

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН

До захисту допущено

Завідувач кафедри

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2023 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему Автоматизована установка для зварювання труб з додатковими
елементами

Виконав студент групи _____

IV курсу, групи МВ-92

Столярчук Денис Павлович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Керівник
проекту

проф. д.т.н. Кузнецов Юрій Миколайович

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

РЕЦЕНЗЕНТ:

(посада, наукова ступінь, вчена звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2023

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: **Автоматизована установка для зварювання труб з додатковими
елементами**

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”
Навчально-науковий Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання машин

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ **131 Прикладна механіка** _____
(код і назва)

Освітньо-професійна програма _____ **«Технології комп'ютерного**
конструювання верстатів, роботів та машин» _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Столярчуку Денису Павловичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту **«АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТРУБ З ДОДАТКОВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ»**

керівник проекту _____ Кузнєцов Ю. М. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від **“07” червня 2022 року № 923-с**

2. Термін подання студентом проекту _____ до 31 травня 2023 року _____

3. Вихідні дані до проекту: дані аналізу відомих компоновок АУЗТ та пошук можливостей їх удосконалення з використанням модульного принципу, а також дані, надані підприємством при проходженні практики.

4. Зміст пояснювальної записки: 1) Напрямки створення автоматизованого зварювального обладнання. 2) Патентно-інформаційні дослідження. 3) Конструкторський. 4) Розрахунковий. 5) Технологічний. 6) Організаційно-економічний.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1. Патентно-інформаційні дослідження по темі згідно ДСТУ 3575-

97. 2. Приклади зварювальних установок. 3. Загальний вигляд токарного верстата до модернізації. 4. Загальний вигляд токарного верстата після модернізації. 5. 3Д-вигляд автоматизованої зварювальної установки. 6. Кінематична схема автоматизованої зварювальної установки. 7. Фрагмент управляючої програми. 8. Результати розрахунку економічного ефекту. 9. Робочі креслення оригінальних деталей.


6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 06.04.2023


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ БДП	Квітень 2023	
2	Патентно-інформаційні дослідження	Квітень 2023	
3	Конструювання компоновки АУЗТ на базі токарного верстата	Квітень 2023	
4	Створення розрахункових схем та подальші розрахунки приводів АУЗТ	Травень 2023	
5	Опис технологічних операцій при роботі з АУЗТ	Травень 2023	
6	Переддипломна практика згідно завдання і звітування з презентацією	Травень 2023	
7	Оформлення дипломного проекту	Травень 2023	
8	Попередній захист	Червень 2023	
9	Захист	Червень 2023	

Студент 
(підпис)

Столярчук Д. П.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту



проф. Кузнцов Ю. М.

Анотація

Пояснювальна записка дипломного проекту на тему “Автоматизована установка для зварювання труб з додатковими елементами” складається з 67 сторінок формату А4, містить 38 ілюстрацій, 5 таблиць, 7 додатків, в яких наведені специфікації з робочими креслениками. При написанні роботи було використано 33 літературних джерела і посилань.

Ключові слова: відрізання, відрізний пристрій, подача, морфологічний аналіз, шпindelний вузол.

Abstract

Explanatory note of the diploma project on the topic " Automatic installation for welding pipes with supplementary components" consists of 66 pages of A4 format, contains 38 illustrations, 5 tables, 7 appendixes, which include specifications with working drawings. While writing the work, 33 literary sources and references were used.

Key words: cutting, cutting device, feed, morphological analysis, spindle assembly.

Зміст

Вступ	2
Розділ 1. Напрямки створення автоматизованого зварювального обладнання	5
1.1. Світові тенденції і перспективи розвитку зварювального виробництва	5
1.2. Матеріали для зварювання і способи подачі матеріалу робочу зону зварювання.....	7
1.3. Особливості зварювання трубних деталей з додатковими елементами	9
1.4. Особливості роботизації зварювального виробництва	10
1.5. Модульний принцип створення зварювального обладнання	13
1.6. Задачі, які вирішуються в БДП.....	15
Розділ 2. Патентно-інформаційні дослідження	16
2.1. Основні положення і порядок проведення патентних досліджень згідно ДСТУ 3575-97.	16
2.2. Пошук патентної інформації і огляд літератури по зварюванню труб з додатковими елементами	19
2.3. Прийняття рішення по створенню автоматизованої установки для зварюванню труб з додатковими елементами	20
Розділ 3. Конструкторський	21
3.1. Варіанти компоновки автоматизованої установки для зварюванню труб з додатковими елементами	21
3.2. Вибір верстата для модернізації і перетворення в автоматизовану зварювальну установку	26
3.3. Кінематика автоматизованої установки для зварювання труб з додатковими елементами	29
3.4. Система керування автоматизованою установкою для зварювання	29
Розділ 4. Розрахунковий	32
4.1. Кінематичний аналіз установки для зварюванню труб з додатковими елементами	32
4.2. Розрахунок потужності приводу обертання труби і вибір електродвигуна	33
4.3. Розрахункова схема для визначення сил затиску труби.....	39
4.4. Результати силового розрахунку і вибір затискного патрона.....	40
Розділ 5. Технологічний	41
5.1. Послідовність виконання технологічних операцій при зварюванні.	41
5.2. Режими зварювання по операціям.....	41
5.3. Розробка управляючої програми	43
Розділ 6. Організаційно-економічний	46
6.1. Рекомендації по впровадженню автоматизованої установки для зварювання у виробництво.....	46
6.2. Розрахунок економічного ефекту від впровадження.....	47

					MB92		
Зм.	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата			
Розроб	Столярчук				Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.					у	1	14
Н. Контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, НН ММІ, МВ-92		
Утв							

Вступ

Актуальність дослідження зумовлена потребою українських підприємств, що займаються виготовленням спецтехніки, у якісному та універсальному обладнанні за доступну ціну для власного виробництва в основному гідроциліндрів взамін дороговартісним імпортним.

На даний момент є успіхи у виготовленні бус, штоків та інших елементів гідроциліндрів, проте залишається проблема якісної зварки, оскільки для цього потрібно установку, яка дозволить отримати не тільки красивий шов, а й забезпечуватиме рівномірний та повний провар і, відповідно, повну герметичність гідроциліндра. Створення якісного продукту дозволить не тільки успішно встановлювати його та експлуатувати на власній техніці, а й дозволить вийти вітчизняному продукту на іноземний ринок.

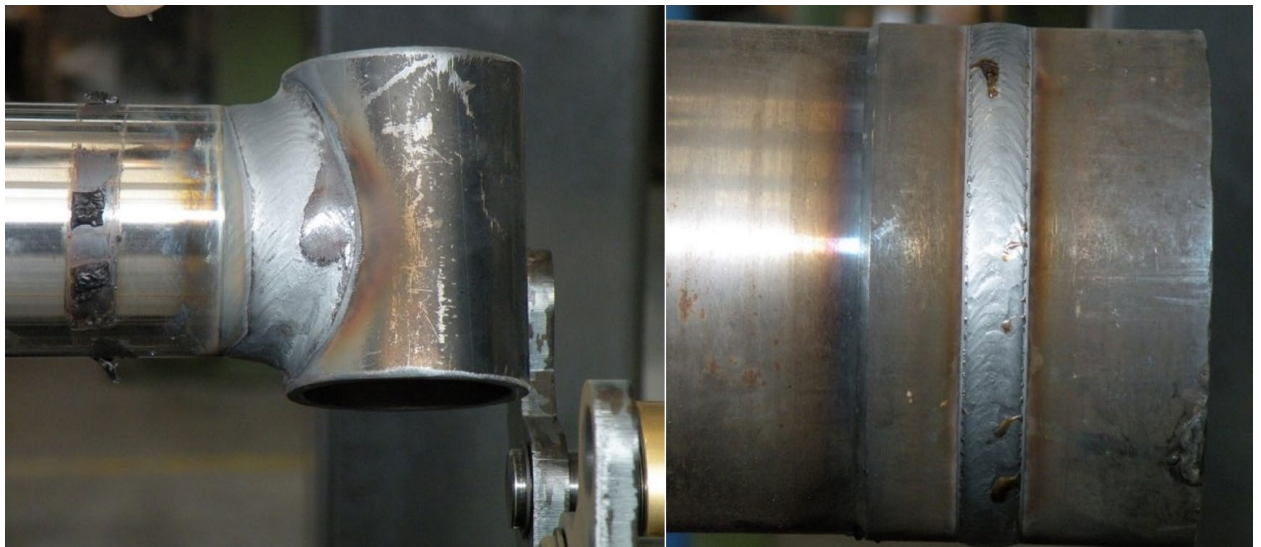


Рис. 1.1 – Приклади швів, отриманих з допомогою зварювальної установки Joda Horizontal виробництва Carpano Equipment

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		2



Рис. 1.2 – Приклади швів, отриманих з допомогою вітчизняної зварювальної установки АС305-1М

Метою роботи є дослідження та огляд існуючих ротаційних зварювальних установок, вивчення умов їх ефективного використання і виявлення напрямків подальших досліджень для покращення методів планування й організації робіт. Основною метою є створення власної універсальної установки, яка дозволить виробляти функціональні та якісні гідроциліндри за доступну ціну для українських підприємств, що займаються виготовленням спецтехніки. Це дозволить відмовитись від покупки готових дороговартісних імпорتنих гідроциліндрів. Така установка має перспективу широкого впровадження в українській машинобудівній промисловості, що сприятиме розвитку та конкурентоспроможності національного сектора виробництва спецтехніки.

Для досягнення бажаного результату, необхідно розглянути напрямки та тенденції створення автоматизованого зварювального обладнання а також здійснити патентно-інформаційні дослідження для того, щоб розуміти які методи та способи вже існують, проаналізувати їх недоліки та переваги й, опираючись на це, обрати свій вектор руху в проектуванні даної установки.

		Столярчук							Аркуш
									3
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

МВ92

Після цього в комплексі потрібно здійснити певні розрахунки та сконструювати дане обладнання з використанням сучасних САД-систем. Також для досягнення поставленої мети потрібно провести аналіз технологічних нюансів, для створення інструкцій роботи з установкою. Також, для обґрунтування важливості всієї цієї роботи, необхідно провести організаційно-економічний аналіз, що покаже який може бути ефект на економічні показники та показники приросту продуктивності виробництва.

		Столярчук			MB92	Аркуш
						4
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Напрямки створення автоматизованого зварювального обладнання

1.1. Світові тенденції і перспективи розвитку зварювального виробництва

Зварювальне виробництво є важливою складовою багатьох промислових галузей і має великий вплив на розвиток інфраструктури, будівництва, автомобілебудування, нафтогазової промисловості та інших секторів. Ось деякі світові тенденції і перспективи розвитку зварювального виробництва:

- Автоматизація та роботизація: зростання використання автоматизованих і роботизованих систем у зварювальному виробництві сприяє підвищенню продуктивності, точності та якості зварювальних робіт. Роботи-зварювальники здатні виконувати складні завдання, забезпечуючи більш ефективний процес виробництва.
- Використання нових матеріалів: поява нових матеріалів, таких як високоміцні сталі, легкі сплави, композити та інші, ставить нові виклики перед зварювальною промисловістю. Розвиток нових технологій зварювання дозволяє забезпечити ефективне з'єднання цих матеріалів з високою міцністю та якістю.
- Екологічні та стандарти якості: зростання уваги до екологічних питань та стандартів якості вимагає використання більш ефективних методів зварювання, які допомагають зменшити викиди шкідливих речовин і забруднення довкілля. Розвиток нових технологій, таких як зварювання з використанням лазерів, плазми та електронного пучка, дозволяє досягти цих цілей.

		Столярчук							Аркуш
									5
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

MB92

- Цифрові технології: використання цифрових технологій, таких як моделювання та симуляція процесів зварювання, моніторинг і керування параметрами зварювання, допомагає забезпечити більш точні і надійні результати. Цифрові інструменти також дозволяють збирати дані про процес зварювання та використовувати їх для аналізу та вдосконалення продуктивності.
- Підвищення кваліфікації робітників: враховуючи швидкий розвиток технологій у зварювальній промисловості, важливим фактором є підвищення кваліфікації робітників. Навички управління автоматизованими системами, роботами-зварювальниками та знання новітніх технологій зварювання стають все важливішими для досягнення високої ефективності та якості виробництва.
- Зварювання унікальних конструкцій: в сучасному світі все частіше зустрічаються унікальні конструкції, такі як складні металеві споруди, супертанкери, мости високої пролітної здатності тощо. Забезпечення безпеки та надійності цих конструкцій вимагає використання передових методів зварювання та технологій перевірки якості.

Загалом, зварювальне виробництво розвивається в напрямку використання автоматизованих та роботизованих систем, нових матеріалів, цифрових технологій та підвищення кваліфікації робітників. Враховуючи зростання уваги до екологічних питань та вимоги до стандартів якості, можна очікувати подальше вдосконалення технологій та методів зварювання для забезпечення сталого та ефективного виробництва.

		Столярчук							Аркуш
									6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

MB92

1.2. Матеріали для зварювання і способи подачі матеріалу робочу зону зварювання

Зварювання вимагає використання спеціальних матеріалів для з'єднання робочих деталей та способів подачі матеріалу в робочу зону зварювання. Ось деякі поширені матеріали та способи подачі матеріалу:

Матеріали для зварювання:

- **Електроди:** Електроди є одним із найпоширеніших матеріалів для зварювання. Вони можуть бути покритими (електроди з покриттям) або непокритими (електроди без покриття). Покриття електродів забезпечує захист зварювального шва від впливу атмосферного повітря та надає додаткові властивості, такі як покращена стійкість до зношування або покращена механічна міцність.
- **Дріт:** Для зварювання методом МАГ (метал-активний газ) та МіГ (метал-інертний газ) використовується дріт як матеріал. Дріт може бути сплавом з алюмінію, нержавіючої сталі, міді тощо. Використання захисних газів допомагає запобігти окисленню і забезпечити якісне з'єднання. Також може використовуватись порожнистий дріт із порошком всередині, в такому випадку порошок в середині дроту, який є флюсом, плавиться, створюючи газову хмару над зоною зварювання, тому в такому випадку немає необхідності використання додаткових газів.
- **Зварювальні прутки:** Зварювальні прутки використовуються для зварювання методом ТІГ (тангенційно-інертного газу). Прутки можуть бути виготовлені з алюмінію, міді, нержавіючої сталі та інших матеріалів.

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		7

У зварюванні існує кілька способів подачі матеріалу в зварювальну зону. Вибір конкретного методу залежить від типу зварювання, матеріалів, які використовуються, та інших факторів. Ось декілька основних способів подачі матеріалу в зварювальну зону:

- Ручна подача: цей метод використовується в ручному дуговому зварюванні (SMAW) і деяких інших процесах. Зварювальник тримає електрод в спеціальній державці і вручну подає його в зварювальну зону. Також матеріал у вигляді прутка вручну подається при аргонно-дуговому зварюванні методом TIG. Ручна подача надає зварювальнику майже повний контроль над процесом, але вимагає багато досвіду та вправності.
- Механізована подача: у деяких випадках, особливо при автоматичних зварювальних процесах, використовуються механізовані системи подачі матеріалу. Це можуть бути роботи-зварювальники або спеціальні механізми, які автоматично подають дріт або наплавлювальний матеріал в зварювальну зону. Цей метод забезпечує більшу однорідність та контроль над процесом та використовується у таких процесах, як MIG (Metal Inert Gas) та MAG (Metal Active Gas) зварювання.
- Підривний зварювальний матеріал: у деяких випадках, таких як зварювання трубопроводів або контейнерів з тонкостінного матеріалу, використовують підривний зварювальний матеріал. Це спеціальний матеріал, який виплавляється у вигляді підриву в робочій зоні, що дозволяє з'єднати деталі навіть із різних металів не використовуючи дротів або електродів.

		Столярчук								Аркуш
										8
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

MB92

1.3. Особливості зварювання трубних деталей з додатковими елементами

Один із найпоширеніших методів зварювання труб - електродугове зварювання. Порівняно з альтернативною газовою технологією, цей метод відрізняється простотою і надійністю. Щоб розпочати процес зварювання, потрібен мінімальний набір інструментів, а результат повинен відповідати найжорсткішим нормам якості. Проте для досягнення високої якості зварки потрібен професійний підхід до використання можливостей цього методу. Зварювання труб за допомогою дуги має свої особливості порівняно зі зварюванням плоских деталей, але також є деякі схожість. Вибір полярності та типу струму залежить від марки сталі, товщини металу (стінки труби) і марки електрода чи дроту. Зварювання з обертанням забезпечує якісні шви з мінімальною напругою без напливів та інших дефектів.

Якість роботи залежить не тільки від марки електродів та професійних навичок зварювальника, але також від попередньої підготовки поверхонь, які будуть зварюватись. Ця підготовка включає наступні операції:

- Перевірка відповідності двох з'єднувальних елементів вимогам обраного методу зварювання. Важливо враховувати, що труби повинні мати не тільки однаковий діаметр, але й однакову товщину стінок. Інакше може виникнути проблема з нерівномірним нагріванням товстої стінки або надто швидким розплавленням тонкої стінки.
- Зварювальні поверхні повинні бути абсолютно без дефектів. Недоліки, такі як заломы, тріщини або деформації, не допускаються. Якщо їх ігнорувати, то ці маленькі проблеми можуть зрости під впливом температурного розширення і призвести до поломки зварного з'єднання.

		Столярчук							Аркуш
									9
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

MB92

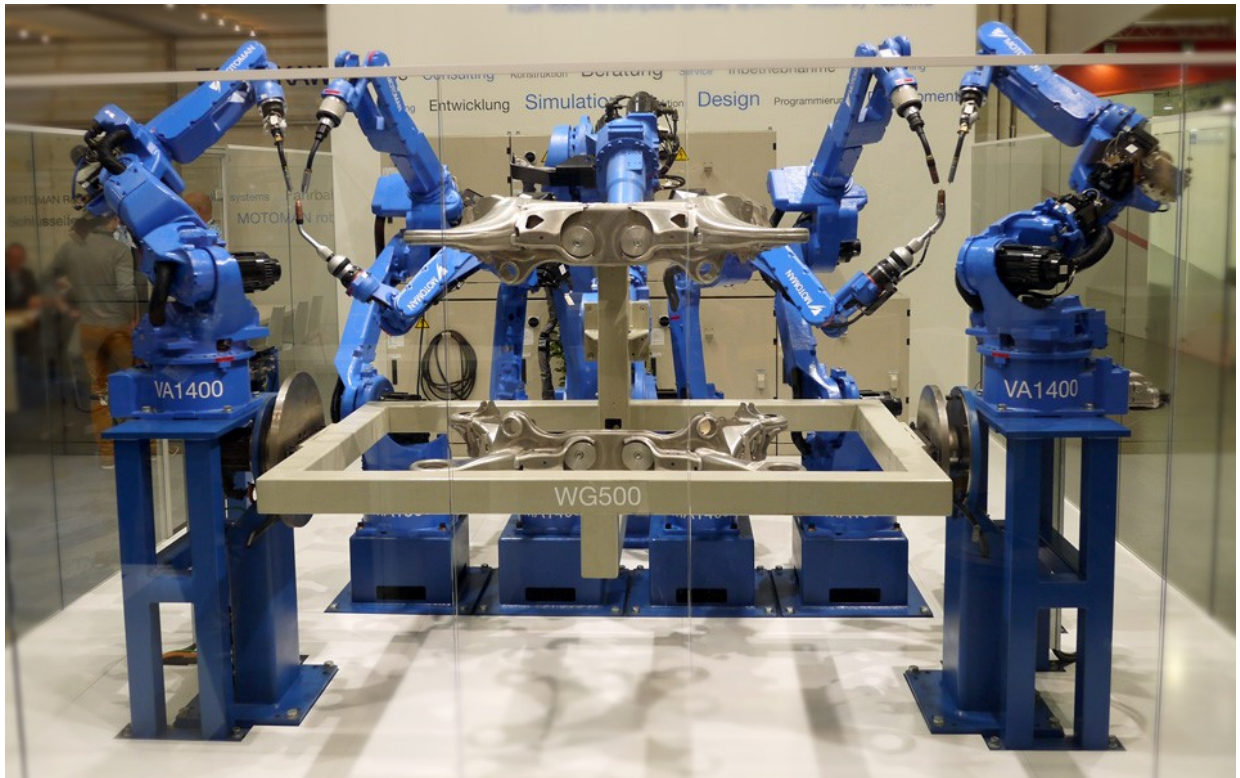
- Важливо уникати зсуву при зрізі заготовки, яка буде зварюватись під кутом 90 градусів. Навіть невеликий перекис може послабити зварний шов, що збільшує ризик його руйнування під час експлуатації.
- Кромки повинні бути очищені до металевого блиску. Для цього можна використовувати різні абразивні матеріали, такі як щітки, наждачний папір або електричні інструменти.
- Поверхні перед зварюванням повинні бути вільні від жиру, фарби, ржавчини та інших забруднень. Для ефективного очищення найкраще використовувати хімічні розчини.

Якщо дотримуватися цих вимог і забезпечити правильну підготовку поверхонь, можна досягти високої якості зварки.

1.4. Особливості роботизації зварювального виробництва

Зварювальні роботи є невід'ємною частиною великомасштабного виробництва, незалежно від його характеру. Вони можуть бути застосовані в різних галузях, від автомобільного виробництва до великих конвеєрів з масовим виробництвом. Роботи можуть швидко і безпомилково виконувати одні й ті ж операції, не потребуючи зарплати, відпустки або перерв на обід. Проте, існує багато інших причин, чому роботи перевершують класичну людську працю. На багатьох виробництвах безперебійна робота цих сучасних агрегатів дозволяє досягти неймовірних масштабів випуску продукції.

		Столярчук			MB92	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



3. – зварювальні роботи-маніпулятори

Роботизоване зварювання є методом автоматичного зварювання, який використовує програмовані роботи замість людей на виробництві. Цей вид зварювання особливо популярний на підприємствах, де потрібно організувати масштабне конвеєрне виробництво.

Існує велика кількість різних типів зварювальних роботів, оскільки кожен виробник намагається оснастити їх спеціальними функціями. Конкуренція між виробниками зварювальних роботів є дуже високою, оскільки це витратне устаткування, яке встановлюється на тривалий період. Тому виробники стараються додавати до своїх роботів якомога більше корисних функцій.

Роботизоване зварювання має багато переваг. По-перше, роботи можуть виконувати одну й ту саму роботу без втрати якості, що неможливо для людини, яка не може витримувати довгий час однотипної роботи. Роботи завжди забезпечують якісні зварні шви і можуть перенастроюватися навіть під час процесу зварювання.

		Столярчук			MB92	Аркуш
						11
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

По-друге, не дивлячись на високу вартість такого устаткування, роботизоване зварювання є економічно вигідним. Завдяки високій продуктивності, витрати на роботу швидко окупаються, адже роботи потребують тільки технічного обслуговування, що є значно дешевшим, ніж оплата заробітної плати і податків співробітникам.

По-третє, якщо оператор має достатні навички, він може швидко налаштувати робота на оптимальні параметри. Існують алгоритми, які навіть новачок може використовувати для налаштування робота. Навчання операторів не займає багато часу, і всі зварювальники можуть легко переорієнтуватися на роботизоване зварювання, змінивши свою кваліфікацію.

Проте, є кілька недоліків у роботизованому зварюванні. По-перше, можливість використання роботів обмежена в конвеєрному виробництві і менш ефективна в інших типах виробництва. Перенавчання зварювальників на роботів також вимагає часу. Також слід зазначити, що успішність роботизованого зварювання залежить від правильних налаштувань роботів, і неправильне налаштування або погане самопочуття оператора можуть вплинути на результат.

Зварювання роботами є неминучим процесом у майбутньому. З часом воно буде застосовуватися не лише в зварювальному виробництві, але й в інших галузях, де людська праця небажана. Використання роботів дозволяє зварювати різні рівні складності, включаючи зварювання у захисних газах.

Впровадження роботів є необхідним для подальшого розвитку промисловості. Використання ручної праці ніколи не приведе до максимальної ефективності виробництва. Крім того, необхідно враховувати потенційну шкідливість деяких методів зварювання для здоров'я людини. У

		Столярчук							Аркуш
									12
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

MB92

таких випадках використання роботів забезпечує безпеку працівників, тоді як роботи надійно та ефективно виконують свої функції.

Не слід хвилюватися щодо роботизації. Хоча вона замінить ручну працю з часом, все ж буде потреба у кваліфікованих операторах, які налагоджуватимуть та керуватимуть роботами. Таким чином, будь-який професійний зварювальник завжди матиме можливість переорієнтуватися та змінити свою кваліфікацію.

1.5. Модульний принцип створення зварювального обладнання

Впровадження засобів роботизації дугового і точкового контактного зварювання має свої економічні особливості. Більшість видів дугового зварювання може бути виконана вручну або за допомогою зварювальних напівавтоматів, які є механізованими зварювальними інструментами. Точкове контактне зварювання виконується зварювальними кліщами або стаціонарною машиною з одно- чи багатоточковими функціями. Вартість такого зварювального обладнання, за винятком багатоточкових машин для точкового контактного зварювання, є низькою.

Однак, для роботизації зварювальних операцій потрібний комплекс обладнання, включаючи засоби автоматизації, який вартістю в декілька разів перевищує вартість механізованого зварювального інструменту або одноточкової стаціонарної машини для точкового контактного зварювання. Це стає причиною необхідності у пошуку та застосуванні простих, недорогих, але ефективних технічних рішень для роботизації зварювальних операцій.

Одним з таких рішень є використання агрегатно-модульного принципу створення роботизованих технологічних комплексів (РТК) та їх складових частин.

Окрім цього, важливим фактором підвищення ефективності РТК для зварювання є швидкість виконання допоміжних дій та прийомів. Для кваліфікованого робітника, що виконує такі дії, як переміщення

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		13

зварювального інструменту (пальників, зварювальних кліщів) від одного місця або точки зварювання до іншого, характерні швидкість і інтуїтивний вибір оптимального закону руху рук і тіла. Тому в РТК необхідно передбачати високі швидкості переміщень зварювального інструменту та виробу, мінімальний час розгону, гальмування, оптимальні закони руху для забезпечення мінімальних ривків і ударів під час руху. Особливо це важливо для точкового контактного зварювання, де час зварювання однієї точки зазвичай дуже малий, і більшість часу операції витрачається на переміщення кліщів між точками. Наприклад, в сучасних РТК максимальна швидкість усталеного руху пальника становить близько 1,5 м/с, кліщів - 3 м/с, а швидкість переорієнтації виробу - 90 °/с.

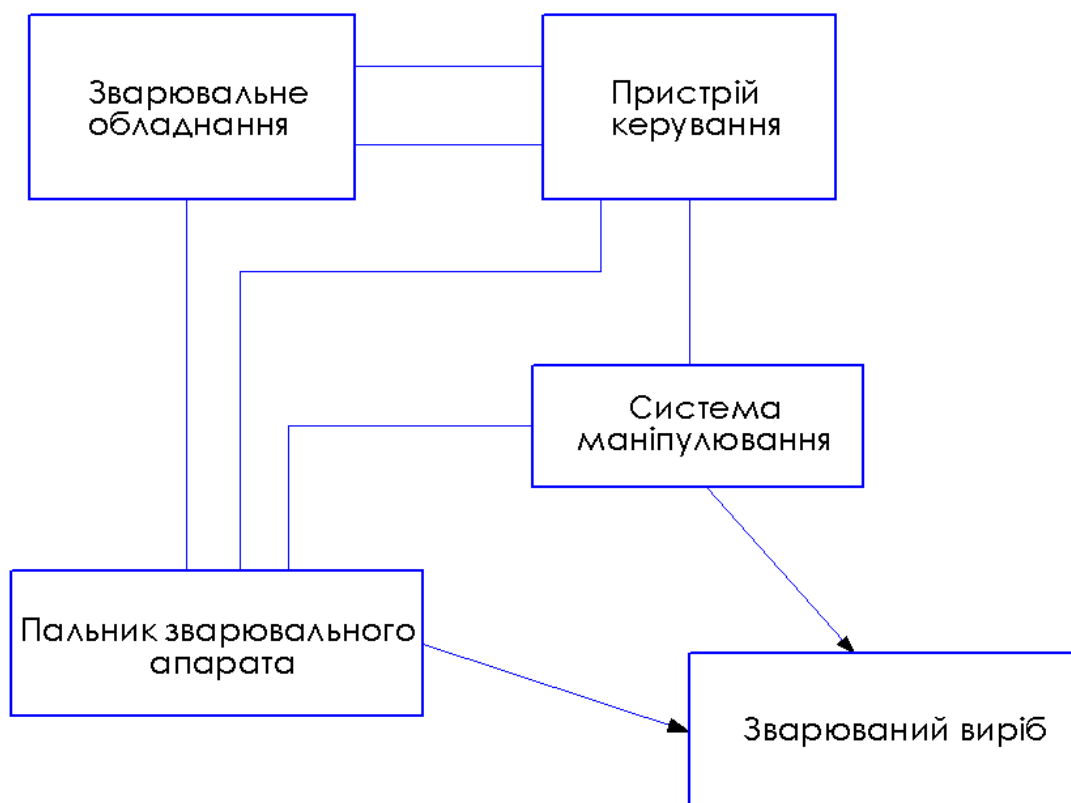


Рис. 1.4 – Модулі робототехнічного комплексу для зварювання

Робототехнічний комплекс (РТК) для зварювання (зображений на рис. 1.2) складається з декількох основних компонентів, а саме: маніпуляційної

Розділ 2. Патентно-інформаційні дослідження

2.1. Основні положення і порядок проведення патентних досліджень згідно ДСТУ 3575-97

Патентні дослідження є процесом, що включає ряд заходів з метою створення сприятливих умов для швидкого та надійного доступу фізичних та юридичних осіб до певних відомостей про об'єкти промислової власності (ОПВ). Ці відомості включають результати науково-технічних досліджень і проектно-конструкторських розробок, а також інформацію про права заявників та власників охоронних документів, а також їх охорону, характер та обсяг.

Основна мета патентних досліджень полягає у визначенні патентоспроможності створеного об'єкта промислової власності. Це включає аналіз подібних за призначенням способів або пристроїв, заповнення патентного формуляру та використання державної системи патентної інформації для пошуку аналогічних рішень. Часто патентні дослідження виконуються шляхом використання Інтернету як засобу пошуку патентної інформації.

В Україні патентні дослідження регулюються стандартом ДСТУ 3575–97 "Патентні дослідження. Основні положення та порядок проведення", який набрав чинності з 1 січня 1998 року. Згідно з цим стандартом, суб'єкти господарської діяльності, що діють в Україні та отримують фінансування з державного бюджету, мають обов'язково проводити патентні дослідження. Результати таких досліджень вносяться у "Звіт про патентні дослідження".

Патентний пошук має три основні цілі, які можна розподілити наступним чином:

Встановлення рівня техніки:

		Столярчук								Аркуш
										16
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

- Пошук за ключовими словами, коли використовуються ключові слова або терміни для знаходження патентів або публікацій, пов'язаних з конкретною темою.
- Повнотекстовий пошук, який використовує повний текст патентів та публікацій для виявлення відповідних інформаційних одиниць.

Засоби реалізації пошукових систем можуть включати:

- Бібліотечні каталоги, які можуть бути організовані з використанням комп'ютерних систем.
- Інформаційні пошукові системи, що можуть бути ручними (на паперовому носії), механізованими (з використанням перфокарт) або автоматизованими (за допомогою електронних обчислювальних машин).

Ці інструменти допомагають у здійсненні ефективного патентного пошуку та забезпечують доступ до відповідної патентної інформації.

		Столярчук			MB92	Аркуш
						18
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

2.3. Прийняття рішення по створенню автоматизованої установки для зварюванню труб з додатковими елементами

Після проведення патентно-інформаційного пошуку установки для зварювання труб можна розділити на два типи:

- такі, що обертають заготовку, при тому що пальник зварювального апарата не здійснює обертальних рухів навколо осі деталі.
- такі, що дозволяють зварити нерухомі труби, обертаючи пальник навколо самої труби.

Оскільки основною задачею є зварювання гідроциліндрів, то створювана установка повинна віноситись до першого типу.

Таож в результаті проведеного аналізу даного типу установок можна помітити основну проблему, а саме відсутність одної універсальної компоновки, яка дозволить виконувати обидві основні операції, такі як приварювання кришки корпусу гідроциліндра та приварювання фітінгів «бонок» на одному верстаті та можливо навіть за одну установку. Вважаю, що наявність компоновки у вигляді комбінації обох установок, як варіант із модульною конструкцією, значно б розширила функціонал й, відповідно, споживач міг би купити одну установку, замість двох та отримати такий самий функціонал. Дане рішення ідеально підійшло б для одиничного, малосерійного та можливо навіть серійного виробництв.

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		20

Розділ 3. Конструкторський

3.1. Варіанти компоновки автоматизованої установки для зварюванню труб з додатковими елементами

Автоматичне зварювання є технологічним процесом, який дозволяє отримати нероз'ємне з'єднання двох або більше частин. Цей процес відрізняється відносно низькою вартістю, високою продуктивністю і високим рівнем механізації. Однак, для здійснення зварювання необхідні рухи, включаючи поворот заготовки в просторі. Це привело до розробки механізмів, які автоматично орієнтують заготовки, швидко та надійно їх закріплюють і обертають з відповідною швидкістю для зварювання.

Автоматичні ротаційні зварювальні апарати призначені саме для вирішення цих задач. Вони можуть застосовуватись практично в усіх операціях зварювального виробництва, включаючи наплавлення, складання, зварювання та інші. Такі установки є корисними також в інших сферах, де використовується зварювальне виробництво.

Важливо зазначити, що сама ротаційна установка має працювати в парі з якісним зварювальним апаратом, оскільки лише спільна робота цих двох машин забезпечить досягнення бажаного результату. При розгляді автоматичної зварювальної установки в цілому необхідно враховувати і взаємодію цих двох компонентів.

Сьогодні на ринку в основному представлені установки, що за своєю конструкцією є досить простими та зрозумілими і чимось за принципом своєї роботи та конструкцією схожі на токарний верстат.

		Столярчук			MB92	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

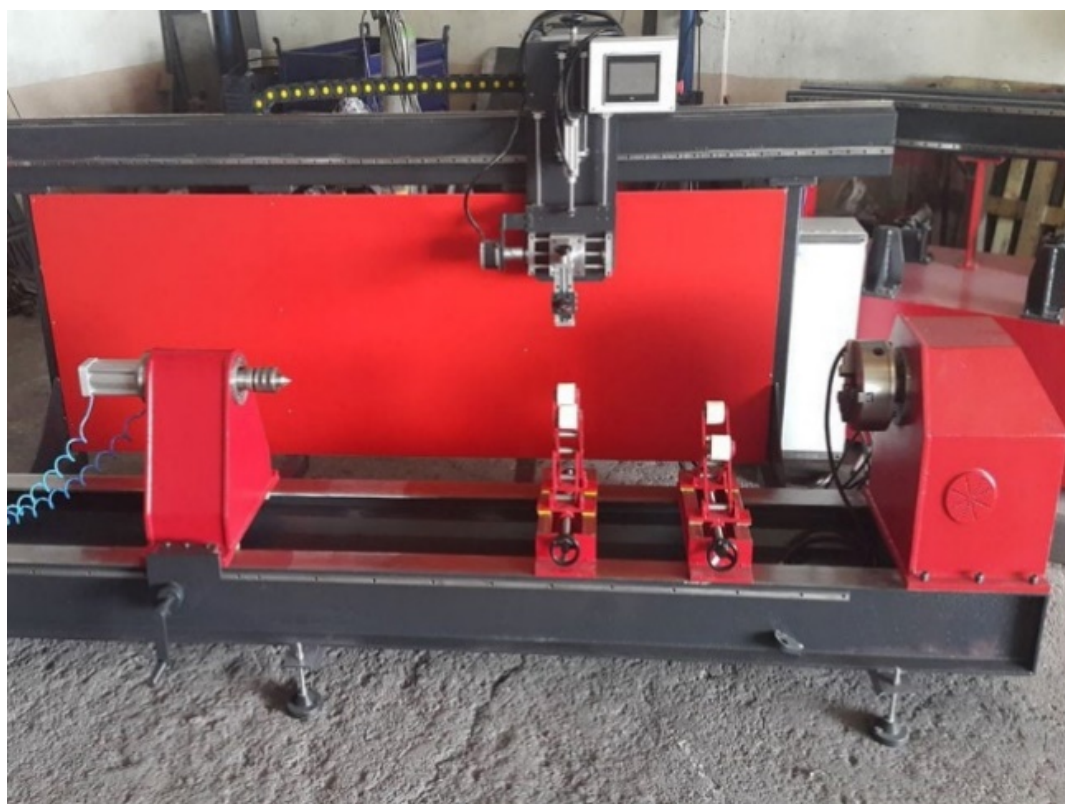
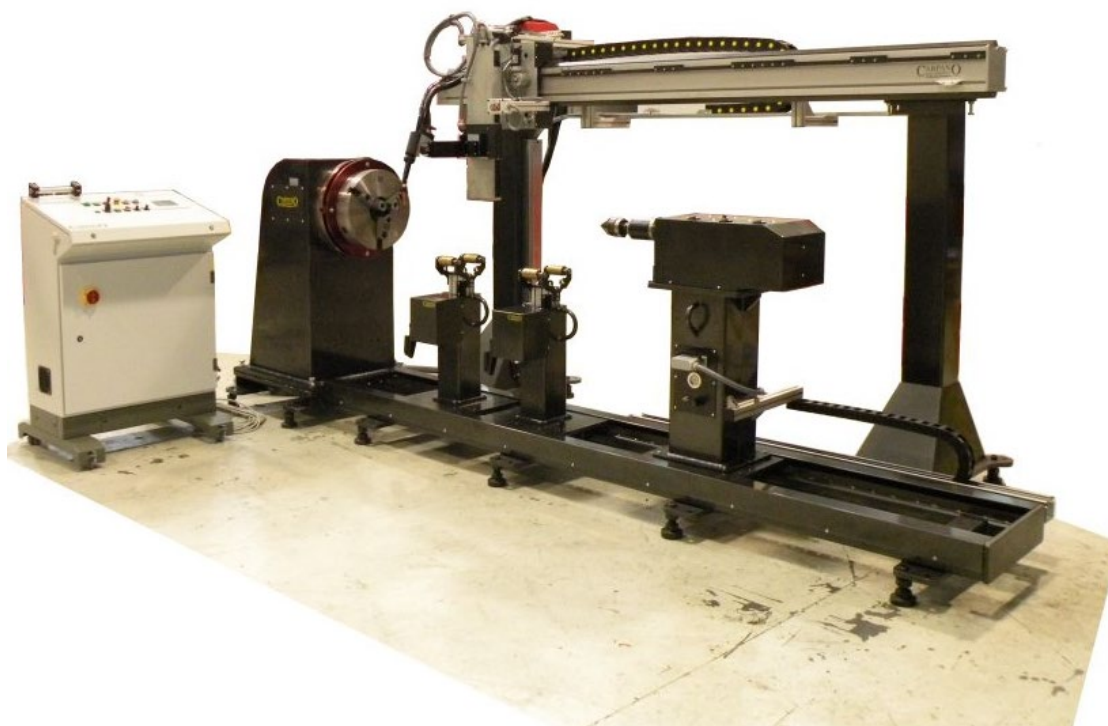


Рис. 3.1 – Зварювальні установки Joda Horizontal італійського виробника Carpano Equipment [1] та WWDKM-1000 турецького виробника WelkonWelding [3]

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		22

Такі установки зазвичай обладнані відносно простою системою ЧПУ, що не лише контролює обертальний рух заготовки, але також може рухати пальником, що, при правильному налаштуванні, дозволяє отримати шов будь-якої конфігурації.

Окрім приварювання кришок гідроциліндрів, також важливо якісно приварити фітинги, до яких під'єднуюватимуться гідравлічні рукави, даний технологічний процес також потребує механізації тому і для цього випадку придумані окремі установки.

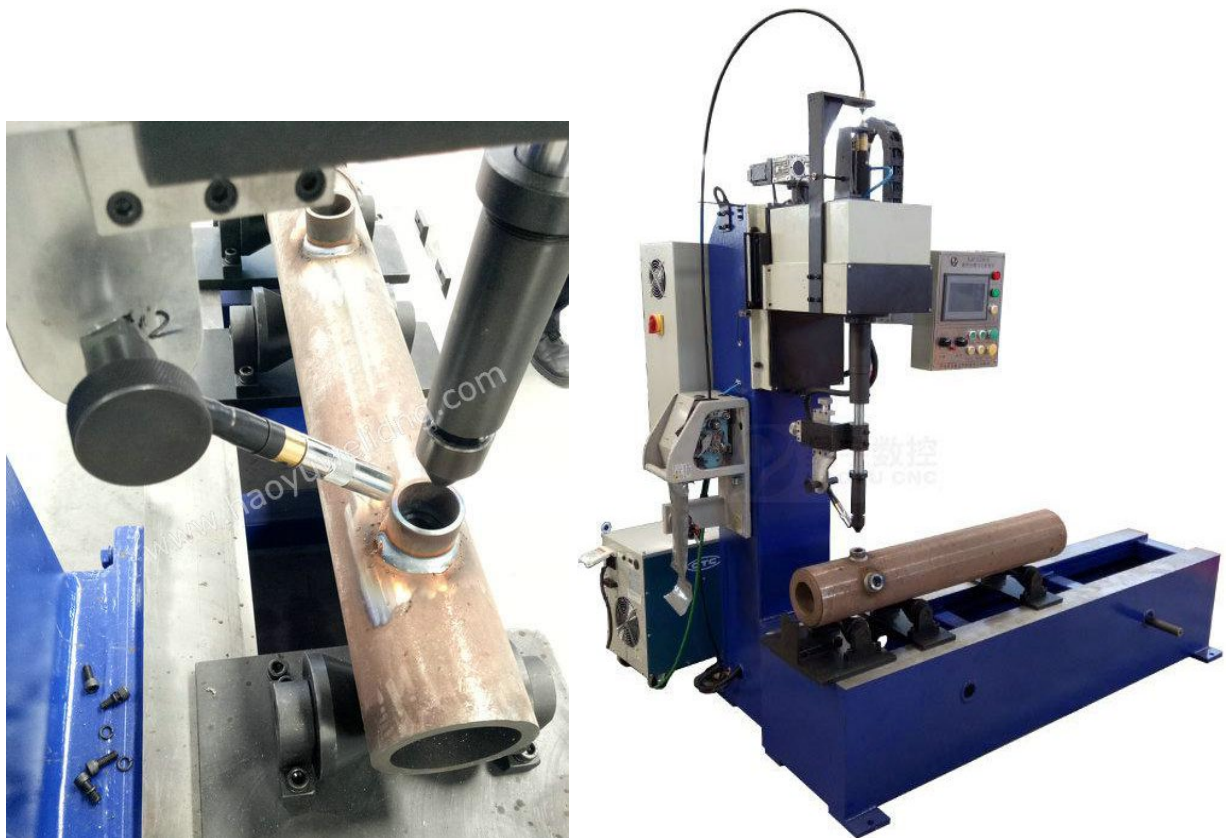


Рис. 3.2 – Автоматизована зварювальна установка фітингів китайського виробника HAOYU [4]

Установки такого класу вже більше нагадують вертикально-фрезерний верстат, тут заготовка не обертається, сам фітинг прижимається конусним прижимом до гідроциліндра й пальник із рівномірною швидкістю обварює деталь по колу навколо вертикальної осі. Такі установки також керуються програмно.

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		23

Окрім згаданих вище установок існує ще третій тип. Такі установки призначені в основному для обварювання циліндричних деталей в горизонтальному положенні, але, при необхідності, можна встановити модуль, який дозволить приварювати також додаткові елементи в вертикальному положенні. Загалом таке вертикальне розміщення всіх вузлів робить цю установку доволі компактною та мобільною, в ведення робіт із довгомірними трубами можна використовувати підставки в ролі люнетів, таким чином майже нема обмежень по довжині зварюваних деталей.



Рис. 3.3 – Автоматизована зварювальна установка труб та фітингів китайського виробника KTWell [5]

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		24

Однак є один великий недолік цього рішення, такий варіант виконання установки, особливо при використанні підставок для довгомірних деталей, дає велику можливість перекосів деталі та інші можливі дефекти пов'язані з відсутністю монолітності та жорсткості конструкції, тому таке рішення не дуже гарно підійде для наших завдань, а саме зварювання гідроциліндрів.

Проаналізувавши установки, які є представленими на ринку, та враховуючи поставлену мету, я дійшов висновку, що необхідно створити установку типу «токарний верстат» яка поєднуватиме в собі дві перші установки та зможе виконувати обидва типи операцій. Для того, щоб приварювати додаткові елементи «бонки», можна буде встановити додатковий модуль, що дозволить виконати цю операцію. Для довгих деталей будуть використані роликові підставки, що виконуватимуть роль люнетів та слугуватимуть для деталі додатковими точками опори. Окрім того буде також реалізована система ЧПК, що дозволить імітувати рухи зварювальника й дасть можливість, попередньо створивши керуючу програму, виконувати різні типи зварних швів. Дана особливість стане в нагоді при зварюванні великих та товстостінних деталей.

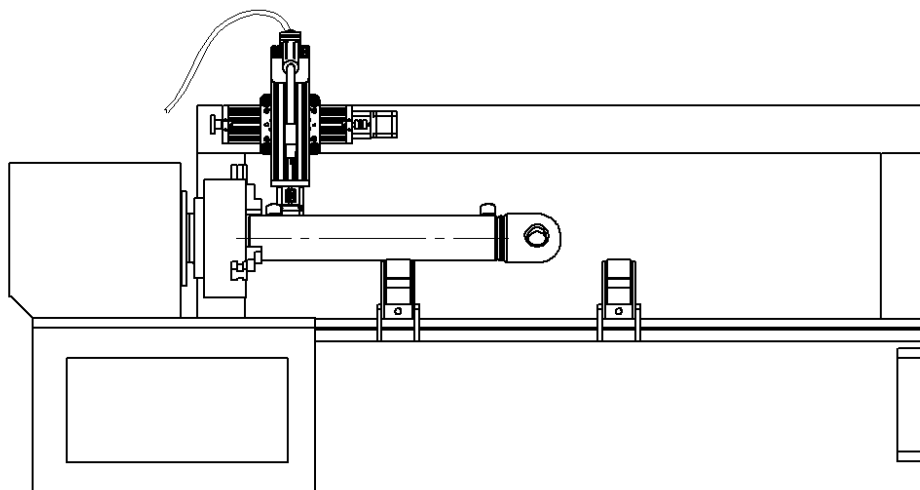


Рис. 3.4 – Ескіз автоматизованої зварювальної установки труб та фітингів

Третій тип установки хоч і є доволі цікавим, але для наших задач не підходить через вище вказані недоліки конструкції.

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		25

3.2. Вибір верстата для модернізації і перетворення в автоматизовану зварювальну установку

Спроектована установка повинна мати можливість зварювати гідроциліндри з наступними характеристиками:

- максимальний діаметр: 300мм;
- максимальна довжина: 1500мм

Крім того, при зварюванні таких великих діаметрів, також потрібно забезпечити можливість здійснення рухів пальника зварювального апарату для виконання якісного зварного шва з великим катетом. Для забезпечення цього буде реалізована відносно проста система з ЧПК.

Для того, щоб реалізувати рух пальника за бажаною траєкторією використаємо хрестоподібний координатний стіл. Оскільки він виконаний із спеціального верстатного профілю, до нього, використовуючи пази та спеціальні Т-подібні болти, при необхідності легко можна кріпити та замінювати різні модулі із пальниками зварювальних апаратів і не тільки.

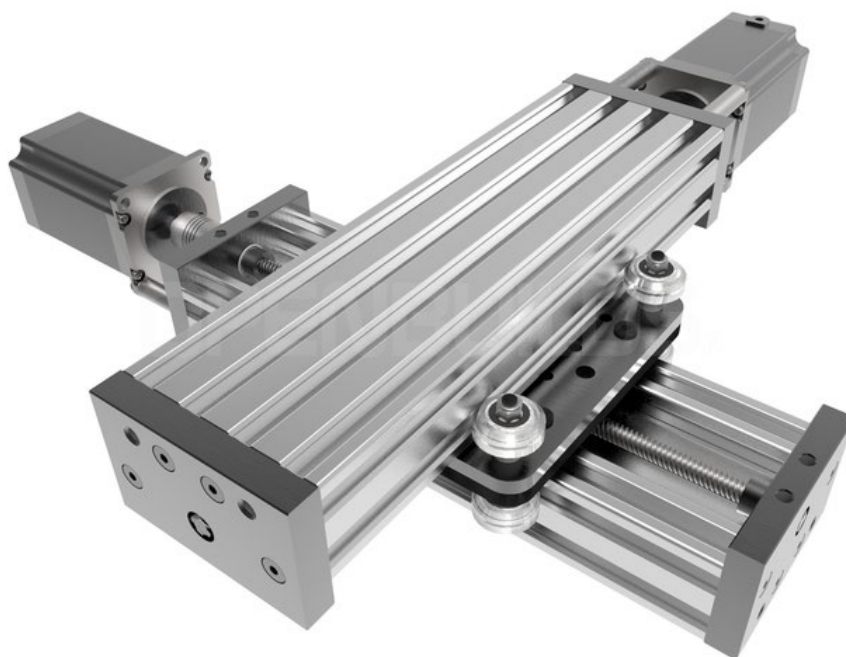


Рис. 3.5 – Хрестоподібний координатний стіл

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		26

Технічні характеристики:

- Привід руху з допомогою передачі гвинт-гайка;
- Тип двигунів: крокові NEMA 23
- Хід по кожній з осей становить 250 мм ~4,5 дюйма;
- 250 мм становить ~4,5 дюйма (115 мм);
- Точність: 0,001" ~0,003" (0,05 мм ~0,10 мм);
- Точність позиціонування: 0,091 мм;
- Максимальна сила: 115 Н;
- Максимальна швидкість: 8000 мм/хв;

В якості основи для установки буде використаний токарно-гвинторізний верстат 1К62, щоправда не весь, а лише його станина, трьохкулачковий патрон та підшипники шпиндельного вузла. Дане рішення зумовлене наявністю такого несправного верстата, який чудово підходить для перетворення його в зварювальну установку.

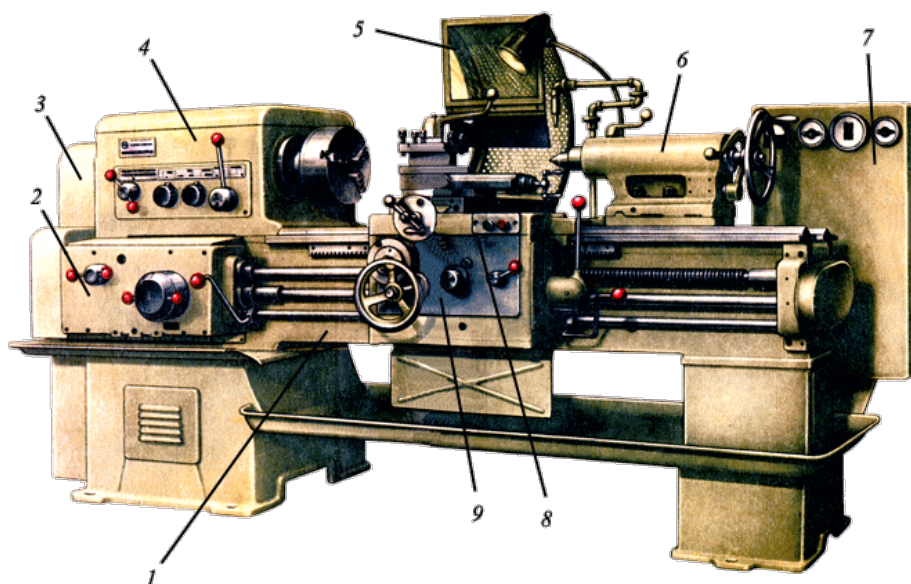
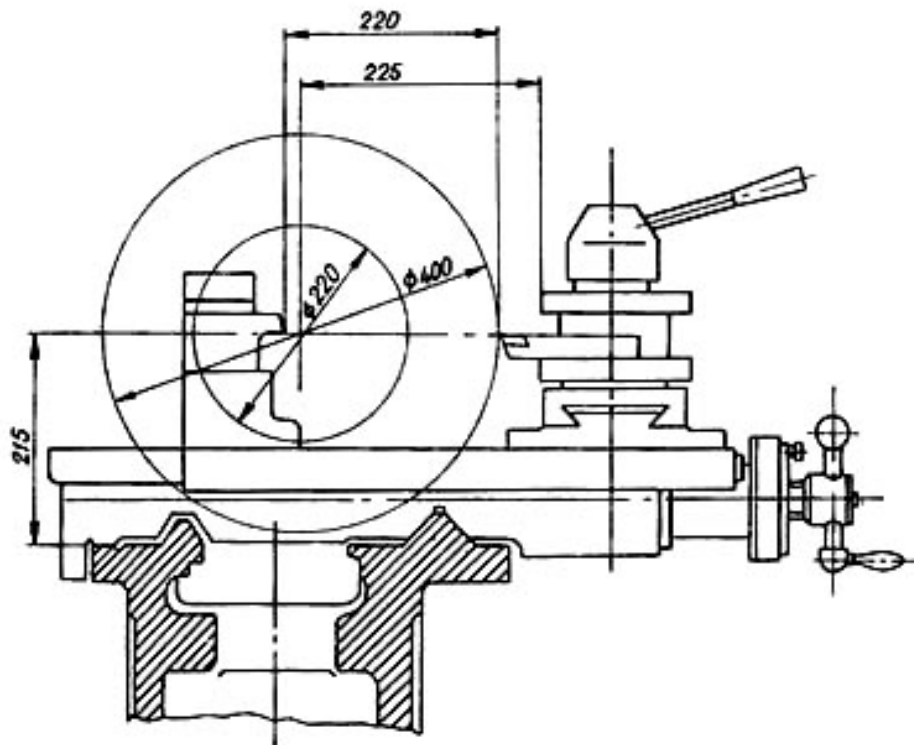


Рис. 3.6 – Токарно-гвинторізний верстат 1К62

1 – станина; 2- коробка подач; 3 – гітара зі змінними зубчастими колесами; 4 – передня бабка; 5 – захисний екран; 6 – задня бабка; 7 – шафа з електроустаткуванням; 8 – супортна група; 9 – фартух.

		Столярчук			МВ92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		27



Эскиз суппорта

Рис. 3.7 – Робочий простір 1К62

Основні характеристики верстата:

- Найбільший діаметр заготовки типу «Диск», що обробляється над станиною - $\varnothing 400$ мм;
- Найбільший діаметр заготовки типу «Вал», що обробляється над суппортом - $\varnothing 220$ мм;
- Відстань між центрами – 710, 1000, 1400 мм (залежно від модифікації);
- Висота центрів – 220 мм;
- Потужність електродвигуна – 7,5 або 10 кВт;
- Вага верстата повний – 2,0; 2,1; 2,2 т (залежно від модифікації);

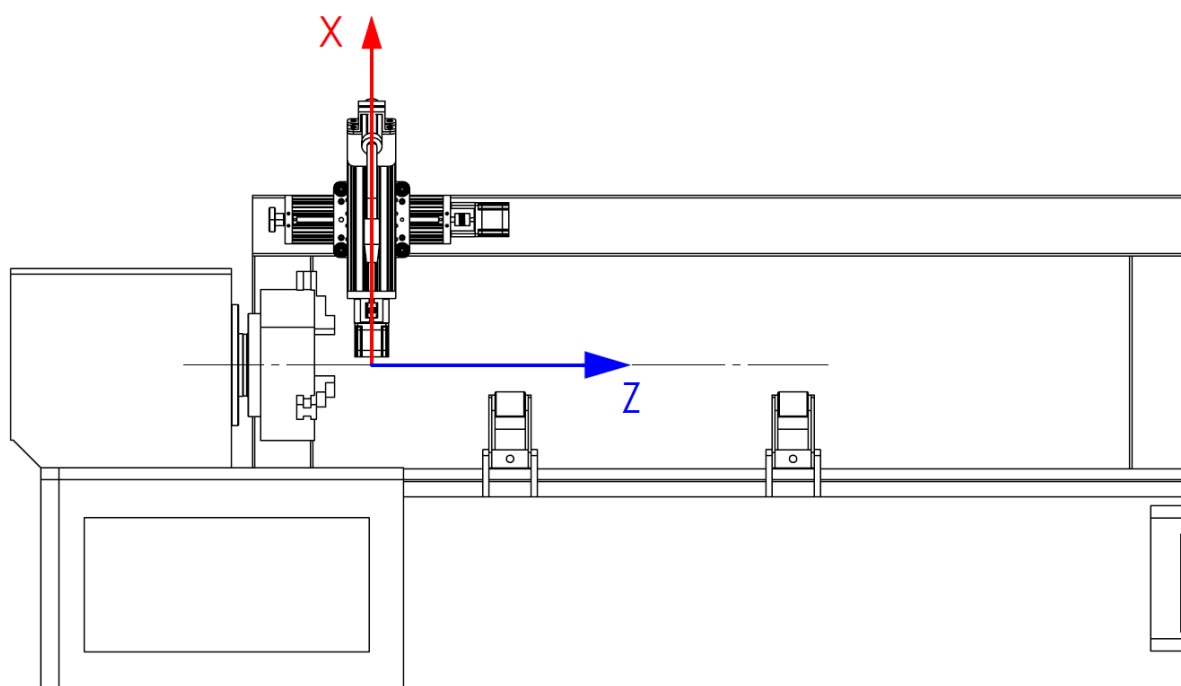
Максимальна маса заготовки, кг:

- Встановлювана в патроні - 300;
- Встановлювана в центрах – 1500.

		Столярчук							Аркуш
									28
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

MB92

3.3. Кінематика автоматизованої установки для зварювання труб з додатковими елементами



Кінематика токарного верстата з ЧПК є дуже простою і базується на Декартовій системі координат, що складається з трьох осей: X , Y та Z , але вісь Y в даній кінематиці не використовується. Вісь X вказує на вертикальне переміщення каретки із пальником, перпендикулярно осі заготівки, а вісь Z – горизонтальний рух вздовж осі заготівки, тобто вздовж установки. Лінійний рух вздовж осі Y фактично буде замінений обертальним рухом навколо осі Z , оскільки заготівки мають циліндричну форму.

3.4. Система керування автоматизованою установкою для зварювання

Система керування установкою буде складатись із двох систем: вбудованої системи керування зварювального апарата та системи керування двигунів автоматизованої установки.

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		29



Рис. 3.8 – зварювальний апарат Fronius TransSteel 5000 PULSE

Ці дві системи будуть працювати майже незалежно одна від одної, система керування установкою даватиме команду системі зварювального апарата Fronius TransSteel 5000 PULSE на початок процесу зварювання, тобто запалювання дуги, і в кінці процесу. Таким чином електроніка зварювального апарату буде керувати механізмом подачі зварювального дроту, підтримувати дугу та контролювати процес зварювання, в той час як інша система відповідатиме за керування системою зварювального апарата та проворот заготовки і рухи пальника.

Для того, щоб реалізувати таку систему керування буде використана материнська плата DUET 2 або інші подібні їй. Таке рішення є доволі дешевим та працездатним, це підтверджується тим, що даний сегмент материнських плат доволі часто використовується в фрезерних верстатах з ЧПК та подібних.

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		30

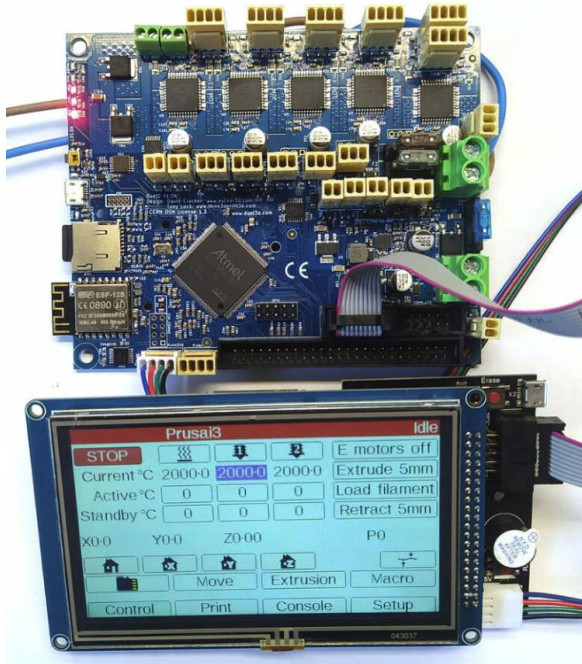


Рис. 3.9 – материнська плата для верстатів з ЧПК Duet 2

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		31

Розділ 4. Розрахунковий

4.1. Кінематичний аналіз установки для зварювання труб з додатковими елементами

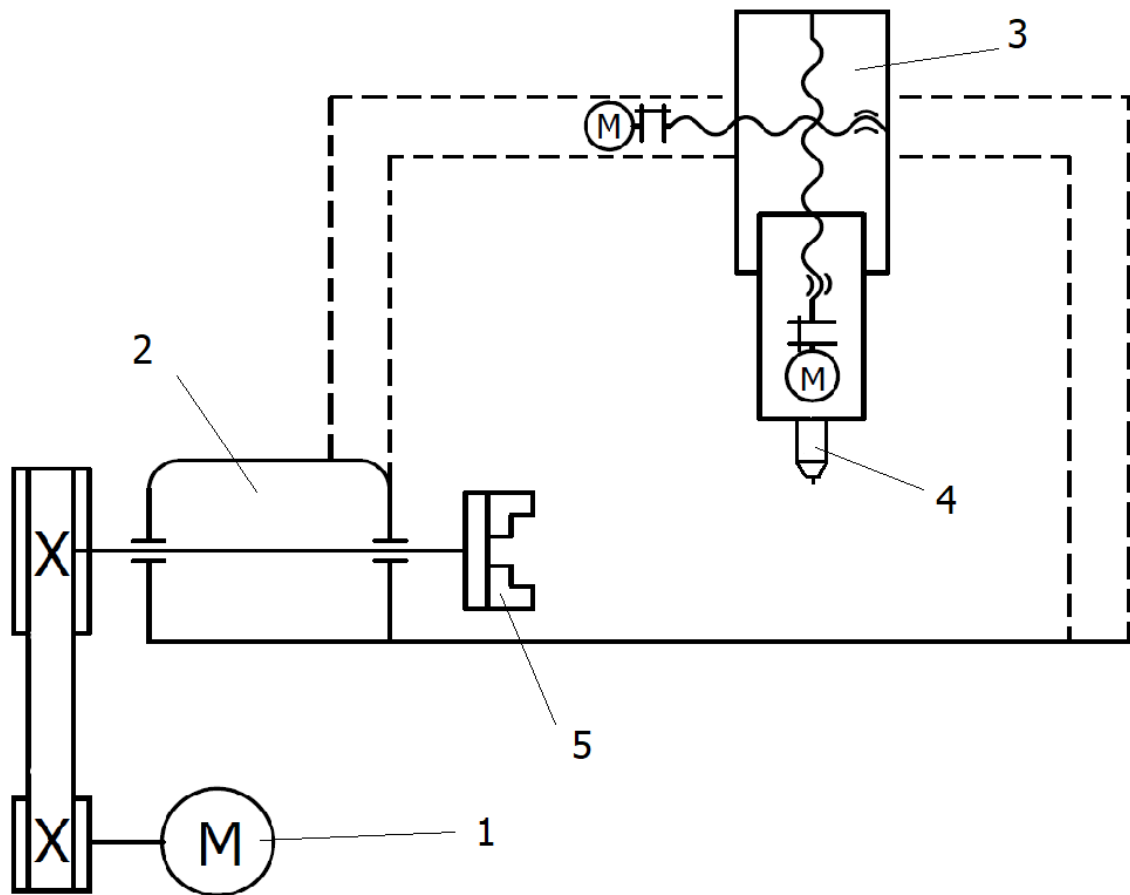


Рис. 4.1 – Кінематична схема автоматизованої зварювальної установки:
1 – двигун обертового приводу; 2 – шпindelний вузол; 3 – хрестоподібний стіл; 4 – палик зварювальної установки; 5 – трьохкулачковий патрон;

Кроковий двигун (1) обертає шпindel з патроном (5) через зубчасту пасову передачу з передатним відношенням $2/5$. Позиціонування хрестоподібного стола (3), на якому закріплений палик зварювального апарата (4) забезпечується через передачу типу «гвинт-гайка» з допомогою крокових двигунів.

4.2. Розрахунок потужності приводу обертання труби і вибір електродвигуна

Сам процес зварювання, в порівнянні з процесами різання, є дуже повільним, швидкість варіюється в межах від 12 м/год до 120 м/год (0,0333 м/с).

Розрахуємо максимальні оберти шпинделя при найменшому діаметрі заготовки 80мм:

$$n = \frac{V \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot d_{\min}} = \frac{0,0333 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 80} = 8 \text{ об/хв} \quad (4.1)$$

Де V – колова швидкість, d_{\min} – найменший діаметр заготовки.

Розрахуємо крутний момент викликаний силами інерції заготовки, шпинделя, патрона шківів, підшипників, що виникатиме в момент старту та зупинки процесу зварювання. Кутове прискорення знайдемо через дотичне прискорення, що виникатиме на поверхні, маса найважчої деталі, яка може бути встановлена в шпиндель, становить 250кг:

$$\varepsilon = \frac{a_{\tau}}{r} = \frac{100}{40} = 2,5 \text{ с}^{-2} \quad (4.2)$$

$$J = \frac{m}{2} (r_1^2 + r_2^2) = \frac{250}{2} (0,3^2 + 0,25^2) = 19,06 \text{ кг/м}^2 \quad (4.3)$$

$$M_{\text{загот}} = J \cdot \varepsilon = 19,06 \cdot 2,5 = 47,65 \text{ Н/м} \quad (4.4)$$

Момент інерції шпиндельного вузла розраховуємо в САD-системі та підставляємо в формулу для знаходження моменту:

$$M_{\text{шп}} = 3,5 \cdot 2,5 = 8,75 \text{ Н/м} \quad (4.5)$$

$$M_{\text{загал}} = M_{\text{шп}} + M_{\text{загот}} = 8,75 + 47,65 = 56,4 \text{ Н/м} \quad (4.6)$$

Також врахуємо передатне відношення пасової передачі яке рівне 2/5

$$M = 56,4 \cdot \frac{2}{5} = 22,56 \text{ Н/м} - \text{крутний момент сили інерції деталі} \quad (4.5)$$

Тобто двигун, який ми обираєм, повинен мати крутний момент більший за розраховану величину.

		Столярчук			MB92	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

В даній установці важливішим за частоту обертання є точність позиціонування заготовки та пальника зварювального апарату, такі можливості може забезпечити кроковий двигун.

Кроковий двигун є електричним двигуном, який може забезпечити високу точність позиціонування. Він працює за принципом виконання обертального руху ротора на заданий кут при кожному імпульсі електричного струму. Кількість імпульсів визначає кут повороту ротора, а частота імпульсів визначає кутову швидкість ротора. Це дозволяє кроковому двигуну забезпечувати потрібну точність і контроль над позицією, що є дуже підходящим для використання в нашій установці.

Переваги крокових двигунів:

- Кут повороту двигуна пропорційний кількості вхідних імпульсів, що дозволяє точно контролювати положення.
- Кроковий двигун працює з повним моментом навіть у стані спокою, коли обмотки підключені до живлення.
- Хороша точність позиціонування і повторюваність кроку, з помилками на рівні 3-5% кроку. Помилки не накопичуються від кроку до кроку.
- Можливість швидкого розгону, гальмування і зміни напрямку руху.
- Безвідмовність через відсутність щіток. Довговічність двигуна залежить від довговічності підшипників.
- Залежність обертів двигуна від дискретних імпульсів дозволяє керувати його без зворотного зв'язку, що спрощує і здешевлює систему керування.
- Можливість досягнення дуже низьких швидкостей обертання з навантаженням, яке закріплене безпосередньо на осі двигуна.

		Столярчук			MB92	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

- Широкий діапазон швидкостей обертання, оскільки швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів.

Недоліки крокових двигунів:

- Механічний резонанс може виникнути при неправильному керуванні, що може вплинути на точність і стабільність роботи.
- Складності при роботі з дуже високими швидкостями, оскільки збільшується ризик втрати контролю положення і посилюється вплив механічного резонансу.
- Втрата контролю положення можлива при роботі без зворотного зв'язку, що може виникнути при пошкодженні або втраті сигналу.
- Споживання електроенергії не зменшується навіть без навантаження, що може бути неефективним з енергетичної точки зору.
- Невисока питома потужність порівняно з іншими типами двигунів.
- Складна схема управління, особливо для складних систем з багатьма вихідними валами і координатами.

Отже, крокові двигуни мають свої переваги, такі як точність позиціонування, безвідмовність і можливість швидкого розгону, але також вони мають недоліки, такі як можливість виникнення механічного резонансу і складнощі при високих швидкостях.

Кроковий двигун має можливість працювати у різних режимах. Ці режими включають почергове включення фаз, управління з перекриттям фаз, напівкрокове керування та мікрокрокове керування.

Для реалізації цих режимів роботи двигуна використовуються драйвери, які складаються з силової частини і контролера. Силова частина драйвера - це напівпровідниковий підсилювач потужності, який перетворює подані на

		Столярчук							Аркуш
									35
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

MB92

фази імпульси струму в рух ротора, забезпечуючи точні кроки або мікрокроки.

Зазвичай як в якості одної з основних характеристик крокового двигуна вказується максимальний струм, який подається одночасно на обидві обмотки крокового двигуна. Максимальний струм через одну обмотку рідко вказується, але він має значення при використанні мікрокроків. Якщо подати номінальний струм на одну обмотку, двигун нагріється, тому зазвичай струм двигуна обмежують на рівні не більше 85% від номінального струму.

Для досягнення максимального крутного моменту без перегріву необхідно вибрати двигун з номінальним струмом, який не перевищує 25% рекомендованого максимального струму приводу крокового двигуна. Вихідний крутний момент і потужність крокового двигуна залежать від розміру двигуна, системи охолодження, робочого циклу, обмотки і типу приводу.

Під час роботи крокового двигуна без навантаження в усьому діапазоні частот можуть виникати резонансні коливання. Це можна виявити за допомогою звуку або датчиків вібрації. Резонансні частоти можуть значно знизити корисний крутний момент крокового двигуна. Робота на резонансних частотах повинна бути уникнута шляхом застосування зовнішнього демпфування, додаткової інерції або використання мікрокроків для зменшення ефекту резонансу.

Максимальний крутний момент, який може забезпечити кроковий двигун, виникає, коли обидві обмотки знаходяться під напругою при повному струмі. Крутний момент пропорційний струму (за винятком дуже малих струмів). Наприклад, якщо встановити драйвери на 85% від номінального струму двигуна, то максимальний крутний момент буде становити $85\% * 0,707 = 60\%$ від утримуючого моменту.

Використання мікрокроків зменшує крутний момент крокового двигуна, оскільки кут запізнювання відповідає куту одного мікрокроку. Високе

		Столярчук							Аркуш
									36
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

MB92

- Крутний момент: 1,7-6,5 кг·см.

NEMA23:

- Розмір корпусу: 56x56 мм;
- Діапазон довжин: 41-76 мм;
- Крутний момент: 2,88-18,9 кг·см.

NEMA43:

- Розмір корпусу: 110x110 мм;
- Діапазон довжин: 99-201 мм;
- Крутний момент: 112-280 кг·см.

NEMA51:

- Розмір корпусу: 130x130 мм;
- Діапазон довжин: 165-270 мм;
- Крутний момент: 270-500 кг·см.

Керуючись вище сказаним я обрав двигун NEMA43 110HS168-6004A 6A
(Рис. 4.2) з наступними параметрами:

Кут кроку крокового двигуна 1.8

Габарити: 168x110x110x мм

Момент утримуючий: 240 кг/см

Кількість полюсів: 4

Номінальний струм: 6A

Фазний опір: 12Ом

Індукція: 20мГн

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		38



Рис. 4.2 – двигун NEMA43 110HS168-6004A 6A

4.3. Розрахункова схема для визначення сил затиску труби

Оскільки в даній установці не виникає ні осьових ні радіальних сил різання та інших суттєвих сил, то єдиними силами, з якими потрібно впоратись, аби не виникало провороту патрона відносно деталі – це сили тертя між деталлю та роликками, що підтримують її, а також сили тертя в осях самих роликів. Крім того потрібно вважати, що оскільки деталь циліндрична і не можна допустити, щоб внутрішня поверхня циліндра якось деформувалась, то сила затиску повинна бути мінімальною, лише щоб забезпечити обертання деталі.

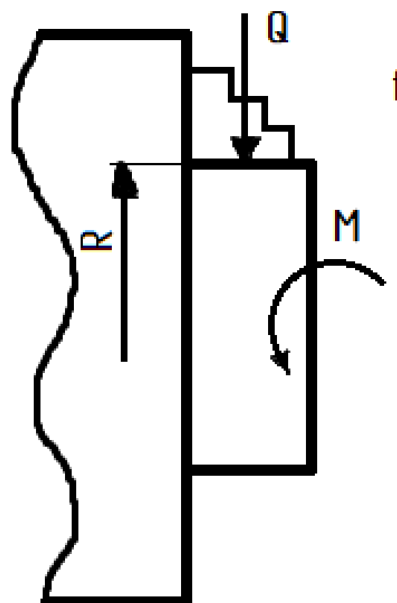


Рис. 4.3 – розрахункова схема

		Столярчук							Аркуш
									39
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

MB92

Заготовка, встановлена в трикулачковому патроні, знаходиться під дією моменту. Сила затиску $W(Q) = KM/3fr$, R – радіус заготовки, f – коефіцієнт тертя її поверхні в кулачках, K – коефіцієнт запасу.

4.4. Результати силового розрахунку і вибір затискного патрона

В якості затискного пристрою використовуватимемо рідний трьохкулачковий патрон верстата 1К62, оскільки він є в наявності.



Рис. 4.4 – Патрон токарний 250 мм 7100-0035П

		Столярчук			МВ92	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розділ 5. Технологічний

5.1. Послідовність виконання технологічних операцій при зварюванні.

Послідовність роботи на установці:

- ручне завантаження деталей, що зварюються, з затискачем «корпуса» (або «штока») в патроні з опорою його на один (або два) супорти і фіксація «кришки» (або «вушини») пневмопритиском;
- натискання оператором кнопки "Пуск", після чого в автоматичному режимі виконуються такі операції:
 - опускання пальника на початок шва;
 - Запалювання дуги при нерухомому виробі;
 - обертання виробу зі зварювальною швидкістю та з регульованим перекриттям початку та кінця шва, а також з коливаннями (при необхідності) пальника;
 - заварка кратера та гасіння дуги;
 - Підйом пальника;
 - Повернення всіх механізмів у вихідне положення;
 - ручне вивантаження звареного виробу.

5.2. Режими зварювання по операціям

При зварюванні важливо враховувати параметри, такі як величина зварювального струму, його рід і полярність, напруга дуги, діаметр електродного дроту і швидкість зварювання. Швидкість подачі електродного дроту має вплив на необхідну величину зварювального струму, щоб розплавити дріт, який подається у зону зварювальної ванни.

При зварюванні дротом суцільного перетину розраховуватиметься за формулою:

$$I_{зв} = dэ*2*a/4=3,14*2*130/4=410 \text{ А.} \quad (5.1)$$

		Столярчук							Аркуш
									41
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					

MB92

де a - щільність струму в зварювальному дроті, А/мм² (при зварюванні в CO₂ $a = 110 - 130$ А/мм²); $d_э$ - діаметр електродного дроту, мм.

Швидкість подачі електродного дроту Швидкість подачі електродного дроту, м/год, розраховується за формулою:

$$V_{пр} = 4acI_{зв} / d_э^2c. \quad (5.2)$$

$$V_{пр} = 11,2 \cdot 410 / 3,14 \cdot 22 \cdot 7,85 = 46,57 \text{ м/год.} \quad (5.3)$$

Де $4ac$ - коефіцієнт розплавлення дроту, г/А·год, $d_э$ - діаметр електродного дроту, мм.

Значення $4ac$ розраховується за формулою:

$$4ac = 3.0 + 0.08I_{зв}/э = 11,2 \text{ г / А} \cdot \text{год} \quad (5.4)$$

Швидкість зварювання, м/год, розраховується за формулою:

$$V_{зв} = a_n \cdot I_{зв} / 100 F_{в} \cdot C_c \quad (5.5)$$

$$V_{зв} = 9,52 \cdot 410 / 100 \cdot 0.3 \cdot 7,85 = 16,57 \text{ м/год} \quad (5.6)$$

Де a_n - коефіцієнт наплавлення, г / А год;

$$a_n = a_p (1 \text{ ш}),$$

де ш- коефіцієнт втрат металу на час і розбризуванню.

При зварюванні CO₂ ш = 0,1 - 0,15; []

		Столярчук			MB92	Аркуш
						42
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

5.3. Розробка управляючої програми

Оскільки в вільному доступі спеціальних програм для розробок керуючих програм немає, я вирішив запропонувати власний спосіб, який дозволить отримати керуючу програму для різних видів зварних швів, базується він на використанні будь-якої CAD-системи та будь-якого слайсера для 3D-друку.

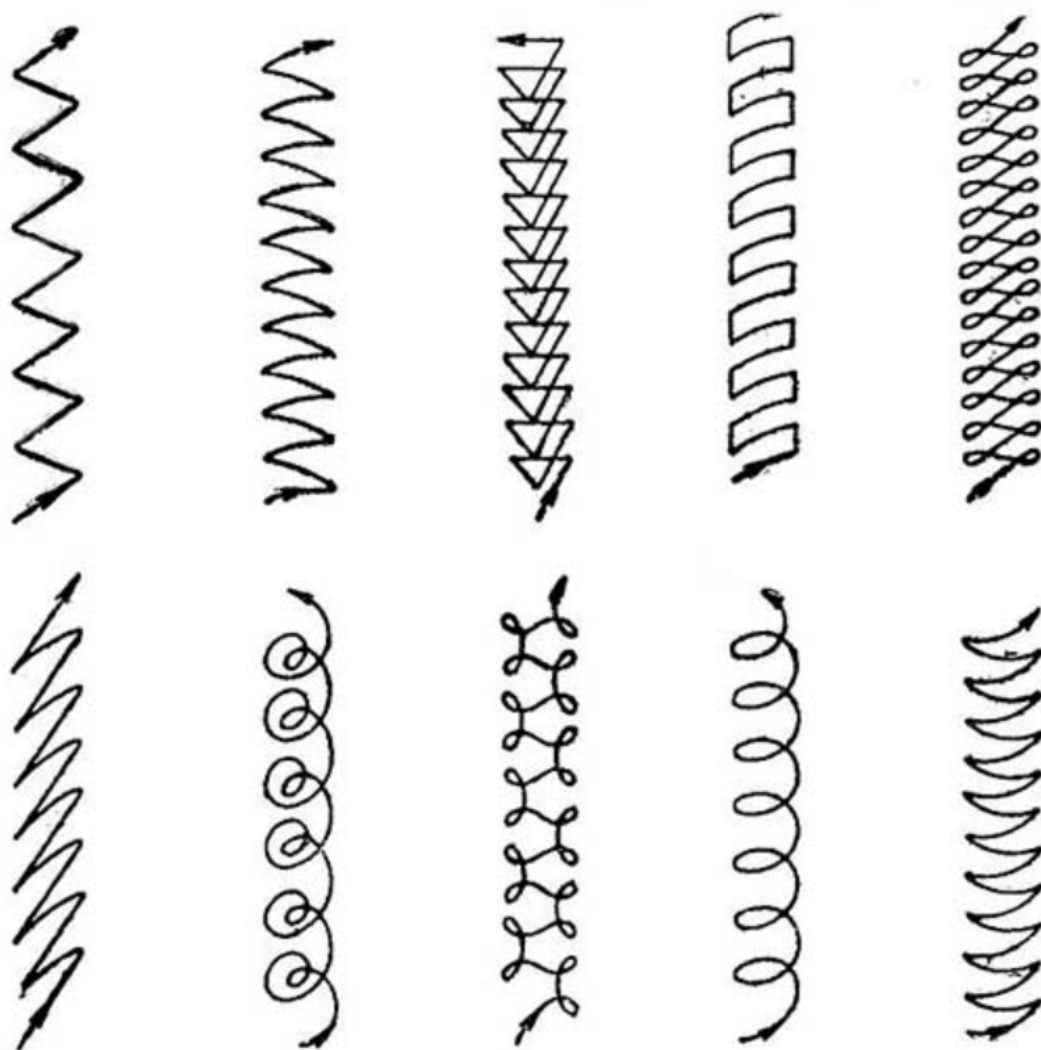


Рис. 5.1 – траєкторії різних зварних швів.

Суть методу полягає в тому, що спочатку в CAD-програмі ми моделюємо твердотільну модель, в яку поміститься одна лінія шириною рівною ширині сопла, для прикладу 0,4 мм, геометрію цього шва можна зробити будь-якою і, що найприємніше, її можна параметризувати, що дозволить потім змінювати певні розміри для того, щоб зробити іншу програму для роботи з іншою заготовкою.



Рис. 5.2 – приклад твердотільної моделі шва, зробленої в SolidWorks

Наступним кроком ми експортуємо цю модель в форматі «stl» в слайсер для 3D-друку, наприклад Cura чи PrusaSliser і там нібито налаштовуємо процес друку, там можна задати багато різних параметрів, але найнеобхідніші нам параметри - швидкість та прискорення формоутворюючих рухів.

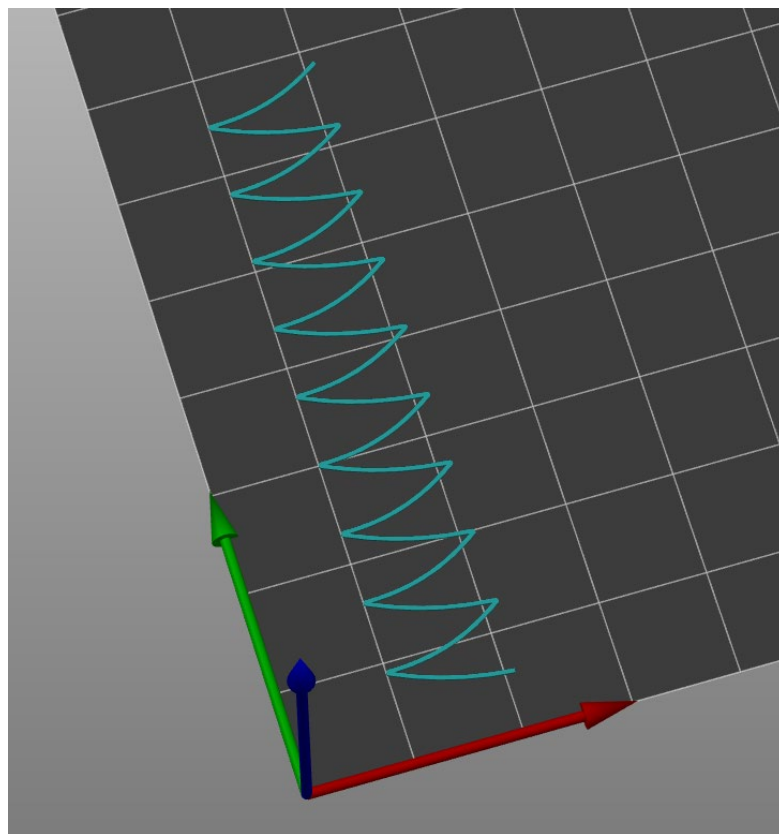


Рис. 5.3 - Шов в середовищі для створення програми для 3D-друку

Після запуску генерації коду ми отримуємо програму для 3D-друку, нам потрібна середина цієї програми, в якій міститься G-код траєкторії руху. Так звані початковий та завершальний G-коди можна написати вручну, це всього кілька рядків, які залежатимуть від того які дії запланує програміст, який створюватиме програму. (Додаток Б)

```
G1 F1058.8 X9.051 Y4.559
G1 F839.6 X8.812 Y4.752
G1 X9.084 Y4.953
G1 F1058.8 X19.577 Y7.766
G1 F839.6 X19.849 Y7.967
G1 X19.61 Y8.16
G1 F1058.8 X9.051 Y10.989
G1 F839.6 X8.812 Y11.182
G1 X9.084 Y11.383
G1 F1058.8 X19.577 Y14.197
G1 F839.6 X19.849 Y14.398
G1 X19.61 Y14.591
G1 F1058.8 X9.051 Y17.42
G1 F839.6 X8.812 Y17.613
G1 X9.084 Y17.814
G1 F1058.8 X19.577 Y20.628
G1 F839.6 X19.849 Y20.829
G1 X19.61 Y21.022
G1 F1058.8 X9.051 Y23.851
G1 F839.6 X8.812 Y24.044
G1 X9.084 Y24.245
G1 F1058.8 X19.577 Y27.058
G1 F839.6 X19.849 Y27.259
G1 X19.61 Y27.452
```

Рис. 5.4 – Фрагмент коду траєкторії шва

		Столярчук				Аркуш
						45
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	MB92	

Розділ 6. Організаційно-економічний

6.1. Рекомендації по впровадженню автоматизованої установки для зварювання у виробництво

Автоматизація є необхідною умовою для успіху сучасного підприємства. Автоматизовані підприємства мають значну перевагу над тими, які не використовують автоматизацію. Автоматизація може бути комплексною або частковою. Якщо підприємство використовує комплексну автоматизацію, йому забезпечений успіх.

Практично доведено, що автоматизація суттєво знижує витрати на енергетичні ресурси, що сприяє значній економії коштів, що є вигідним як для великих, так і для малих підприємств. Крім того, завдяки автоматизації значно збільшується обсяг продукції, яку виробляє підприємство, а також знижується її собівартість.

Завдяки автоматизованим системам людина звільняється від важкої роботи та праці в шкідливих для життя середовищах. Вона більше не виконує роботу вручну, а лише контролює виконання цієї роботи автоматизованим механізмом. Більшість процесу контролю автоматизованої системи здійснюється на безпечній відстані для людини.

В будь-якому випадку автоматизація є вигідною для підприємства, але важливо врахувати витрати на впровадження автоматизації і знайти часовий період, протягом якого ці витрати окупляться.

Роботизовані зварювальні системи забезпечують швидкість, точність та повторюваність технологічних операцій при виготовленні металоконструкцій. Це може підвищити продуктивність та стабільність, а також зменшити невиробничі витрати на виправлення дефектів.

Багато компаній інвестують у автоматизацію з метою економії коштів. Нестача кваліфікованих зварювальників також стимулює впровадження автоматизованого зварювання.

		Столярчук			MB92	Аркуш
						46
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Проте, для досягнення максимального економічного ефекту необхідно враховувати інші аспекти, пов'язані з ефективним функціонуванням роботизованої зварювальної системи (РЗС). Недбалість до вибору зварювального обладнання, матеріалів та допоміжного обладнання для збирання та контролю, недостатня підготовка операторів та неправильна організація профілактичного обслуговування можуть призвести до недосягнення бажаних результатів. Роботизована зварювальна система може бути ефективною у виробничому циклі, але також може стати "слабким місцем" і призвести до збільшення виробничих витрат через простої та необхідні додаткові роботи під час експлуатації. Щоб РЗС стала основою перетворення виробничого процесу та забезпечила виготовлення якісної продукції з мінімальними витратами, важливо дотримуватися порад інтеграторів, які мають необхідні інженерні знання та досвід.

6.2. Розрахунок економічного ефекту від впровадження

Точні цифри економічного ефекту на даному етапі важко вказати,

		Столярчук			MB92	Аркуш
						47
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Висновки

Метою даної роботи було дослідження та огляд існуючих ротаційних зварювальних установок, вивчення умов їх ефективного використання та виявлення напрямків подальших досліджень для покращення методів планування й організації робіт. Основна мета полягала у створенні універсальної установки, яка була б здатна виробляти функціональні та якісні гідроциліндри за доступну ціну для українських підприємств, що займаються виготовленням спецтехніки. Це дозволить уникнути закупівлі дороговартісних імпорتنих гідроциліндрів. Впровадження такої установки має потенціал для широкого застосування в українській машинобудівній промисловості, сприяючи розвитку та конкурентоспроможності національного сектора виробництва спецтехніки.

Для досягнення поставленої мети було проведено аналіз напрямків та тенденцій створення автоматизованого зварювального обладнання, патентно-інформаційні дослідження, розрахунки та конструювання обладнання з використанням САД-систем. Також був проведений аналіз технологічних нюансів для створення інструкцій роботи з установкою. Організаційно-економічний аналіз дав змогу обґрунтувати важливість роботи, виявити потенційний ефект на економічні показники та показники приросту продуктивності виробництва.

Загалом, робота спрямована на створення універсальної установки для виготовлення гідроциліндрів, що має потенціал для впровадження в українській машинобудівній промисловості. Дані дослідження вказують на необхідність подальшого вдосконалення методів планування й організації робіт у цій галузі для досягнення максимального ефективного використання ротаційних зварювальних установок.

		Столярчук			МВ92	Аркуш
						48
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Література

1. Carpano Hydraulic Cylinders Welding - <https://www.carpano.it/2017/07/17/hydraulic-cylinders-welding/> -
2. Haoyu Welding - Pipe and Nipples Automatic Welding Machine - <https://www.haoyuwelding.com/automatic-welding-machine/automatic-pipe-welding-machine/pipe-and-nipples-automatic-welding-machine.html>
3. Kuznetsov Yu. M. Morphological synthesis of the universal rotary welding device. Journal of the Technical University of Gabrovo 66 (2023) 1-4
4. Kuznetsov Yu.N. Challenges of the Fourth Industrial Revolution "Industry 4.0" for Ukrainian scientists //Vestnik KhNTU, No.2 (61), 2017, pp. 67-75.
5. Kuznetsov Yuriy Morphological synthesis of the universal rotary welding device //Journal of the Technical University of Gabrovo, vol. 66 (2022), pp. 1-4
6. Modulnoe oborudovanie dlya gibkikh proizvodstvennykh sistem mekhanicheskoy obrabotki: Spravochnik; Pod red. R.E Safragana.-K.: Tekhnika, 1989.-175 s.
7. Navko-Tekh: Ustanovky Navko-Tekh dlya zvaryuvannya hidrotsylindriv - <https://navko-teh.kiev.ua/publikatsii/93-ustanovky-navko-tekh-dlia-zvariuvannia-hidrotsylindriv>
8. Osoblivosti zvaryvalnikh robotiv - <https://zvarka.info/osoblivosti-zvaryvalnix-robotiv/>
9. Osnovni vuzli tokarno-gvintoriznikh verstativ, yikh budova ta pryznachennya - <https://bcpl.pto.org.ua/index.php/dopomoga/itemlist/category/259-3-3-osnovni-vuzli-tokarno-gvintoriznikh-verstativ-jikh-budova-ta-priznachennya>
10. Pipe and Nipples Automatic Welding Machine - Welkon Welding - https://www.welkonwelding.com.tr/circular-welding-machine-circular-welding-automation-systems-circular-welding-systems-tank-welding-machine-cylinder-welding-machine_5_u_en.html

		Столярчук								Аркуш
										49
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

MB92

11. Rozrakhunok vibir rezhimiv zvaryuvannya - https://vuzlit.com/746584/rozrakhunok_vibir_rezhimiv_zvaryuvannya
12. Timchenko V. A., Sukhomlyn A.A. Robotizatsiya svarochnogo proizvodstva. – K.: Tekhnika, 1988.-175 s.
13. Yak pravylno varyty truby elektrozvarkoyu - <https://zvarka.info/yak-pravylno-varyty-truby-elektrozvarkoyu/>

		Столярчук			MB92	Аркуш
						50
Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Додатки

		Столярчук			MB92	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

ПП «Транс-Авто-Д»

Мельник В. П.

2023 р.



АКТ ПЕРЕДАЧІ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ

« _____ » _____ 2023 р.

Ми, що нижче підписалися, представники ПП «Транс-Авто-Д», та представники НН ММІ КПІ ім. Ігоря Сікорського завідувач кафедри Конструювання машин проф. Данильченко Ю. М. та студент гр. МВ-92 бакалаврського рівня освіти (освітня програма «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів і машин») Столярчук Д. П. підписали цей акт тому, що представниками НН ММІ КПІ ім. Ігоря Сікорського передані, а представниками ПП «Транс-Авто-Д» прийняті для розгляду щодо можливого впровадження на ПП «Транс-Авто-Д» результати бакалаврської дипломної роботи Столярчука Дениса Павловича на тему «Автоматизована установка для зварювання труб із додаковими елементами» в частині розробки автоматизованої установки, яка дозволить підвищити кількість та якість виготовлених на підприємстві гідроциліндрів.

Розроблена конструкція може бути корисною при остаточному обранні варіанту підвищення техніко-економічної ефективності виробництва.

Зі свого боку, кафедра Конструювання машин не викладатиме матеріали бакалаврсько-дипломної роботи Столярчука Д. П. для загального доступу.

Від ПП «Транс-Авто-Д»		Від НН ММІ КПІ ім. Ігоря Сікорського
Директор Мельник В. П.		Завідувач кафедри КМ Данильченко Ю. М.
Головний конструктор Шевчук В. В.		Студент II курсу гр. МВ-92 Столярчук Д. П.