а). Первинний ключ – Id, який буде лічильником, що автоматично додає 1 до кожного нового запису в БД., для цього натиснувши на знак «Ключ» у вікні «Properties» знайти властивість Specification -> Identifications -> true (рис. 3.4, б).



а)

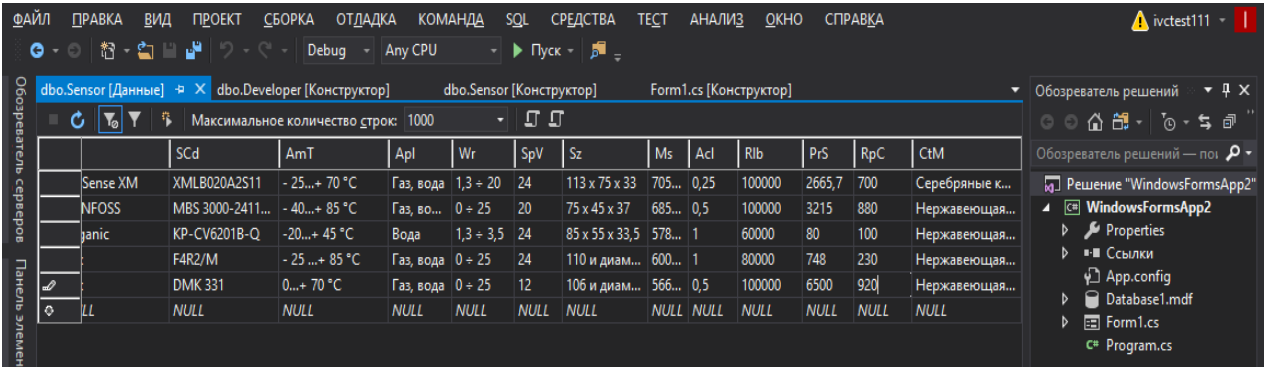


б)

а) створення полів таблиці; б) встановлення типу даних для ключа таблиці

Рисунок 3.4 – Завдання полів таблиці

Далі заповнимо даними таблицю, що створили. Для цього перейти у вікно Server Explorer («Оглядач серверів») та натиснувши на створену таблицю з'явиться контекстне меню де обрати Show Table Data («Показати таблицю»). Результат, тобто, створена таблиця Sensor з полями представлена на рис. 3.5.



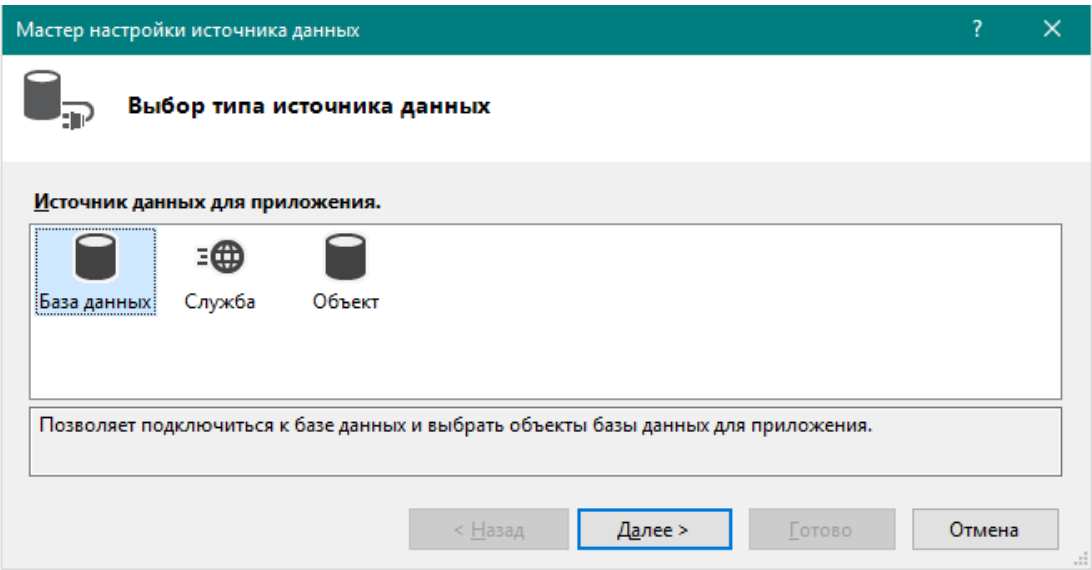
	SCd	AmT	Apl	Wr	SpV	Sz	Ms	Acl	Rib	PrS	RpC	CtM
Sense XM	XMLB020A2S11	- 25...+ 70 °C	Газ, вода	1,3 ÷ 20	24	113 x 75 x 33	705...	0,25	100000	2665,7	700	Серебряные к...
NFOSS	MBS 3000-2411...	- 40...+ 85 °C	Газ, во...	0 ÷ 25	20	75 x 45 x 37	685...	0,5	100000	3215	880	Нержавеющая...
anic	KP-CV6201B-Q	-20...+ 45 °C	Вода	1,3 ÷ 3,5	24	85 x 55 x 33,5	578...	1	60000	80	100	Нержавеющая...
	F4R2/M	- 25 ...+ 85 °C	Газ, вода	0 ÷ 25	24	110 и диам...	600...	1	80000	748	230	Нержавеющая...
	DMK 331	0...+ 70 °C	Газ, вода	0 ÷ 25	12	106 и диам...	566...	0,5	100000	6500	920	Нержавеющая...
LL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Рисунок 3.5 – Заповнена таблиця sensor

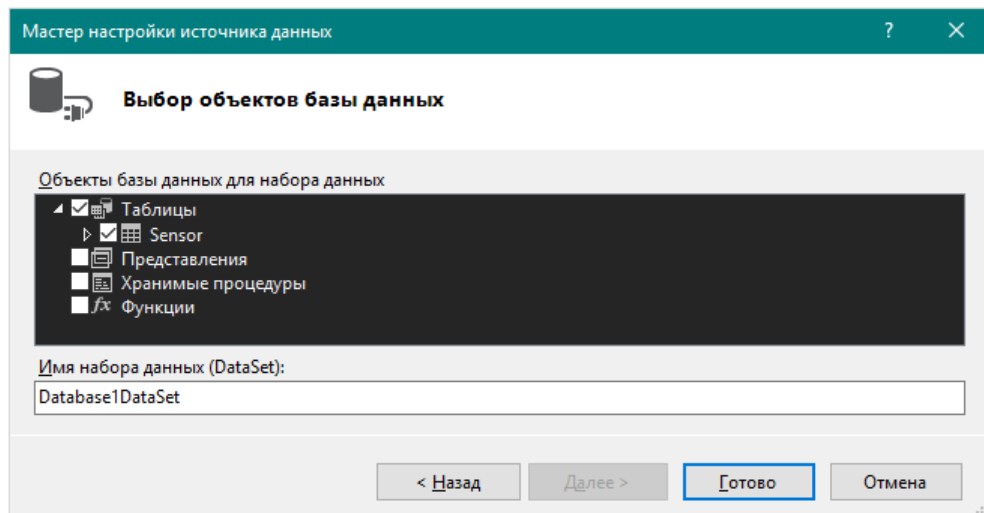
Далі необхідно прив’язати створену таблицю до проекту на вкладці Data Sources, тобто, потрібно додати новий елемент даних, такий як Service-based Database. Файли бази даних будуть автоматично зберігатися в директорії виведення. Для підключення створеної БД до проекту потрібно додати нове джерело даних типу Database і вибрати потрібну БД.

Для підключення БД необхідно перейти в Мастер настройки джерела даних та обрати тип джерела. Джерелом даних для додатку буде БД.

Наступним кроком в Мастер настройки джерела даних необхідно вибрати підключення до БД (рис. 3.6).



а)



б)

а) вибір типу джерела даних; б) «прив'язка» необхідної таблиці

Рисунок 3.6 – Підключення створеної БД

Створення форми Form 1. Перейти на вкладку Data Sources та методом Drag-and-drop (D&D) перенести на форму таблицю «Sensor» (натиснути на таблицю обрати в контекстному меню Data Grid View) (рис. 3.7).

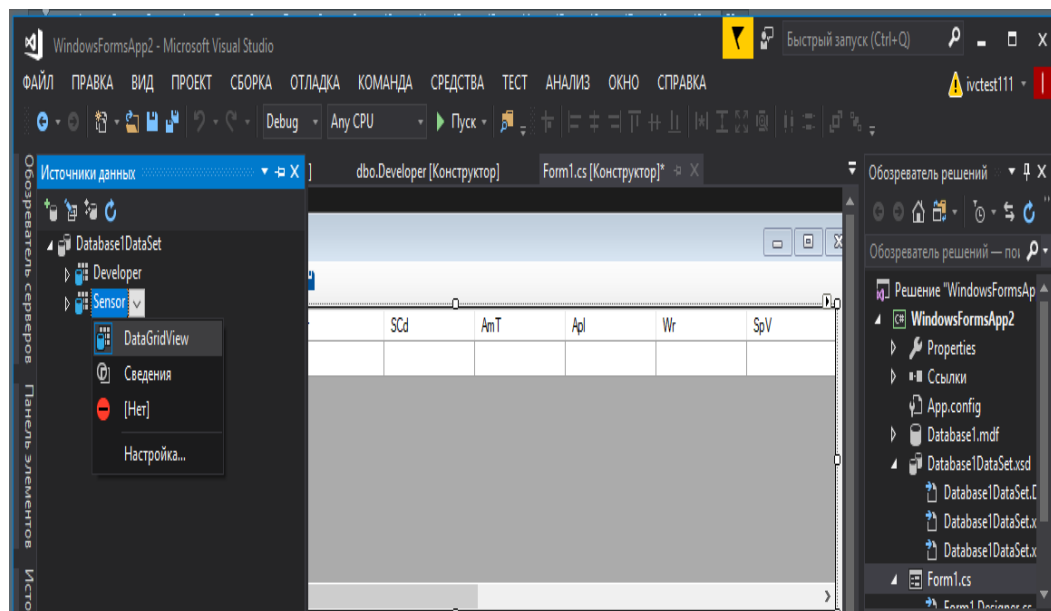


Рисунок 3.7 – Додавання таблиці на форму

Для завантаження записів з БД в DataGridView, виконуємо Form1_Load. При кожному завантаженні форми буде спрацьовувати код в обробнику Form1_Load. Фрагмент коду:

```
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    // TODO: данная строка кода позволяет загрузить данные в таблицу
    «database1DataSet.Sensor». При необходимости она может быть перемещена или удалена.
    This.sensorTableAdapter.Fill(this.database1DataSet.Sensor);
}
```

Створимо на формі вкладки Search, Add, Delete, Edit за допомогою елемента управління Control Tab (рис. 3.8).

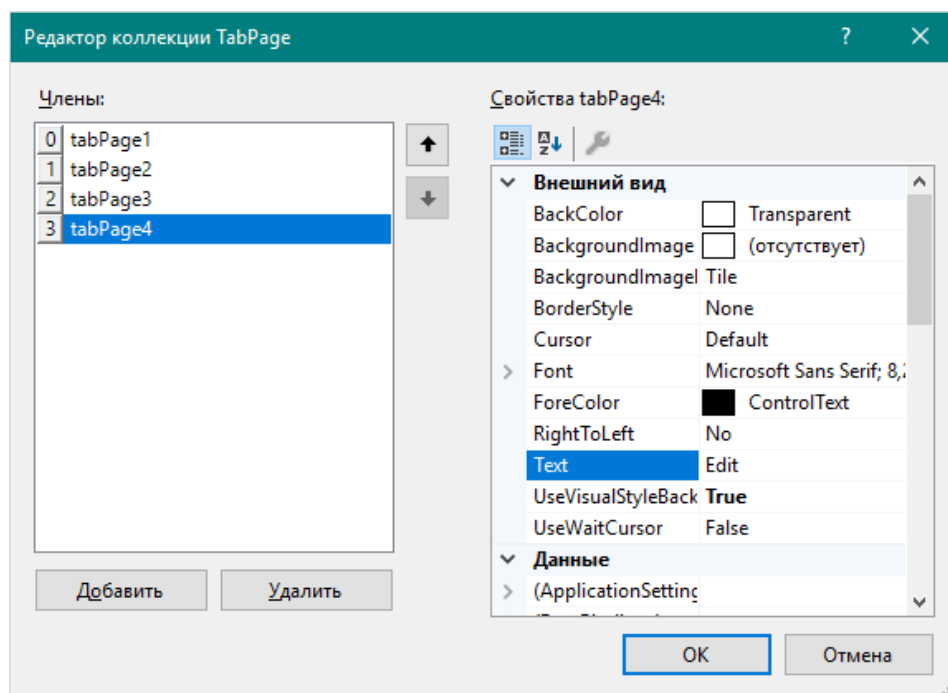


Рисунок 3.8 – Створення колекції вкладок

Та нижче розмістимо текстові поля статичні Label та динамічні Text Box (ввод / вивід інформації) (рис. 3.9).

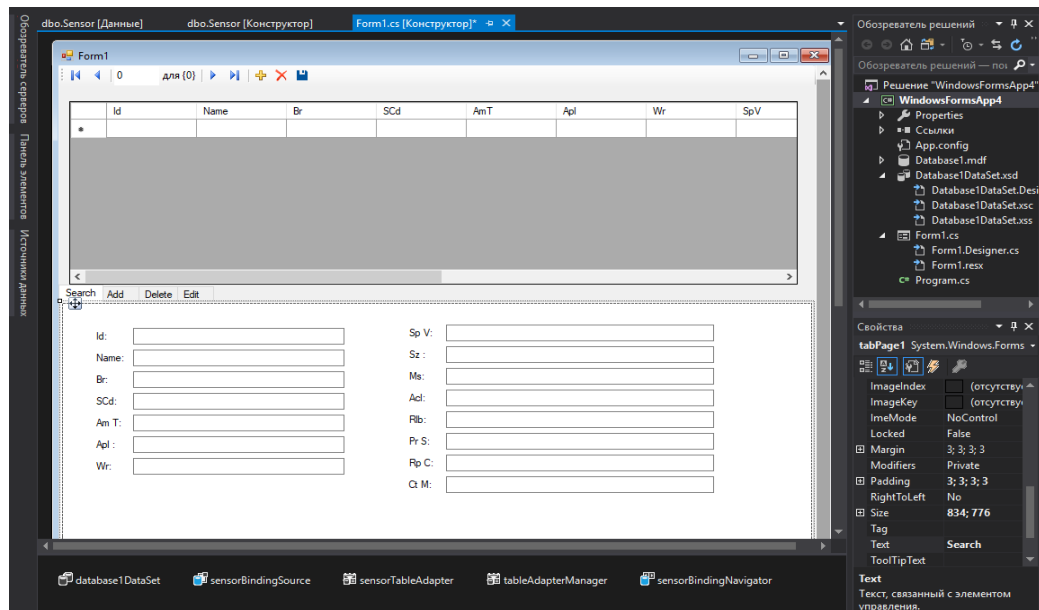


Рисунок 3.9 – Розроблена форма 1

Додамо в Menu Strip, яке автоматично з'являється на формі елементів: Label, Text Box та Button. Натиснувши на Button прописуємо код в Form1.cs:

```
private void SearchtoolStripButton_Click(object sender, EventArgs e)
```

```
{
```

List<string> filterParts = new List<string>(); // List используем для того что бы делать
выборку по нескольким параметрам

```
if (comboBox1.SelectedIndex >= 0)
```

```
filterParts.Add(«(Convert (Name,'System.String') LIKE '» + comboBox1.Text + «')»); //
```

Если поле ввода пустое то объект не будет заносится в List

```
if (brTextBox.Text != «»)
```

```
filterParts.Add(«Br LIKE «%» + brTextBox.Text + «%»»);
```

```
if (sCdTextBox.Text != «»)
```

```
filterParts.Add(«SCd LIKE «%» + sCdTextBox.Text + «%»»);
```

```
if (amTTextBox.Text != «»)
```

```
filterParts.Add(«AmT LIKE «%» + amTTextBox.Text + «%»»);
```

```
if (apl_TextBox.Text != «»)
```

```
filterParts.Add(«Apl LIKE «%» + apl_TextBox.Text + «%»»);
```

```
if (wrTextBox.Text != «»)
```

```
filterParts.Add(«(Convert (Wr,'System.String') LIKE '» + wrTextBox.Text + «')»); //
```

Convert – преобразовывает любые значения в строку

```
if (spVTextBox.Text != «»)
```

```

        filterParts.Add("(Convert (SpV,'System.String') LIKE '' + spVTextBox.Text + '')");
    if (sz_TextBox.Text != "")
        filterParts.Add("Sz LIKE '%" + sz_TextBox.Text + "%'");
    if (msTextBox.Text != "")
        filterParts.Add("(Convert (Ms,'System.String') LIKE '' + msTextBox.Text + '')");
    if (acl_TextBox.Text != "")
        filterParts.Add("(Convert (Acl,'System.String') LIKE '' + acl_TextBox.Text + '')");
    if (rlbTextBox.Text != "")
        filterParts.Add("Rlb LIKE '%" + rlbTextBox.Text + "%'");
    if (prSTextBox.Text != "")
        filterParts.Add("PrS LIKE '%" + prSTextBox.Text + "%'");
    if (rpCTextBox.Text != "")
        filterParts.Add("RpC LIKE '%" + rpCTextBox.Text + "%'");
    if (ctMTextBox.Text != "")
        filterParts.Add("CtM LIKE '%" + ctMTextBox.Text + "%'");
    sensorBindingSource.Filter = string.Join(" AND ", filterParts); // Filter – задает
    выражения используемое для фильтрации строк
}

```

Додамо кнопку пошуку на форму, клацнемо на неї та в Form1.cs додамо код:

```

private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    string Search = "(Convert (Name,'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')"
+
    "OR (Convert (Br,'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')" +
    "OR (Convert (SCd, 'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')" +
    "OR (Convert (AmT, 'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')" +
    "OR (Convert (Apl, 'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')" +
    "OR (Convert (Wr,'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')" +
    "OR (Convert (SpV,'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')" +
    "OR (Convert (Sz,'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')" +
    "OR (Convert (Ms,'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')" +
    "OR (Convert (Acl,'System.String') LIKE '' + toolStripTextBox.Text + '')" +

```

“OR (Convert (Rlb,’System.String’) LIKE ‘” + toolStripTextBox.Text + “”)” +
“OR (Convert (PrS,’System.String’) LIKE ‘” + toolStripTextBox.Text + “”)” +
“OR (Convert (RpC,’System.String’) LIKE ‘” + toolStripTextBox.Text + “”)” +
“OR (Convert (CtM,’System.String’) LIKE ‘” + toolStripTextBox.Text + “”)”;
sensorBindingSource.Filter = Search;

Результат роботи програми на рис. 3.10.

The screenshot shows a Windows application window titled "Form1". At the top, there is a status bar with "Update -25...+ 80 °C" and a green search icon. Below this is a data grid with the following columns: Id, Name, Br, SCd, AmT, Apl, Wr, SpV, Sz, Ms. The first row has the following values: Id: 2, Name: Датчик давления, Br: 343243, SCd: DAOSS, AmT: -25...+ 80 °C, Apl: Газ, вода, Wr: 1,3 ÷ 3,5, SpV: 20, Sz: 63 x 75 x 66, Ms: 666. Below the grid is a search form with tabs: Search, Add, Delete, Edit. The Search tab is active. It contains two columns of input fields. The left column has: Name (dropdown), Br (text), SCd (text), Am T (text), Apl (text), Wr (text), Sp V (text). The right column has: Sz (text), Ms (text), Acl (text), Rlb (text), Pr S (text), Rp C (text), Ct M (text). A green search button with a magnifying glass icon is located to the right of the input fields.

Id	Name	Br	SCd	AmT	Apl	Wr	SpV	Sz	Ms
2	Датчик давления	343243	DAOSS	-25...+ 80 °C	Газ, вода	1,3 ÷ 3,5	20	63 x 75 x 66	666

Рисунок 3.10 – Пошук по діапазону температур

Аналогічним чином створюємо елементи на вкладках: Add, Delete, Edit (рис. 3.11 – 3.13).

На вкладку Add додано фон (рис. 3.11, а)

Id	Name	Br	SCd	AmT	Apl	Wr	SpV	Sz	Ms
4	Датчик давления	Fox	F4R2/M	-25...+85 °C	Газ, вода	0 ÷ 25	24	110 и диаметр 35	600
5	Датчик газа	BD SENSORS	DMK 331	0...+70 °C	Газ, вода	0 ÷ 25	12	110 и диаметр 35	566
7		2256	WWW	0...+70 °C	Вода	1,3 ÷ 20	24	100 и диаметр 35	566
9		2256	WWW	0...+70 °C	Вода	1,3 ÷ 20	24	100 и диаметр 35	566
11	Датчик	FGIt	12hgygyv	+30...+70 °C	Вода	1,3 ÷ 3,3	20	90 и диаметр 45	566

а)

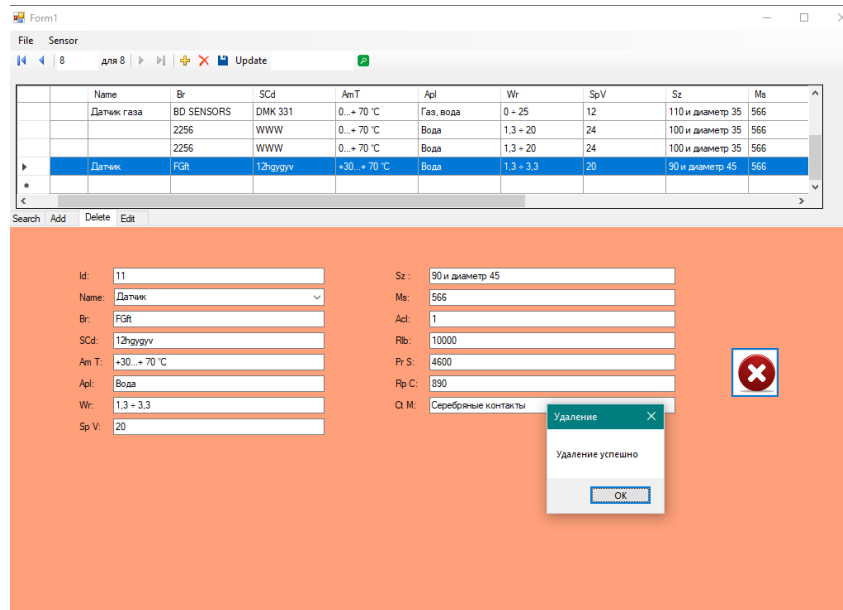
б)

а) вкладка Add; б) окно «Настройки свойств»

Рисунок 3.11 – Створення вкладки Add

Br	SCd	AmT	Apl	Wr	SpV	Sz	Ms	Acl	Ri
BD SENSORS	DMK 331	0...+70 °C	Газ, вода	0 ÷ 25	12	110 и диаметр 35	566	0,5	100
2256	WWW	0...+70 °C	Вода	1,3 ÷ 20	24	100 и диаметр 35	566	1	800
2256	WWW	0...+70 °C	Вода	1,3 ÷ 20	24	100 и диаметр 35	566	1	800
FGIt	12hgygyv	+30...+70 °C	Вода	1,3 ÷ 3,3	20	90 и диаметр 45	566	1	100

а)



б)

а) заповнення форми Delete; б) результат з повідомленням, що видалення елемента БД пройшло успішно

Рисунок 3.12 – Реалізація процесу видалення елемента БД

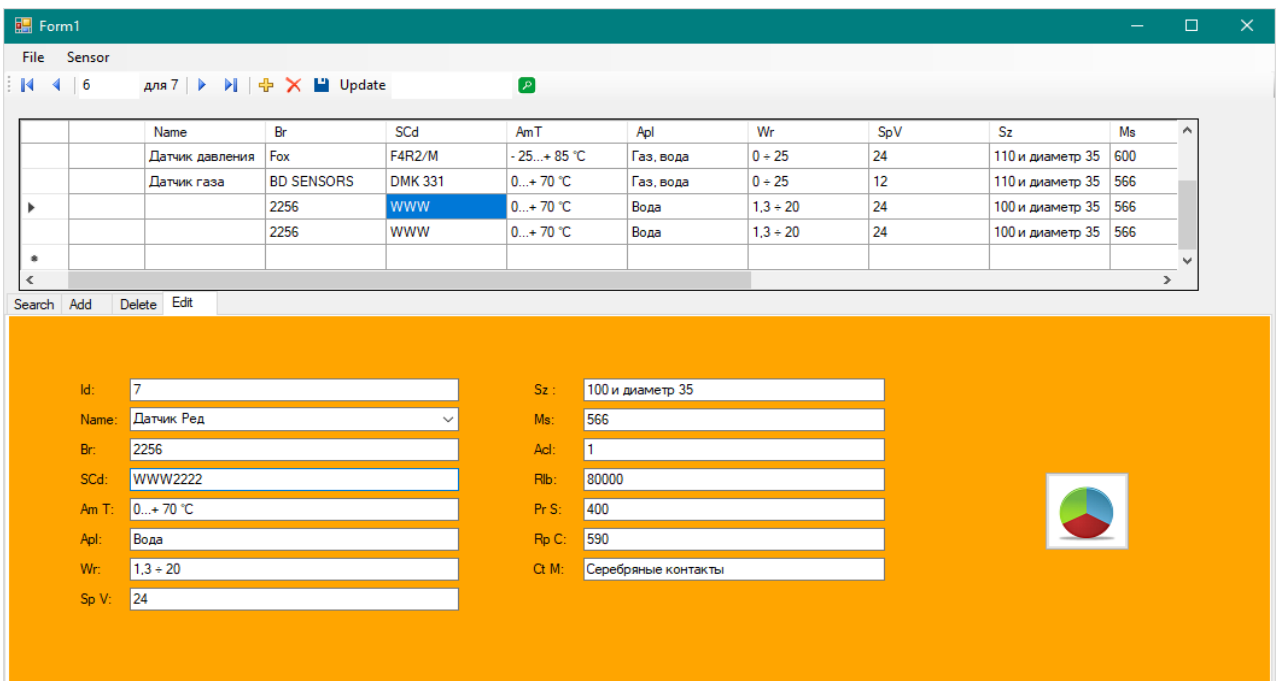


Рисунок 3.13 – Реалізація процесу зміни параметрів елемента БД (додання символів 2222 до назви бренду ПВТ)

Код для реалізації додавання даних в БД:

```
private void Addbutton_Click(object sender, EventArgs e)
{
    SqlConnection conn = new
SqlConnection(this.sensorTableAdapter.Connection.ConnectionString);
    if (comboBox2.Text != ""
        && brTextBox1.Text != "" && sCdTextBox1.Text != "" && amTTextBox1.Text != ""
&& aplTextBox1.Text != ""
        && wrTextBox1.Text != "" && spVTextBox1.Text != "" && sz_TextBox1.Text != ""
&& msTextBox1.Text != ""
        && aclTextBox1.Text != "" && rlbTextBox1.Text != "" && prSTextBox1.Text != ""
&& rpCTextBox1.Text != ""
        && ctMTextBox1.Text != "" )
    //&& (tSTextBox1.Text == "" || tSTextBox1.Text != "") // Проверка на заполненные всех полей
(можно без TS)
    {
        //Для записи в БД
        command = new SqlCommand("INSERT INTO [Sensor] " +
            "(Name, Br, SCd, AmT, Apl, Wr, SpV, Sz, Ms, Acl, Rlb, PrS, RpC, CtM) " +
            "VALUES(@Name, @Br, @SCd, @AmT, @Apl, @Wr, @SpV, @Sz, @Ms, @Acl,
            @Rlb, @PrS, @RpC, @CtM)", con);

        con.Open();
        command.Parameters.AddWithValue("Name", comboBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("Br", brTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("SCd", sCdTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("AmT", amTTextBox1.Text);

        command.Parameters.AddWithValue("Apl", aplTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("Wr", wrTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("SpV", spVTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("Sz", sz_TextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("Ms", msTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("Acl", aclTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("Rlb", rlbTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("PrS", prSTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("RpC", rpCTextBox1.Text);
        command.Parameters.AddWithValue("CtM", ctMTextBox1.Text);

        command.ExecuteNonQuery();
        con.Close();

        //Для вывода на экран приложения
        command = new SqlCommand("INSERT INTO [Sensor] " +
            "(Name, Br, SCd, AmT, Apl, Wr, SpV, Sz, Ms, Acl, Rlb, PrS, RpC, CtM) " +
            "VALUES(@Name, @Br, @SCd, @AmT, @Apl, @Wr, @SpV, @Sz, @Ms, @Acl,
            @Rlb, @PrS, @RpC, @CtM)", conn);

        conn.Open();
        command.Parameters.AddWithValue("Name", comboBox2.Text);
```

```

command.Parameters.AddWithValue("Br", brTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("SCd ", sCdTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("AmT ", amTTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("Apl ", aplTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("Wr", wrTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("SpV", spVTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("Sz", sz_TextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("Ms", msTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("Acl", aclTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("Rlb", rlbTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("PrS", prSTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("RpC", rpCTextBox1.Text);
command.Parameters.AddWithValue("CtM", ctMTextBox1.Text);
command.ExecuteNonQuery();
conn.Close();

```

```

        MessageBox.Show(«Дабовлення успішно»); //Вывод сообщения если все поля
        заполнены (можно без TS) и SQL запрос выполнен удачно
        sensorTableAdapter.Fill(database1DataSet.Sensor);
    }
    else
    {

```

```

        MessageBox.Show(«Заполните все поля \n (не все поля заполнены)»); //Вывод
        сообщения если не все поля заполнены(можно без TS)
    }
}

```

Далів було створено меню Menu Strip де два елементи: File з підменю Exit та Sensor підменю Search, код наведено нижче:

```

private void searchToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form2 search = new Form2();
    search.ShowDialog();
}

```

При натисканні на Exit буде вихід системи, при вході в меню Search буде створено пошук типу ПВТ.

Для цього с початку створено другу таблицю з назвою Type, яка має три полі: Type – тип, ST – поріг чутливості та вторинний ключ (зовнішній) (рис. 3.14).

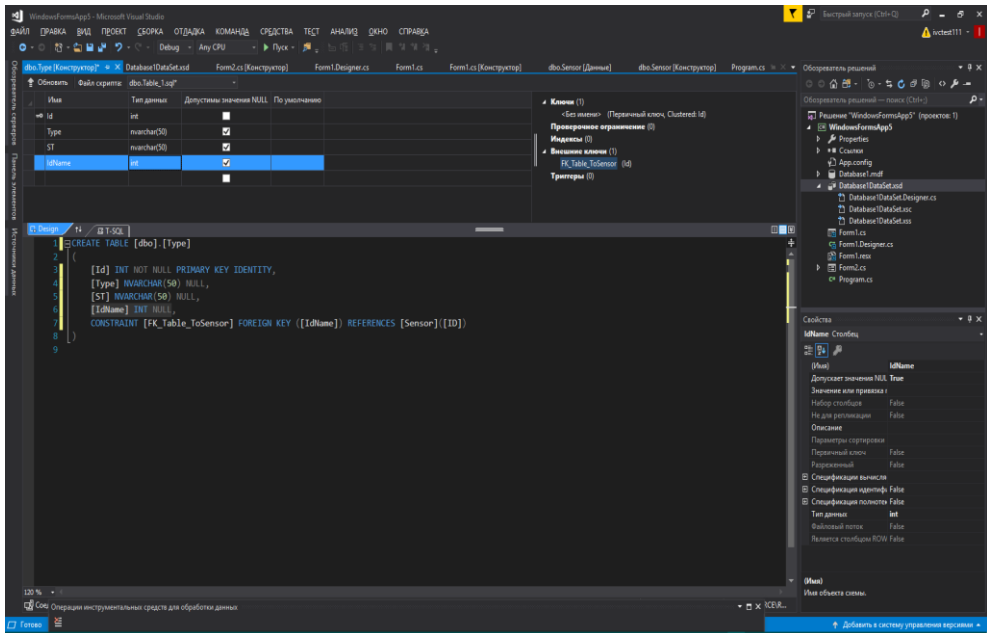


Рисунок 3.14 – Створення нового елементу Table Type

Для зовнішнього ключа необхідно ввести данні: назва ключа, таблиця з якою буде зв'язок (рис. 3.15).

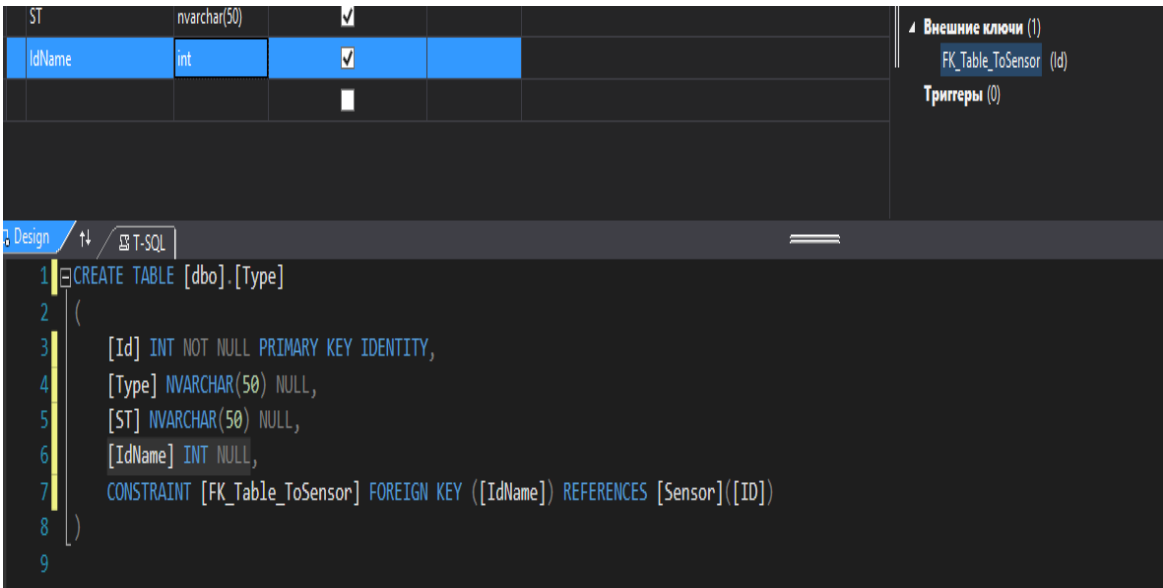


Рисунок 3.15 – Додання зв'язку з таблицею Sensor

На рис. 3.16 створена нова форма та додані два елементи типу DataGridView (таблиця).

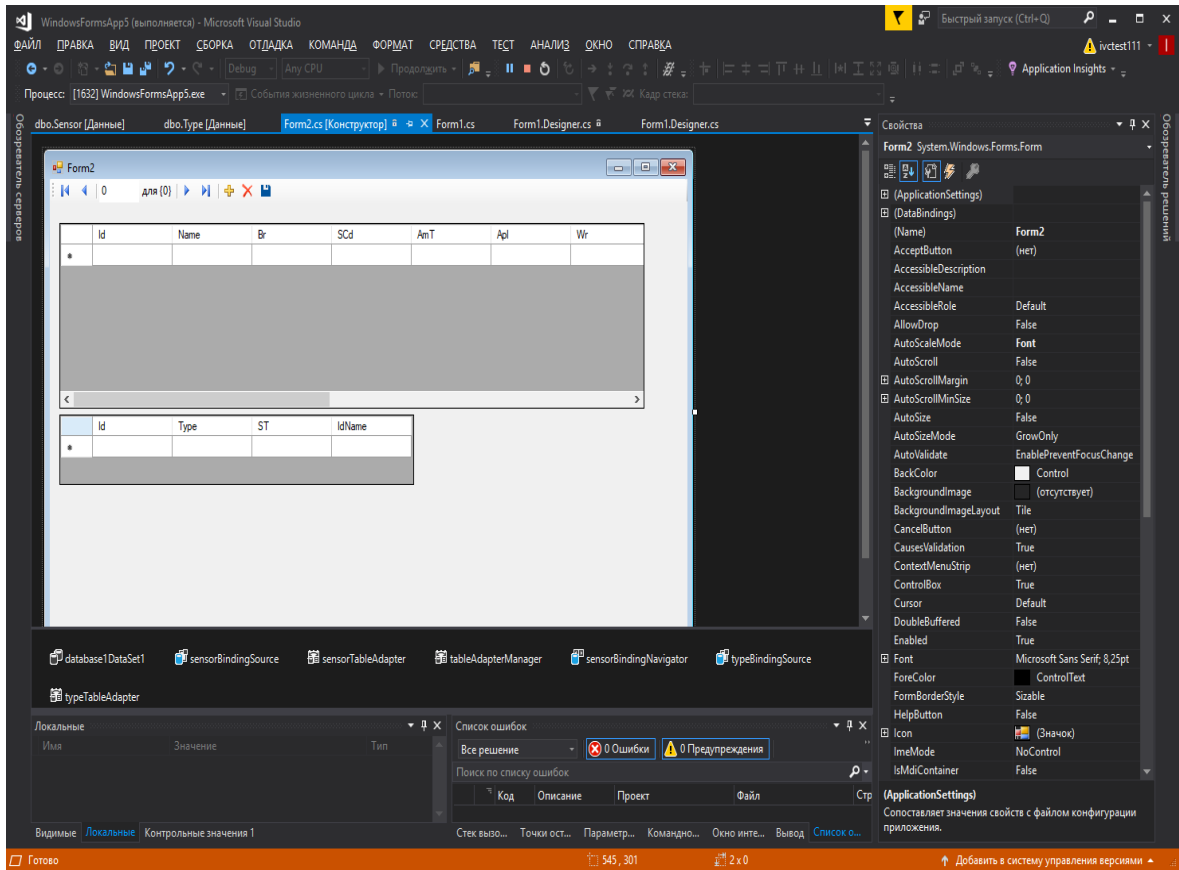


Рисунок 3.16 – Створена форма 2

Зв'язок таблиць Type та Sensor наведений на рис. 3.17.

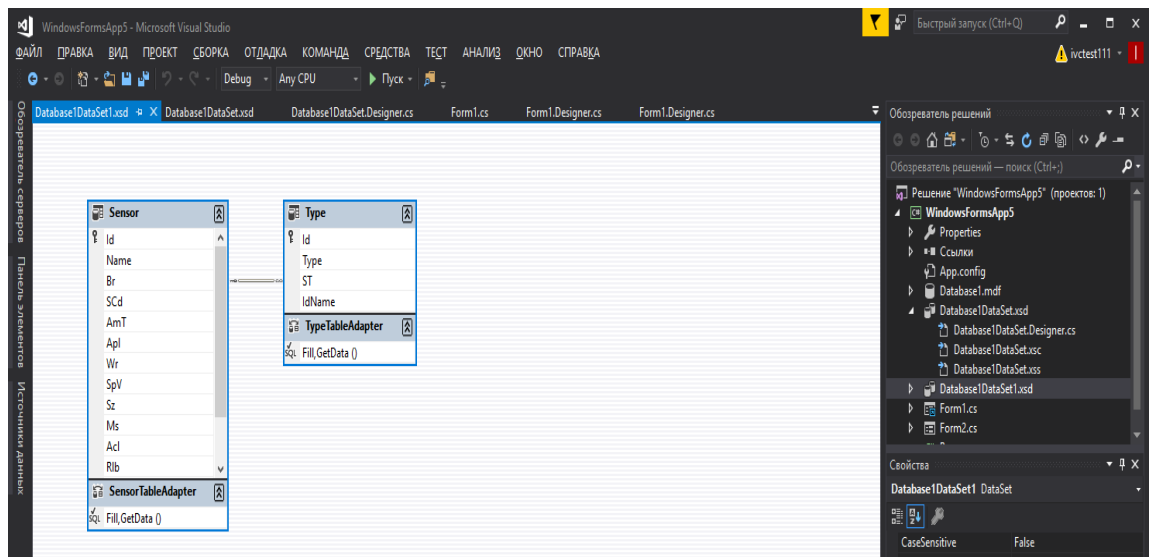


Рисунок 3.17 – Взаємозв'язок таблиць

Пошук типу ПВТ на назві сенсору (рис. 3.18).

Id	Name	Br	SCd	AmT	Apl	Wr
1	Датчик реле	OsiSense XM	XMLB020A2S11	- 25...+ 70 °C	Газ, вода	1,3 ÷ 20
2	Датчик давления	DANFOSS	MBS 3000	- 40...+ 85 °C	Газ, вода, масло	0 ÷ 25
3	Датчик давления	Organic	KP-CV6201B-Q	-20...+ 45 °C	Вода	1,3 ÷ 3,5
4	Датчик давления	Fox	F4R2/M	- 25...+ 85 °C	Газ, вода	0 ÷ 25
5	Датчик газа	BD SENSORS	DMK 331	0...+ 70 °C	Газ, вода	0 ÷ 25
7		2256	WWW	0...+ 70 °C	Вода	1,3 ÷ 20
9		2256	WWW	0...+ 70 °C	Вода	1,3 ÷ 20

Id	Type	ST	IdName
1	грузопоршневый	300 Па	1
2	грузопоршневый	400 Па	2
3	индукционный	100 Па	4
*			

Рисунок 3.18 –Пошук по назві ПВТ його типу

В результаті, створено простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який демонструє принцип пошуку тих параметрів, що визначені в розробленому методі.

3.3 Опис принципу роботи розробленої системи вибору ПВТ

По розробленому алгоритму розроблено програмне забезпечення, інтерфейс якого показаний на рисунку 3.13.

В поля вносяться дані для вибору необхідної моделі ПВТ.

До основних функцій системи можна віднести: Пошук, Додавання та Видалення даних про сенсори, які показані на рисунку 3.19.

Form1

2 для 5 Update

	Id	Name	Br	SCd	AmT	Apl	Wr	SpV
	1	Датчик реле да...	23323	DANFOSS	- 25...+ 70 °C	Газ, вода	1,3 ÷ 20	24
▶	2	Датчик давления	343243	DAOSS	- 25...+ 80 °C	Газ, вода	1,3 ÷ 3,5	20
	3	Датчик давления	65656	OSS	- 20...+ 85 °C	Газ	1,3 ÷ 20	24
	4	Lfnxbr ufpf	55656	ODSS	-0...+ 70 °C	Газ, вода, масло	1,3 ÷ 3,5	24
	5		787878	OSShjhj	-0...+ 70 °C	Газ		
*								

Search Add Delete Edit

Id: 2 Sp V: 20

Name: Датчик давления Sz: 63 x 75 x 66

Br: 343243 Ms: 666

SCd: DAOSS Acl: 0,5

Am T: - 25...+ 80 °C Rlb: 10000

Apl: Газ, вода Pr S: 2750

Wr: 1,3 ÷ 3,5 Rp C: 880

Ct M: Нержавеющая сталь

Рисунок 3.19 – Процес пошуку моделі ПВТ

Розглянемо параметри, за які є в БД. Умовні скорочення:

Id – номер в БД;

Name – назва ПВТ;

Br – марка ПВТ;

SCd – код ПВТ;

AmT – температура навколишнього середовища в якому працює ПВТ;

Apl – робоча рідина;

Wr – робочий діапазон ПВТ, що вимірюється в бар.;

SpV – напруга живлення;

Sz – габарити;

Ms – маса ПВТ;

Acl – клас точності;

Rlb – надійність;

PrS – ціна ПВТ;

RpC – витрати на ремонт;

CtM – матеріал контактів;

ST – поріг чутливості ПБТ.

Параметри ПБТ для заповнення БД приведені в табл. 3.1 – 3.2.

Таблиця 3.1 – Дані з параметрами ПБТ

Назва параметру ПБТ	Назва ПТВ				
	2	3	4	5	6
Name	Датчик-реле тиску газу	Датчик тиску універсального призначення	Датчик тиску	Датчик тиску	Датчик тиску газу / рідини
Br	OsiSense XM	DANFOSS	Organic	Fox	BD SENSORS
SCd	XMLB02 0A2S11	MBS 3000-2411-XAB06	KP-CV6201B-Q	F4R2/M	DMK 331
AmT	- 25 ... + 70 °C	- 40 ... + 85 °C	-20 ... + 45 °C	- 25 ... + 85 °C	0 ... + 70 °C
Apl	Газ, вода	Газ, вода, масло	Вода	Газ, вода	Газ, вода
Wr	1,3 ÷ 20 бар	0 ÷ 25 бар	1,3 ÷ 3,5 бар	0 ÷ 25 бар	0 ÷ 25 бар
SpV	24 V	20 V	24 V	24 V	12 V

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
Sz (B x Г x Ш)	113 x 75 x 33	75 x 45 x 37	85 x 55 x 33,5	110 и диаметр 35	106 и диаметр 26,5
Ms	705 г	685 г	578 г	600 г	566 и
Acl	0,25 %	0,5 до 1 %	1 %	1 %	0,5 %
Rlb	100000 ч.	100000 ч.	60000 ч.	80000 ч.	100000 ч.
PrS	2 665,70 грн.	3 215 грн.	80 грн.	748 грн.	6 500 грн.
RpC	700 грн.	880 грн.	100 грн.	230 грн.	920 грн.
CtM	Срібні контакти	Нержавіюча сталь	Нержавію ча сталь	Нержавію ча сталь	Нержавію ча сталь

Таблиця 3.2 – Дані таблиці Type

Назва параметру ПВТ	Назва ПТВ				
1	2	3	4	5	6
Name	Датчик- реле тиску газу	Датчик тиску універсаль ного призначення	Датчик тиску	Датчик тиску	Датчик тискугаза / рідини
Type	Вантажноп оршневий	Індуктивний	Індуктив ний	Вантажно поршневий	Індуктив ний
ST, Па	300	400	300	100	300

Після заповнення всіх полів з параметрами натиснувши кнопку «Лупа» і далі проводиться пошук необхідної моделі ПВТ, та пропонується, результати пошуку відображаються в новому вікні, наприклад, пошук по двом параметрам (назва та робочий діапазон в якому працює ПВТ) показано на рис. 3.20.

The screenshot shows a software window titled 'Form1'. At the top, there is a status bar with 'Update - 25...+ 80 °C' and a green checkmark icon. Below this is a table with 11 columns: Id, Name, Br, SCd, Am T, Apl, Wr, SpV, Sz, and Ms. The table contains two rows of data. Below the table is a search form with a 'Search' button and a dropdown menu for 'Name' set to 'Датчик давления'. There are also input fields for 'Br', 'SCd', 'Am T', 'Apl', 'Wr', 'Sp V', 'Sz', 'Ms', 'Acl', 'Rib', 'Pr S', 'Rp C', and 'Qt M'. A green search icon is visible on the right side of the form.

Id	Name	Br	SCd	Am T	Apl	Wr	SpV	Sz	Ms
2	Датчик давления	343243	DAOSS	- 25...+ 80 °C	Газ, вода	1,3 + 3,5	20	63 x 75 x 66	666
6	Датчик давления	787878	OSSHfj	-0...+ 70 °C	Газ	1,3 + 3,5	20	53 x 75 x 20	787

Рисунок 3.20 – Пошук по двом параметрам ПВТ

Пошук можна здійснювати по чотирьох параметра: назва, робочий діапазон, клас точності та надійність ПВТ.

3.4 Визначення надійності розробленого модуля

В роботі для проведення розрахунків вибрано метод Мілса, що дозволить визначити можливі проблеми моделювання надійності розробленого модуля.

В методі Мілса застосовується статична модель, яка відрізняється від динамічних насамперед тим, що в них не враховується час появи помилок [35].

Статистична модель Мілса дозволяє оцінити не тільки кількість помилок до початку тестування, а й ступінь налагодженості програм. Для застосування моделі до початку тестування в програму навмисно вносять помилки [35].

Далі вважають, що виявлення навмисно внесених і так званих власних помилок програми рівноімовірно.

Для оцінки кількості помилок в програмі до початку тестування використовується вираз [35]:

$$N = \frac{W \cdot S}{V}, \quad (3.1)$$

де W – кількість навмисно внесених в програму помилок до початку тестування;

V – кількість виявлених в процесі тестування помилок з числа навмисно внесених;

S – кількість «власних» помилок програми, виявлених в процесі тестування.

Якщо продовжувати тестування до тих пір, поки всі помилки з числа навмисно внесених не будуть виявлені, ступінь налагодженості програми можна оцінити за допомогою виразу [36]:

$$C = \begin{cases} 1, & \text{якщо } S > r, \\ \frac{W}{W + r + 1}; \end{cases} \quad (3.2)$$

де S та $W = V$ (рівність значень W та V в даному випадку має місце, оскільки вважається, що все навмисно внесені помилки виявлені) мають таке ж значення, що і в виразі (3.1);

r – верхню межу (максимум) передбачуваної кількості «власних» помилок в програмі.

Таким чином, величина C є мірою «довіри» до моделі і показує ймовірність того, наскільки вірно знайдено значення N .

Формули (3.1) та (3.2) утворюють корисну модель помилок.

Якщо виявлено тільки V помилок із W навмисно внесених, використовується формула [36]:

$$C = \begin{cases} 1, & \text{якщо } S > r, \\ \frac{\binom{W}{V-1}}{\binom{W+r+1}{r+V}} & \text{якщо } S \leq r. \end{cases} \quad (3.3)$$

В круглих дужках записані позначення для числа сполучень з S елементів по $V - 1$ елементів в кожній комбінації та числа сполучень із $S + r + 1$ елементів по $r + V$ елементів у кожній комбінації.

У програму навмисно внесли 10 помилок. В результаті тестування виявлено 5 помилок. Всі виявлені помилки виправлені. До початку тестування передбачалося, що програма містить не більше 4 помилок. Потрібно оцінити кількість помилок до початку тестування і ступінь налагодженості програми.

Дані для проведення тестування занесемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Дані для розрахунків

Параметр	Позначення	Значення
Кількість внесених в програму помилок	W	10
Кількість виявлених помилок з числа внесених	V	10
Кількість «власних» помилок в програмі	S	$11 - 10 = 1$

Таким чином, з результатів тестування виявлено, що до початку тестування в програмі була одна помилка.

Підставивши вказані значення в формулу (3.1), отримаємо оцінку кількості помилок:

$$N = \frac{W \cdot S}{V} = \frac{10 \cdot 1}{10} = 1.$$

Для оцінки налагодженості програми використовуємо рівняння

$$N = \frac{W}{(W + r + 1)} = \frac{10}{(10 + 4 + 1)} = 0,67.$$


Ступінь налагодженості програми дорівнює 0,67, що становить 67 %.

3.5 Проведення експерименту та порівняння результатів

В ході проведення експерименту для початку проведемо аналіз схожих систем.

Розглянемо систему таку, що спеціалізується на виборі ПВТ, наприклад, Proficom, яка є онлайн додатком, головний інтерфейс представлено на рис. 3.21 [37].

Датчик давления малогабаритный серии ВСТ22, 0...600 mBar, 4...20 mA, G1, кабель 2м В наличии



Выходной сигнал датчика давления:

Диапазон измерения датчика давления:

0...600 mBar
▼

Механическое подключение датчика давления:

Тип измеряемого давления:

Электрическое подключение датчика давления:

3 802,86 грн.

Рисунок 3.21 – Пошук в системі Proficom

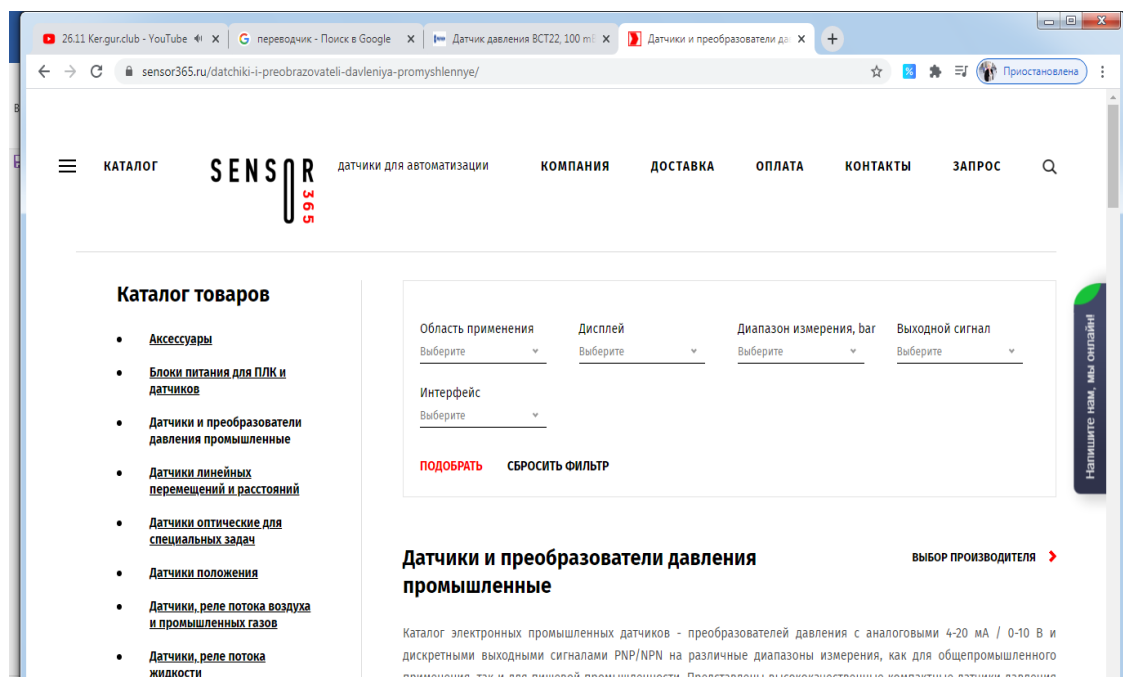
В системі Proficom можна пошук реалізувати по наступним параметрам:

- вихідний сигнал ПВТ;
- діапазон вимірювання ПВТ;
- механічне підключення ПВТ;
- тип вимірюваного тиску;
- електричне підключення ПВТ.

Також виберемо систему Sensor 365, яка також є онлайн додатком, інтерфейс представлено на рис. 3.22, а [38].

В системі Sensor 365 можна пошук реалізувати по наступним параметрам:

- область застосування (рис. 3.22, б);
- дисплеї (рис. 3.22, в);
- діапазон вимірювання ПВТ (рис. 3.22, г);
- інтерфейс (рис. 3.22, д).



а)



а) головний інтерфейс; б) пошук по області застосування; в) пошук по типу дисплею; г) пошук по діапазону вимірювання; д) пошук по типу інтерфейсу

Рисунок 3.22 – Пошук в системі Sensor 365

Весь експеримент розподілимо на два етапи, по яким буде проведено порівняння:

- експрес інформативність та візуальність (на скільки інформативна система);
- робота з системою.

Робота з системою – це хронометраж введення даних та обробка вхідних даних та вивід результату вибору на екран.

Експрес інформативність – скільки дійсно необхідних параметрів виведено у вікно пошуку.

Візуальність – на скільки пошукове вікно зручне та зрозуміле.

На другому етапі в якості критерію порівняння будемо виміряти час, за який цей етап виконується.

Порівняльний аналіз систем вибору безконтактних датчиків положення наведений в табл. 3.4.

Інформативність та візуальність будемо оцінювати по шкалі: 1 – не дуже; 2 – добре; 3 – відмінно.

Таблиця 3.4 – Порівняльний аналіз систем Proficom, Sensor 365 та розробленої для вибору ПВТ

Назва	І етап		ІІ етап	
	Інформативність та візуальність		Введення даних	Обробка вхідних даних та вивід вибору
	Інф.	Віз.		
Proficom	1	2	20 сек	3 сек
Sensor 365	2	2	40 сек	3 сек
Розроблена система	3	2	45 сек	1 сек

Для автоматизованої системи вибору ПВТ на основі розробленого методу з моделлю оцінки критеріїв альтернативних варіантів вибору, система не дуже дозволяє скоротити час при введенні даних, бо користувач вводить данні, але він може найбільш точно вибрати відповідний варіант ПВТ за умов, що користувач – спеціаліст в цій галузі.

3.6 Забезпечення безпечних умов праці при розробці програмного модуля

Робоче місце при виконанні робіт – сидяче. Загальні ергономічні відомості» конструкцією робочого місця повинно бути забезпечено виконання трудових операцій в межах зони досяжності моторного поля.

У лабораторії встановлені столи прямокутної форми згідно умов, що визначаються в відповідних документах про правила та санітарію.

В лабораторії розташовано 3 робочих місця. Площа лабораторії – 120 м², об'єм – 360 м³. Відповідно, площа, що виділена на 1 робоче місце складає не менш 6 м² та об'єм складає не менш 20 м³.

Робота в залі з персональним комп'ютером по категорії робіт відноситься до легких (категорія Іа – легкі фізичні роботи з енерговитратами до 139 Вт або 120 ккал / ч). Робота виконується сидячи та не вимагає систематичного фізичного напруження і переміщення важких предметів.

Аналізуючи виявлені в лабораторії умови можна сказати, що робоче місце належить до III класу 1 ступеня шкідливості. Домінуючим шкідливим фактором є підвищена температура повітря робочої зони (на 3 °С більше, ніж норма, встановлена) [39].

Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони дорівнюються 22-28 °С [39].

Параметри встановлюються в залежності від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення. Норми подачі свіжого повітря в приміщення, де розташовані комп'ютери, приведені в таблиці 3.5 [39].

Таблиця 3.5 – Норми подачі свіжого повітря в приміщення, де розташовані комп'ютери

Характеристика приміщення	Об'ємні витрати подаваного в приміщення свіжого повітря м ³ на людину в годину
Об'єм до 20 м ³ на людину	Не менш 30
20 – 40 м ³ на людину	Не менш 20

Для розрахунку природного освітлення необхідно визначити площу віконних прорізів, яка забезпечить нормоване значення коефіцієнту природнього освітлення (КПО):

$$S_o = \frac{e_H \eta_0 K_{30} K_3}{100 \tau_0 r_1}, \quad (3.4)$$

де S_o – площа світлових прорізів, яка забезпечить нормоване значення КПО в приміщенні;

S_n – площа підлоги приміщення;

e_H – нормоване значення КПО для 4-го поясу світлового клімату наших широт;

η_0 – світлова характеристика вікна;

K_{30} – коефіцієнт, що враховує затінювання вікон будівлями, що стоять поруч;

K_3 – коефіцієнт запасу (що залежить від концентрації пилу в приміщенні та від періодичності очистки скла);

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання, що визначається залежно від коефіцієнта пропускання скла, втрат світла в палітурках вікна, шару його забруднення, наявності сонцезахисних конструкцій;

r_1 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок відбиття.

Площа підлоги залу ВЦ обчислюємо шляхом множення довжини залу на його ширину (м²):

$$S_n = L_n \cdot B = 7 \cdot 7 = 49. \quad (3.5)$$

Визначимо нормоване значення КПО. Нормоване значення КПО визначається за формулою:

$$E_{Ivнорм} = E_{Шнорм} \cdot m_N, \quad (3.6)$$

де $E_{\text{Ivнорм}}$ – нормування значень КПО для будівель, що розташовані в 4-му, поясі світлового клімату (Україна знаходиться в 4-му поясі);

$E_{\text{Шнорм}}$ – значення КПО, вибираємо відповідно до ДБН В.2.5.28-2006 в залежності від характеристики зорової роботи в даному приміщенні і системи природного освітлення. Для заданого II розряду приймаємо $e_H = 0,7$.

m_N – коефіцієнт світлового клімату, який знаходимо в залежності від виду світлових прорізів, їх орієнтації по сторонах горизонту і номера групи адміністративного району. Приймаємо для розрахунку $m_N = 1,1$.

Тоді:

$$e_N = e_H \cdot m_N = 0,7 \cdot 1,1 = 0,77. \quad (3.7)$$

де η_0 – світлова характеристика вікна, що визначається за таблицями на підставі відносин $L_{\text{п}}/B$ и B/h_1 :

$$\frac{L_{\text{п}}}{B} = \frac{7}{7} = 1, \quad \frac{B}{h_1} = \frac{7}{2,6} = 2,7. \quad (3.8)$$

З таблиці вибираємо відповідні значення $\eta_0 = 18$.

K_3 – коефіцієнт запасу, який враховує забруднення світлопропускання матеріалу світлового прорізу, залежить від типу приміщення і від розташування скла. Для вертикального розташування $K_3 = 1,2$;

$K_{3д}$ – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон ворогуючими будинками. При відсутності протилежних будинків $K_{3д} = 1$.

Для знаходження загального коефіцієнта світлопропускання визначимо 5 коефіцієнтів:

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання світлового прорізу:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (3.9)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу. Для двійного вікна 0,8;

τ_2 – коефіцієнт, враховує втрати світла в плетіннях вікна. Для дерев'яних спарених віконних рам 0,7;

τ_3 – коефіцієнт, враховує втрати світла в несучих конструкціях (при бічному освітленні дорівнює 1.0);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в сонцезахисних установках (при прибираються регульованих жалюзі і шторах коефіцієнт дорівнює 1.0);

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями, що дорівнює 0,9.

Тоді:

$$\tau_0 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,504. \quad (3.10)$$

Коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок відбиття (r_1), визначаємо з урахуванням відношення довжини до глибини залу ВЦ, з урахуванням відносини глибини залу до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення, відносини відстані від розрахункової точки в ВЦ до зовнішньої стіни до глибини залу ВЦ. Приймаємо $r_1 = 1,7$.

Обчислимо сумарну площу світлових прорізів:

$$S_{ок} = 49 \frac{0,77 \cdot 18 \cdot 1,2 \cdot 1}{100 \cdot 0,5 \cdot 1,7} = 9,6 \text{ м}^2. \quad (3.11)$$

Отже, для того щоб в приміщенні з заданими параметрами дотримувалися нормативи освітлення, передбачені нормами ДБН В.2.5.28-2006, сумарна площа світлових прорізів повинна бути не менше 9,6 м².

3.7 Висновки до третього розділу

В третьому розділі:

1) Проаналізовано сучасні інтегровані середовища розробки.

Проаналізовано Qt Creator та Visual Studio, визначені їх переваги та недоліки, в результаті вибрано Visual Studio бо має інструменти налагодження, які є зручними при відстеженні помилок у розробленому додатку. В якості мови вибрано C# бо це «спрощена» версія синтаксису C ++.

2) Розроблено БД.

Розробку БД реалізовано прямо в проєкті, яка складається з двох таблиць Sensor та Type.

3) Розроблено інтерфейс.

Інтерфейс складався з двох віконних форм (двох дисплеїв).

Завдяки створеному програмному модулю можна автоматизувати процес вибору пристроїв для виміру тиску, які можуть застосовуватися при формоутворенні та подальшої термообробки, що значно вплине на процес формоутворення від якого залежить якість отриманого виробу.

4) Проведено розрахунки надійності розробленого модулю.

Для проведення розрахунків вибрано метод Мілса.

Проведені розрахунки дозволили визначити можливі проблеми моделювання надійності розробленого програмного модулю. Визначено, що ступінь налагодженості програми становить 67 %.

5) Проведено експеримент.

В якості експерименту було обрано дві системи аналогів (Proficom та Sensor 365) та розглянуто, механізм здійснення пошуку ПВТ в цих системах. Весь експеримент розподілено на два етапи, по яким буде проведено порівняння: експрес інформативність та візуальність (на скільки інформативна система) та безпосередньо робота з системою.

Результат експерименту представлено у вигляді таблиці, можна зробити висновок, що Proficom та Sensor 365 менш інформативні чим розроблений модуль та слід відмітити, що модуль не дуже дозволяє скоротити час при

введені даних, бо користувач вводить данні, але він може найбільш точно вибрати відповідний варіант ПВТ за умов, що користувач – спеціаліст в цій галузі.

6) В результаті, було удосконалено існуючі системи, та додано в розробку такі параметри, як надійність та клас точності, а також ціна ремонту ПВТ (хоча значення цього параметру відносні).

7) Розраховано природне освітлення, виявлено що отримані дані знаходяться в допустимих діапазонах нормативів освітлення.

ВИСНОВКИ

В роботі спочатку проведено аналіз класифікації методів формоутворення, а також класифікацію методів формоутворення, яка відноситься до технологій обробки без видалення матеріалу – обробка тиском, ливарні технології і термообробка. В результаті такого аналізу виявлено переваги та недоліки цих методів. Проведено огляд сучасних типів пристроїв для виміру тиску на операції формоутворення, який дозволив виявити основні характеристики та принципи роботи.

В даній роботі вибрано клас виробів – з листового металу та в якості прикладу процесу формоутворення – штамповка (обробка металів під тиском з одночасним їх загартуванням в штампі), саме цей метод обрано бо деталі, отримані формоутворенням при обробці тиском мають фіксовані розміри по трьох осях та необхідну міцність. Для досліджень обрано матеріал – сталь марки СтЗкп, яка володіє легкістю механічної обробки та дуже високою зносостійкістю в порівнянні з іншими конструкційними матеріалами. Форма виробу – диск.

Запропоновано методологічний засіб проведення оцінки альтернатив ПВТ, який представлено у вигляді матричної моделі, що диференцує критерії з точки зору їх ролі в підготовці вибору оптимальної альтернативи. Новизною є те, що введено бальні значення 1 (низька), 2 (середня), 3 (висока) для оцінювання характеристик прийняті з метою ефективного прийняття ТР. В даній роботі застосовано метод «згортки» для вибору альтернатив, при якому буде визначатися значення єдиного сукупного критерію для кожного альтернативного варіанту рішення. Оскільки в більшості випадків віддати перевагу одному серед якісно різних величин досить важко, тому пропонується обрати «часні» критерії (клас точності, діапазон вимірів, напруга живлення, габарити, маса та ціна) та додати результуючий – сукупний критерій.

Розроблено метод вибору пристрою для виміру тиску, який на відміну від існуючих засновано на застосуванні запропонованого сукупного критерію, що характеризує необхідність ремонту пристрою та надійність, яка завжди важлива бо впливає на процес формоутворення в цілому.

Розроблено інтерфейс, що складався з двох віконних форм. Завдяки створеному програмному модулю можна автоматизувати процес вибору пристроїв для виміру тиску, які можуть застосовуватися при формоутворенні та подальшій термообробки.

В роботі для проведення розрахунків вибрано метод Мілса, що дозволив визначити можливі проблеми моделювання надійності розробленого програмного модулю. Визначено, що ступінь налагодженості програми становить 67 %.

В якості експерименту було обрано дві системи аналогів (Proficom та Sensor 365) та розглянуто, механізм здійснення пошуку ПВТ в цих системах. Весь експеримент розподілено на два етапи, по яким буде проведено порівняння: експрес інформативність та візуальність (на скільки інформативна система) та безпосередньо робота з системою. Результат експерименту представлено у вигляді таблиці, можна зробити висновок, що Proficom та Sensor 365 менш інформативні чим розроблений модуль та слід відмітити, що модуль не дуже дозволяє скоротити час при введенні даних, бо користувач вводить данні, але він може найбільш точно вибрати відповідний варіант ПВТ за умов, що користувач – спеціаліст в цій галузі. В результаті, було удосконалено існуючі системи, та додано в розробку такі параметри, як надійність та клас точності, а також ціна ремонту ПВТ (хоча значення цього параметру відносні).

В роботі розглянуті питання забезпечення безпечних умов праці при створенні програмного модуля, а саме розглянуто питання освітлення робочого місця проведення експериментальних досліджень.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 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'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І.Ш. Невлюдов, В.В. Косенко, В.В. Євсєєв. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 55 с.
2. Основи наукових досліджень: [навч. Посіб.] / І. Ш. Невлюдов, Ю. М. Олександров, А. О. Андрусевич, О. О. Чала. – Кривий Ріг : КК НАУ, 2017. – 344 с.
3. ДСТУ 3008: 2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.
4. Положення про організацію освітнього процесу в ХНУРЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: www/ URL: https://nure.ua/polozhennya-pro-organizatsiyu-osvitnogo-protsesu-v-hnure – 29.08.2019р. – Загл. з екрана.
5. Положення про протидію академічному плагиату в ХНУРЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: www/ URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/Polozhennya-pro-protidiyu-akademichnomu-plagiatu-v-HNURE----290-vid-28.04.2017.pdf – 29.08.2019р. – Загл. з екрана.
6. Положення про роботу екзаменаційних комісій ХНУРЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: www/ URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/Polozhennya-pro-poryadok-stvorenniya-ta-organizatsiyu-roboti-ekzamenatsiynih-komisiy.pdf – 29.08.2019р. – Загл. з екрана.
7. Положення про авторське право в ХНУРЕ [Електронний ресурс] / Режим доступу: www/ URL: https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/Polozhennya-pro-avtorske-pravo-v-HNURE.pdf – 29.08.2019 р. – Загл. з екрана.

8. Новенко М.Д. Аналіз особливостей сенсорів [Текст] / М.Д. Новенко // Automation and Development of Electronic Devices. – Х. ХНУРЕ, 2020. – № 2. – с. 66.
9. Невлюдов І.Ш. Основи наукових досліджень: Навч. Посібник [Текст] / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 396 с.
10. Дудецкая Л.Р. Материалы и технологии изготовления изделия [Текст] / Л.Р. Дудецкая, Ю.Г. Орлов. – Минск: Беларуская наук, 2017. – 171 с.
11. Грабченко, А.И. Интегрированные генеративные технологии [Текст] / А.И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В.Л. Доброскок, Л.И. Пупань, В.А. Фадеев. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 416 с.
12. Бурдуковский В.Г. Технология листовой штамповки: учебное пособие [Текст] / В.Г. Бурдуковский. – Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2019. – 224 с.
13. Дмитриев А.М. Справочник по листовой штамповке [Текст] / А.М. Дмитриев, П.В. Маркин, Е.И. Семенов. – М.: МГИУ, 2011. – 177 с.
14. Никифоров В. Технология металлов и других конструкционных материалов [Текст] / В. Никифоров. – СПб.: Политехника. 2010. – 382 с.
15. Кобаско Н.И. Закалка стали в жидких средах под давлением [Текст] / Н.И. Кобаско. – К.: Наукова думка, 1980. – 208 с.
16. Смирнов М.А. Основы термической обработки стали: Учебное пособие / М.А. Смирнов, В.М. Счастливцев, Л.Г. Журавлев. – Екатеринбург: УРО РАН, 1999. – 496 с.
17. Минков А.Н. Закалка крупногабаритных деталей с регламентированной интенсивностью охлаждения [Текст] / А.Н. Минков // Металлургическая промышленность. – Днепропетровск: ООО «Укрметаллургинформ «НТА»» – 2013. – № 2. – 166 с.
18. Казначеева Д.А. Влияние закала под газом высокого давления в среде инертных газов на коробление и деформации обрабатываемых деталей [Текст] / Д.А. Казначеева // БНТУ. – Минск, 2014. – с. 47.
19. Индуктивные датчики для работы в среде высокого давления. Режим

доступу: URL: <http://www.gortehinvest.com/beskontaktnie-datchiki/induktivnie-datchiki-dlya-raboti-v-srede-visokogo-davleniya.html>. – 20.08.2020 г. – Загл. з экрана.

20. Манометр грузопоршневой. Режим доступа: URL: <https://www.electronpribor.ru/catalog/119/mp-6.htm>. – 15.06.2020 г. – Загл. з экрана.

21. Манометры. Режим доступа: URL: <http://aqualux.ua/manometri/>. – 04.10.2029 г. – Загл. з экрана.

22. Гуляев Б.Б. Литейные процессы [Текст] / Б.Б. Гуляев. – М.: Книга по требованию, 2013. – 415 с.

23. Макаров С.С. Математическое моделирование охлаждения при закалке осесимметричных металлических заготовок [Текст] / С.С. Макаров, К. Э. Чекмышев, С. Н. Храмов, Е. В. Макарова // Машиностроение. Вестник ИжГТУ., 2014. – №3(63). – с. 38 – 43.

24. Kovalchuk A.V. Method of comprehensive surface hardening of steel products [Текст] / A.V. Kovalchuk, S.V. Konstantinov, M.I. Bogdanchik // БНТУ. – Минск, 2014. – с. 54 – 55.

25. Попелюх А. Оборудование и автоматизация процессов тепловой обработки [Текст] / А. Попелюх. – Новосибирск: НГТУ, 2018. – 324 с.

26. Сухарев А.Г. Курс методов оптимизации [Текст] / А.Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров. – М.: Физматлит, 2011. – 384 с.

27. Моисеев Н. Методы оптимизации Иванилов Ю. [Текст] / Н. Моисеев, Е. Столярова. – Litres, 2017. – 351 с.

28. Северин В.П. Методы одномерного поиска [Текст] / В.П. Северин. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2019. – 112 с.

29. Топ-7 популярных ide для программирования на C++. Режим доступа: URL: <https://itvdn.com/ru/blog/article/cplspls-top7>. – 2020 г. – Загл. з экрана.

30. Rischpater R. Application development with Qt creator [Текст] / R. Rischpater. – Birmingham: Packt Publishing, 2013. – 121 p.

31. Lazar G. Mastering Qt 5 [Текст] / G. Lazar, R. Penea. – Packt Publishing Ltd, 2016. – 498 p.
32. Chowdhury K. Mastering Visual Studio 2019: Become proficient in .NET Framework and .NET Core by using advanced coding techniques in Visual Studio [Текст] / K. Chowdhury. – Packt Publishing Ltd, 2019. – 428 p.
33. Невлюдов І.Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник [Текст] / І.Ш Невлюдов, А.О. Андрусевич. О.І. Филипенко, Н.П. Демська. С.П. Новоселов. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.
34. Невлюдов І.Ш. Людино-машинний інтерфейс в технічних засобах автоматизації: Навчальний посібник [Текст] / І.Ш Невлюдов, О.І. Филипенко, Б.О. Шостак. – Харків: «ХТМТ», 2019. – 244 с.
35. Юров А.В. Методология расчета надежности программного обеспечения автоматизированных систем [Текст] / А.В. Юров, С.В. Леонов // XV Международная научно-практическая конференция студентов аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и современные информационные технологии». – 2018. – с. 100 – 101.
36. Фатуев В.П. Надежность автоматизированных информационных систем: Учебное пособие [Текст] / Высоцкий В.И., Бушинский В.И. – Т.: ТГУ, 1998. – 104 с.
37. Датчик давления. Режим доступа: URL: <https://profikom.com.ua/p858228858-datchik-davleniya-bct22.html>. – 2020 р. – Загл. з екрана.
38. Датчики и преобразователи давления. Режим доступа: URL: <https://sensor365.ru/datchiki-i-preobrazovateli-davleniya-promyshlennye/>. – 2019 р. – Загл. з екрана.
39. ПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Текст]. – Введ. 2007.12.03. – К.: Міністерство з питань надзвичайних ситуацій, 2007.