

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Технологія виготовлення і ремонту дверцят автомобіля із застосуванням роботизованого зварювання

Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 27 Транспорт
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма: Автомобільний транспорт

Шифр: КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу,
група АТ-22-1

 Владислав ВОЗНИЙ

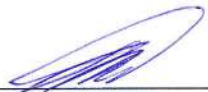
Керівник, д.т.н., професор

 Олександр ДИХА

Нормоконтролер, к.т.н., доцент

 Олег БАБАК

До захисту допускаю:
завідувач кафедри ТАМ

 Олександр ДИХА

16 06 2026 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти: перший бакалаврський
Галузь знань: 27 Транспорт
Спеціальність: 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма: Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ
Олександр ДИХА

" 15" квітня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Возний Владислав Володимирович

1. Тема роботи: **Технологія виготовлення і ремонту дверцят автомобіля із застосуванням роботизованого зварювання**

Керівник роботи: Диха Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7

2. Строк подання студентом роботи на кафедру: 15.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- 1) Дані про будову кузова автомобіля
- 2) Технічні умови виготовлення дверцят кузова автомобіля
- 3) Матеріали переддипломної практики.
- 4) Нормативно – технологічна документація
- 5) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз конструктивних особливостей кузовної деталі автомобіля
2. Розробка технології і устаткування для автоматичного зварювання елементів автодверцят
- 3 Розробка технологічного процесу зварювання дверцят автомобіля
4. Розробка контрольних операцій і технології контролю якості

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання: 20 квітня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз конструктивних особливостей кузовної деталі автомобіля	1.05.2026	
2	Розробка технології і устаткування для автоматичного зварювання елементів автодверцят	15.05.2026	
3	Розробка технологічного процесу зварювання дверцят автомобіля	30.05.2026	
4	Розробка контрольних операцій і технології контролю якості	10.06.2026	

Студент

Возни Владислав ВОЗНИЙ

Керівник кваліфікаційної роботи

[Підпис] Олександр ДИХА

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 65 сторінок, кількість рисунків - 44, таблиць - 1, додатків - 1 , кількість джерел згідно із переліком посилань - 15.

Студент гр. АТ-22-1 Возний В.В.

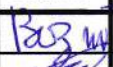



Тема «Технологія виготовлення і ремонту дверцят автомобіля із застосуванням роботизованого зварювання»

У роботі розглянуто питання розробки технології виготовлення та ремонту дверцят автомобіля в умовах автоматизованого виробництва. Проведено аналіз конструктивних особливостей дверцят як складного елемента кузова, що визначає вимоги до процесів складання та зварювання. Розроблено технологічний процес з'єднання елементів дверцят із застосуванням точкового контактного зварювання, що включає операції базування, фіксації, притиску та зварювання. Запропоновано конструкцію позиціонуючої станції та захватних пристроїв, які забезпечують точне взаємне розташування деталей і стабільність процесу складання. Обґрунтовано вибір зварювального обладнання та параметрів процесу, зокрема зусилля притиску та геометрії електродів. Особливу увагу приділено питанням обслуговування інструменту та контролю якості зварних з'єднань. Показано можливість використання розроблених рішень не лише у виробництві, але й при ремонті кузовних елементів, що дозволяє підвищити ефективність і якість відновлювальних робіт.

Ключові слова: дверцята автомобіля, точкове контактне зварювання, , технологія виготовлення, ремонт кузова, захватний пристрій, позиціонуюча станція, зварювальний пістолет

Зміст

ВСТУП	6
1. Аналіз конструктивних особливостей кузовної деталі автомобіля.....	8
2. Розробка технології і устаткування для автоматичного зварювання елементів автодверцят	
2.1. Послідовність виконання операцій.....	13
2.2. Аналіз точок зварювання конструкції дверцят.....	14
2.3 Опис конструкції пристрою для автоматизованого виконання кузовних робіт.....	16
2.4 Розробка обладнання для транспортування автодверцят.....	19
2.5. Позиціювання точкового зварювання.....	21
2.6. Визначення типу зварювального пристрою.....	29
2.7. Характеристика руху пристрою.....	30
3 Розробка технологічного процесу зварювання дверцят автомобіля	
3.1 Вибір обладнання для зварювання.....	37
3.2 Конструкція зварювального пістолета.....	39

						КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологія виготовлення і ремонту дверцят автомобіля із застосуванням роботизованого зварювання			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.	Возний									4	70
Перевір.	Диха							ХНУ, гр. АТ-22-1			
Н.контр.	Бабак										
Затвер	Диха										

4. Розробка контрольних операцій і технології контролю якості

4.1 Діагностика перевірки позиціювання.....	45
4.2 Аналіз стану і обслуговування елементів пістолету зварювання.....	47
4.3. Контроль процесу точкового зварювання.....	49
4.4. Калібрування інструменту.....	51
Висновки	58
Література	61
Додатки	63

Вступ

Сучасний розвиток техніки характеризується стрімким впровадженням автоматизованих та інтелектуальних систем у всі сфери виробництва. Те, що ще кілька десятиліть тому розглядалося як перспективні концепції, сьогодні стало невід'ємною складовою промислових процесів. Автоматизація, цифровізація та використання програмно-керованих систем забезпечують підвищення продуктивності, точності та безпеки виконання технологічних операцій.

Одним із ключових напрямів науково-технічного прогресу є розвиток робототехнічних систем, які дозволяють виконувати складні виробничі операції без участі людини або з мінімальним її втручанням. Такі системи широко застосовуються у машинобудуванні, зокрема в автомобілебудуванні, де вони забезпечують стабільну якість продукції, високу швидкість складання та зниження впливу людського фактору.

Сучасні виробничі підприємства орієнтуються на гнучкі виробничі системи, що дозволяють швидко адаптуватися до зміни номенклатури продукції. Основою таких систем є модульний принцип побудови, який передбачає використання автоматизованих виробничих дільниць, оснащених промисловими роботами, системами транспортування та контролю. Перехід від окремих автоматизованих операцій до комплексних інтегрованих виробництв є важливою умовою підвищення ефективності сучасного машинобудування.

У галузі автомобілебудування особливу роль відіграють роботизовані зварювальні дільниці, які забезпечують виготовлення елементів кузова з високою точністю та повторюваністю. Використання промислових роботів у таких процесах дозволяє оптимізувати виробничі потоки, підвищити якість з'єднань та

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

забезпечити безпечні умови праці.

У зв'язку з цим актуальним є завдання проєктування автоматизованих виробничих дільниць із раціональним розміщенням обладнання, організацією транспортних потоків та забезпеченням вимог безпеки.

Метою роботи є проєктування виробничої дільниці кузовного складання автомобіля із застосуванням промислових роботів, що забезпечує ефективну організацію технологічного процесу, раціональне розміщення обладнання та безпечні умови експлуатації.

Завдання кваліфікаційної роботи

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробити схему технологічного процесу складання виробу;
- виконати компоновання виробничої дільниці з урахуванням розміщення обладнання;
- спроектувати зварювальне оснащення для позиціонування та фіксації деталей;
- обґрунтувати вибір типу промислових роботів на основі розрахунку навантажувальних характеристик;
- створити симуляційну модель роботи виробничої дільниці;
- розробити та налаштувати траєкторії руху роботів;

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Аналіз конструктивних особливостей кузовної деталі автомобіля

Дверцята автомобіля є важливим конструктивним елементом кузова, який виконує одночасно функції забезпечення доступу до салону, захисту пасажирів від зовнішніх впливів, а також участі у формуванні загальної жорсткості кузова транспортного засобу. Конструкція дверей повинна відповідати вимогам міцності, безпеки, ергономічності, герметичності, технологічності виготовлення та естетичності.

Сучасні автомобільні двері мають складну багатокомпонентну структуру, яка включає силові та облицювальні елементи, механізми відкриття, склопідйомні системи, ущільнення та допоміжні вузли. Основу конструкції складає так звана дверна коробка, що формується з двох основних панелей: зовнішньої та внутрішньої.

Зовнішня панель дверей виконує функцію облицювання та формує зовнішній вигляд автомобіля. Вона виготовляється, як правило, із тонколистової сталі або алюмінієвих сплавів методом холодного штампування. До неї висуваються підвищені вимоги щодо якості поверхні, оскільки вона підлягає фарбуванню та визначає естетичні характеристики автомобіля. Геометрія зовнішньої панелі повинна забезпечувати аеродинамічні властивості та відповідність дизайнерським рішенням.

Внутрішня панель дверей виконує несучу функцію та слугує основою для встановлення всіх внутрішніх елементів. Вона має складну форму з ребрами жорсткості, отворами для монтажу механізмів та технологічними зонами для кріплення обладнання. Внутрішня панель також виготовляється методом штампування і забезпечує необхідну міцність конструкції при відносно невеликій масі.

Між зовнішньою та внутрішньою панелями формується замкнута коробчаста конструкція, яка значно підвищує жорсткість дверей. З'єднання панелей здійснюється за допомогою точкового зварювання, лазерного

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

зварювання або клеє-зварних технологій. У сучасному виробництві широко застосовуються комбіновані методи з'єднання, що дозволяють зменшити масу конструкції та підвищити її міцність.

Важливим елементом дверей є підсилювачі, зокрема бічні балки безпеки. Вони встановлюються всередині дверей і призначені для поглинання енергії удару при бокових зіткненнях. Ці елементи виготовляються з високоміцних сталей і суттєво підвищують пасивну безпеку автомобіля.

До складу дверей входить механізм відкривання та закривання, який включає замок, ручки (зовнішню і внутрішню), тяги та приводи. Замок забезпечує фіксацію дверей у закритому положенні та взаємодіє з відповідною частиною на кузові. Сучасні системи часто оснащуються електроприводами центрального замка та системами безключового доступу.

Склопідйомний механізм є ще одним важливим вузлом дверей. Він забезпечує переміщення скла у вертикальному напрямку і може бути механічним або електричним. Найбільш поширеними є електросклопідйомники, які керуються з панелі управління. Конструкція склопідйомника включає напрямні, каретку, тросовий або рейковий механізм та електродвигун.

Автомобільне скло, що встановлюється в дверях, виготовляється із загартованого або ламінованого скла. Воно повинно мати високу прозорість, міцність та безпечні властивості руйнування. Скло переміщується у спеціальних направляючих, які забезпечують його стабільність та герметичність.

Герметизація дверей забезпечується системою ущільнень, які розташовуються по периметру дверного прорізу та безпосередньо на дверях. Ущільнювачі виготовляються з еластомерних матеріалів і запобігають проникненню води, пилу та шуму в салон автомобіля. Вони також сприяють зниженню вібрацій та покращенню акустичного комфорту.

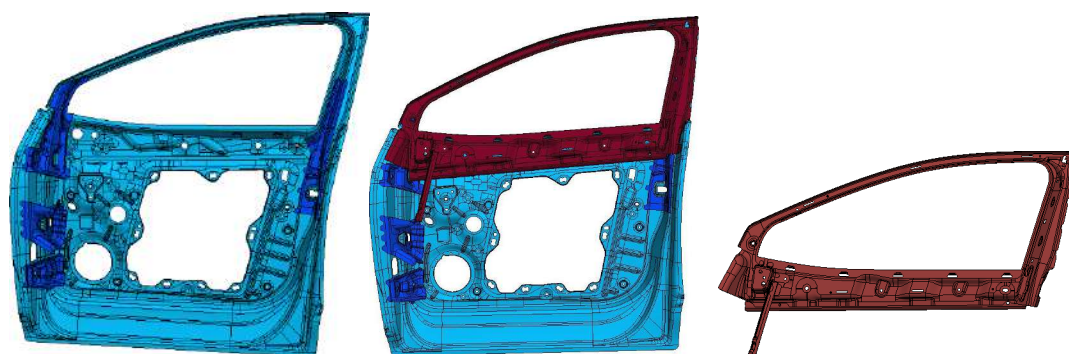
Для підвищення комфорту та безпеки двері оснащуються додатковими

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

елементами, такими як внутрішні облицювальні панелі, шумо- та віброізоляційні матеріали, електропроводка, динаміки аудіосистеми, датчики та модулі керування. Внутрішнє облицювання виконує декоративну функцію та забезпечує зручність користування дверима.

Кріплення дверей до кузова здійснюється за допомогою петель, які забезпечують їх обертання відносно вертикальної осі. Петлі повинні витримувати значні навантаження та забезпечувати плавність відкривання і закривання дверей. Для обмеження кута відкривання застосовуються спеціальні обмежувачі.

Особливу увагу при проектуванні дверей приділяють їх масі. Зменшення маси досягається шляхом використання легких матеріалів, оптимізації геометрії та застосування сучасних технологій з'єднання. Це дозволяє підвищити паливну економічність транспортного засобу та знизити викиди шкідливих речовин.



A

Б

в

Рисунок 1 - Схема складання дверцят на дільниці цеху, що проектується.

Таким чином, дверцята автомобіля є складною інженерною системою, яка поєднує в собі функції конструкційного елемента кузова, захисного бар'єру та ергономічного вузла. Їх конструкція формується з урахуванням

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

вимог безпеки, технологічності виробництва та сучасних тенденцій розвитку автомобілебудування. Раціональне проектування дверей є важливим фактором забезпечення надійності, довговічності та комфорту експлуатації транспортного засобу. На ділянці цеху, що проектується, відбувається встановлення та приварювання панелі до дверцят. На рисунку 1 представлена схема складання дверцят: до отриманої на попередньому етапі дверцят (а) приєднується панель (б). Приєднання панелі здійснюється за допомогою точкового контактного зварювання. Вихідними для проектування є: моделі автодеталей; точки притиску дверцят; зварювальні точки. Місця притиску визначаються за умов технологічного процесу збирання на поточному етапі. Оскільки до існуючої дверцят (а) приєднується панель (б), яка не закріплена на дверцят (а), то необхідно спроектувати механізм затиску таким чином, щоб у процесі встановлення панелі не відбулося зміщення панелі. З урахуванням вищесказаного для того, щоб зафіксувати дверцята, і панель необхідно збільшити кількість точок притиску при цьому не заважаючи процесу зварювання.

На рисунку 2 показано зразкове розташування точок притиску.

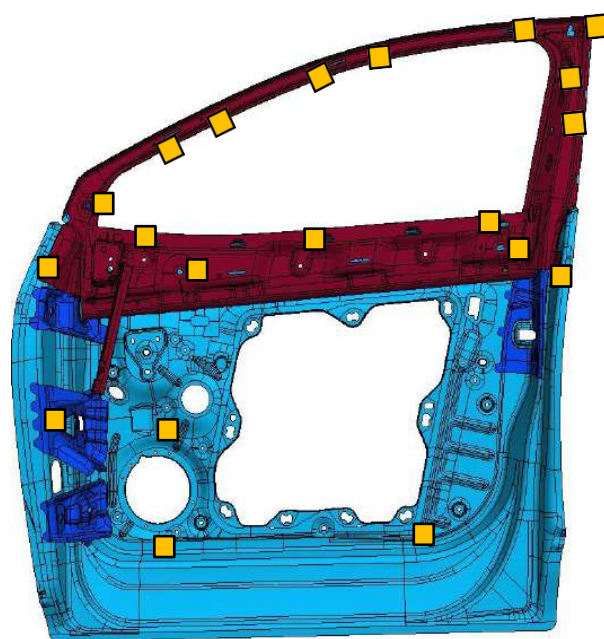


Рисунок 2 – Точки притиску дверцят

						КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			11

Для того, щоб визначити яка область дверцят буде зайнята зварювальним пістолетом і як правильно розташувати притискні механізми, щоб було можливо реалізувати зварювання в необхідних місцях, потрібно визначити всі зварювальні точки і підібрати відповідні зварювальні пістолети, після визначення типів зварювальних пістолетів складається масив зварювальних точок, для нагляду. Після отримання масиву зварювальних точок слід розпочинати проектування захватного пристрою з урахуванням вільного простору.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

2. Розробка технології і устаткування для автоматичного зварювання елементів автодверцят

2.1. Послідовність виконання операцій

Час циклу пристрої проектованої ділянки цеху становить 75сек, це означає, що всі пристрої, що беруть участь у процесі збирання, повинні завершити всі свої операції протягом 75 секунд і передати результуючу дверцята на наступну ділянку складання.

На рисунку 3 представлено планування розташування обладнання та послідовності пристрої. Пристрої з номерами 1 і 2 виконують функцію транспортування і оснащуються захоплюючими пристроями. Пристрої з номером 0 роблять точкове зварювання дверцят. Цикл починається з того, що пристрій сусідньої ділянки встановлює дверцята у захватний пристрій пристрою . Після передачі дверцят пристрої 0R1- R2-R3 починають зварювання. Після закінчення процесу зварювання пристрій 2 знімає дверцята із захватного пристрою і завішує її на стельовий конвеєр 4 для передачі на наступний етап складання.

Опишемо послідовність операцій для дверцят:

- фіксація захватного пристрою станції 0;
- встановлення дверцят в захватний пристрій ;
- зварювання у станції 0;
- звільнення дверцят із захватного пристрою ;
- зняття дверцят пристрійом 2;
- Установка дверцят на стельовий конвеєр 4.

У таблиці 1 наведено докладний опис послідовності збирання пристроїв.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 1 - Опис послідовності операцій

№ операції	Опис процесу	Час виконання
1	Встановлення дверцят пристроєм із суміжної ділянки до станції	0
2	Поворот із позиції СТАРТ до зварювальної станції	2
3	Фіксація захватного пристрою у станції ST0	4
4	фіксація дверцят (Від пристрою 5110R44)	4
5	процес точкової зварювання дверцят пристроями OR	35
6	Звільнення дверцят з захватного пристрою (зняття дверцят)	2
7	Звільнення захватного пристрою зі станції ST0	2
8	Повернення у позицію СТАРТ	2

2.2. Аналіз точок зварювання конструкції дверцят

На рисунку 3 показано розташування зварювальних точок для пристроїв.

заважаючи їм працювати. Для того, щоб уникнути перекриття робочої області, необхідно спланувати послідовність зварювання кожної точки виходячи з віддаленості точок між собою. Таким чином, щоб пристрої не заважали одна одній у процесі паралельної пристрої. Однак, складання послідовності обробки зварювальних точок стане можливим лише після того, як буде визначено тип пристрою, тип зварювального пістолета та з'явиться дизайн зварювального оснащення. — столи для кріплення дверцят.

Для виконання всіх технологічних операцій у ділянці складального цеху, що розробляється, будемо використовувати промислові пристрої, вибір якого буде здійснюватися на підставі розрахунків навантаження на основні осі пристрою. Система безпеки вибудовується на основі існуючих ліній захисних огорож з урахуванням можливої присутності робітника в безпосередній близькості до захисних огорож.

2.3 Опис конструкції пристрою для автоматизованого виконання кузовних робіт

Для організації автоматизованого виробництва кузовного складання автомобіля застосовуються промислові пристрої високою вантажопідйомністю. Існує велика кількість виробників промислових пристроїв по всьому світу. Основні виробники це: KUKA Robotics, Fanuc, ABB. Найбільшого поширення в Росії та Європі набули промислові пристрої німецького виробництва. Висока точність, зручність програмування, компактність розташування допоміжного обладнання та широкий вибір моделей робить ці промислові пристрої дуже популярними у виробників.

Розглянемо основні елементи промислового пристрою KUKA

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

серії легких пристроїв, які називають KR QUANTEC, корисне навантаження 120-300кг. На рисунку 6 представлені основні елементи конструкції промислового пристрою KUKA. Схема обертання осей пристрою представлена на рисунку 7. Кабелі провідний шланг 11 використовується для підключення обладнання, яке закріплене на фланці пристрою 7. У разі закріплення зварювального пістолета в кабелі шлангу, що проводить, прокладають підведення охолоджуючої рідини і живлення зварювальних кліщів. У разі закріплення захватного пристрою прокладаються: кабелі живлення, пневмошланги для керування затискними механізмами; сигнальні кабелі датчиків та інше.



Рисунок 5 – Основні елементи конструкції промислового пристрою KUKA

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ				

2.4 Розробка обладнання для транспортування автодверцят

Для надійної фіксації дверцят у процесі зварювання необхідно розрахувати зусилля притиску та визначитися з типом притискного механізму. Зварювальне оснащення, що розробляється складальною ділянкою цеху, проектується на підставі стандарту EGT (Euro-Greiffer- Tooling). Однією з фірм, що випускає пневматичні затискні механізми, сумісні зі стандартом EGT, є фірма “Tunkers”. З низки параметрів визначимо тип затискного механізму, що задовольняє умовам проекту складання дверцят [16].

Зовнішній вигляд затискного механізму представлений рисунком 8. Технологічні особливості цього пристрою дозволяють плавно налаштовувати кут відкриття межах від 50 до 1350; має протиударний блок контактів і має термін експлуатації 3 мільйони циклів спрацьовування.



Рисунок 7 – Зовнішній вигляд пневматичного затискача

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Після визначення необхідної сили затиску залежно від положення виготовленої деталі необхідно визначити момент затиску

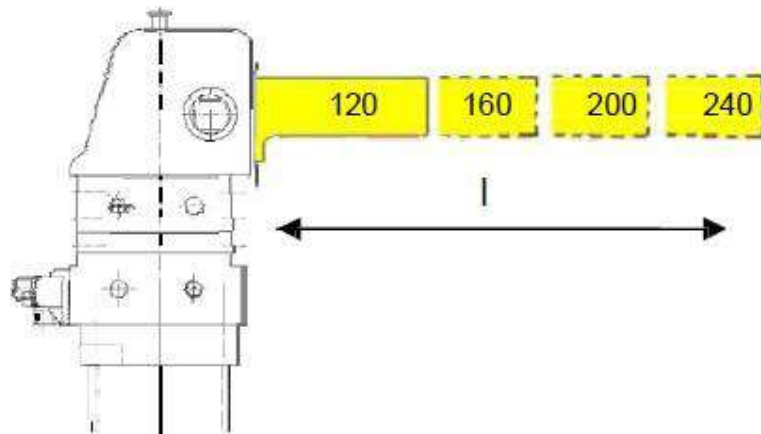
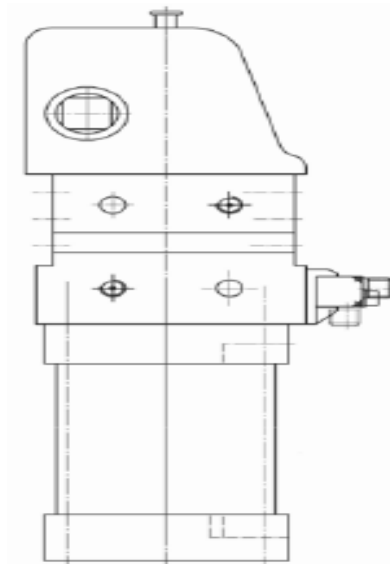


Рисунок 9 – Визначення довжини затискного важеля

За отриманим значенням визначаємо з каталогу тип затиску, що



застосовується: V50.1 (рисунок 10).

Рисунок 9 – Затискач з механізмом важеля V50.1

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Характеристики обраного затискного механізму становлять: діаметр пневматичного циліндра — 50 мм; ефективний затискний момент — 80 Н·м; маса — 4,3 кг; витрата стисненого повітря — 290 см³ за цикл.

Для інших елементів захоплення зазначеного значення затискного моменту (80 Н·м) є достатньо для забезпечення надійного притиску деталей у процесі складання. Загальна кількість затискних механізмів визначається числом точок притиску та становить 16 одиниць.

Фіксуючі циліндри застосовуються без додаткових розрахунків силових параметрів, оскільки їх геометрія визначається діаметром базових отворів у деталях. Основною функцією цих елементів є запобігання взаємному зміщенню деталей у площині притиску та забезпечення точного позиціонування. Кількість фіксуючих циліндрів відповідає числу базових отворів і становить 2 одиниці.

Технологічний процес складання на розглядуваній ділянці передбачає з'єднання двох автокомпонентів, як показано на рисунку 1. Складання здійснюється безпосередньо на проєктованій роботизованій станції. Оскільки до моменту зварювання деталі не мають жорсткого зв'язку між собою, існує ймовірність їх взаємного зміщення. З метою запобігання цьому передбачено використання додаткових точок притиску, які забезпечують стабільність взаємного положення деталей.

2.5. Позиціонування точкового зварювання

Основним функціональним призначенням проєктованої станції є виконання позиційного точкового контактного зварювання

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

двох окремо встановлених автодеталей. У зв'язку з особливостями процесу застосування EGT-технології обмежується використанням лише окремих її елементів.

Конструктивно станція закріплюється на фланці шостої осі роботизованого пристрою та являє собою робочу платформу (стіленьницю), на якій змонтовані затискні механізми і центруючі циліндри. Стіленьниця виготовлена з алюмінієвого сплаву, має товщину 30 мм та оснащена технологічними вирізами, що дозволяють зменшити масу конструкції без втрати її жорсткості.

Для забезпечення точного позиціонування станції у просторі передбачено використання спеціальних позиціонувальних плит різної конфігурації, які забезпечують надійне та точне з'єднання з відповідною частиною конструкції.

На рисунку 11 представлений зовнішній вигляд стіленьниці з просвердленими отворами для встановлення затискачів із встановленим пневмовузлом та рим болтами для транспортування:

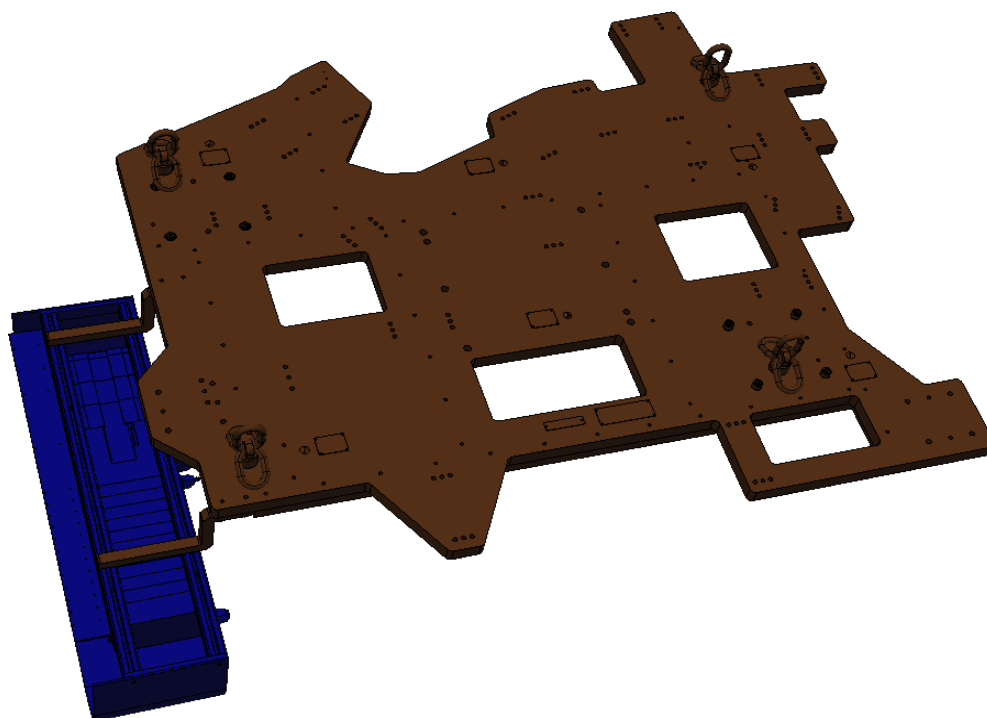
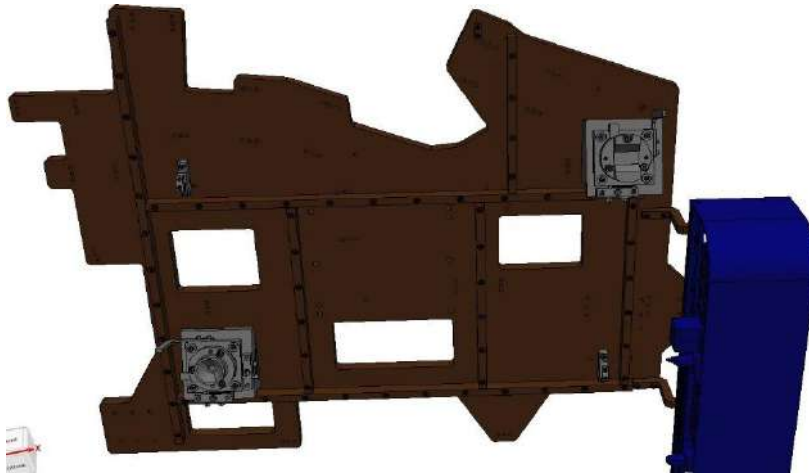


Рисунок 11 – Стіленьниця станції позиціонування для точкової

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

контактного зварювання

На рисунку 12 представлений вид стільниці зі зворотного боку із встановленими позиціонуючими платами.



- 1 – плата, виконана у формі конуса, для виключення зміщення у площині ХУ;
- 2 - плата у вигляді паралелепіпеда для виключення повороту стільниці;

Рисунок 12 – Стільниця станції, що позиціонує, з зворотного боку

Завершені варіант проектованої стільниці містить 16 затискних механізмів, чотири датчики присутності (по два датчики на кожну встановлювану дверцята), циліндри, що позиціонують, для кожної з дверцят і додаткові центруючі плати збоку для виключення зміщення нахилу в процесі установки. На рисунку 13 представлена проектована станція:

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

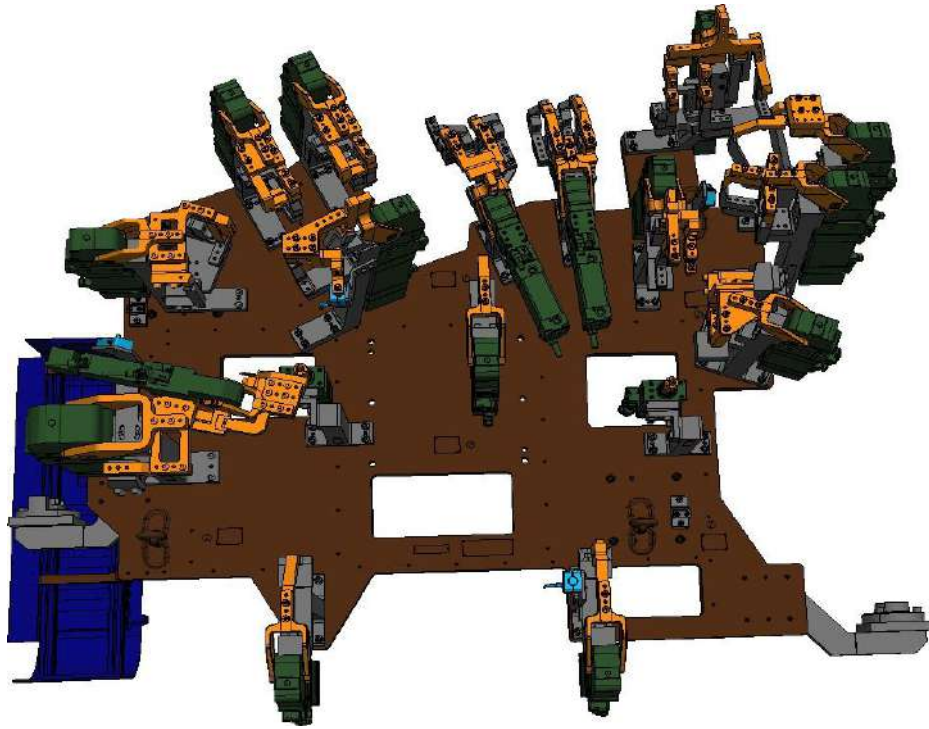


Рисунок 13 – Позиціонуєча станція для контактного зварювання

Перевірка коректного дизайну станції здійснювалася у відкритому положенні станції із встановленими автодеталлями. Критерій оцінки були такими:

- дверцят (основне складання + нова) вільно можуть бути встановлені в станцію без зіткнень із відкритим положенням стільниці;
- положення циліндрів, що позиціонують, не заважає установки автозапчастини;
- після завершення процесу зварювання складання може бути вільно знято зі станції без зіткнень;
- у процесі зварювання ніякі елементи конструкції станції не заважають зварювальним кліщам зробити зварювання в зазначених місцях;
- при закритті затискних механізмів не відбуваються зіткнень з

						КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			24

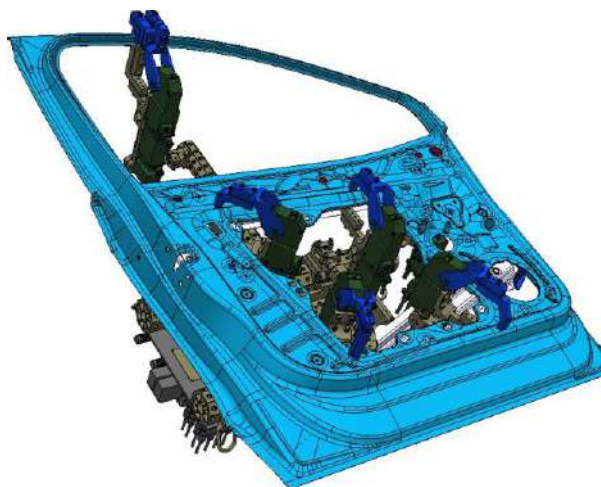
автодеталлями чи захватними пристроями інших пристроїв;

- враховано, що при знятті дверцят циліндри, що позиціонують, будуть висунуто і необхідно підняти дверцята над ними не менше ніж на 30мм;

- відстань між елементами станції, що позиціонує, і захватними пристроями інших пристроїв у всіх позиціях має бути не менше 10мм;

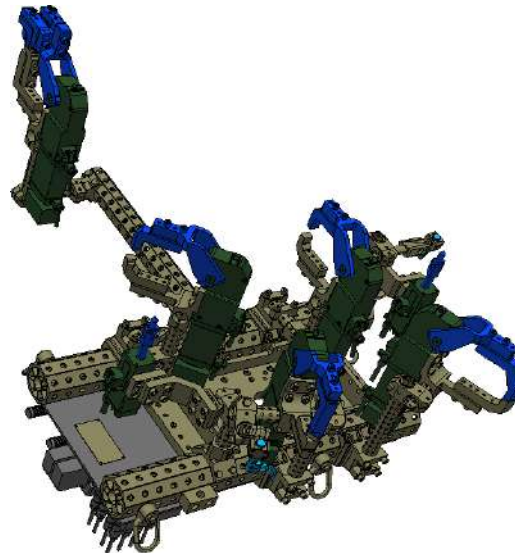
Аналогічним чином необхідно спроектувати захоплююче пристрій для пристрою . На відміну від центруючої станції, простий захватний пристрій не вимагає додаткових елементів для фіксації автодеталей після закінчення процесу зварювання. У зв'язку з цим немає необхідності утримувати одразу дві дверцята у певному положенні. Це дозволить суттєво зменшити кількість точок притиску, а відсутність необхідності в жорсткій фіксації дверцят дозволяє виключити плати, що позиціонують. Таким чином, для проектування простого захватного пристрою можна використовувати стандарт EGT і набір відповідних компонентів.

На рисунку 14 представлений зовнішній вигляд спроектованого захватного пристрою для пристрою з автодеталлю (а) і без дверцят (б).



										КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							25

А)



Б)

Рисунок 14 – Захватний пристрій для транспортування дверцят для пристрою

Проектована робоча ділянка складального цеху передбачає використання двох промислових роботів, які забезпечують операції транспортування та позиціонування дверцят автомобіля. Роботи оснащені хватними пристроями, однак виконують різні функції. Робот R44 G використовується як позиціонуюча станція для виконання зварювання двох попередньо не з'єднаних автодеталей, тоді як робот призначений виключно для транспортування дверцят і оснащений спрощеним хватним механізмом.

Після завершення проектування центральної станції було визначено її основні масо-інерційні характеристики, зокрема масу, координати центра мас та моменти інерції. Загальна маса системи разом із дверцятами становить 351,543 кг. До цього значення додатково враховується маса допоміжного оснащення (кабелі, пневматичні шланги тощо), а також елементів швидкої заміни стільниці при

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

переході на інший тип дверцят, що сумарно становить 46 кг. Таким чином, повна розрахункова маса навантаження досягає 397 кг.

Оцінювання навантажень виконувалося із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення. З урахуванням отриманого значення маси стає очевидним, що роботи середнього та малого класу з вантажопідйомністю до 400 кг не забезпечують необхідного запасу по навантаженню та не можуть бути використані для даної операції.

Вибір промислового робота здійснюється за такими основними критеріями:

- навантаження на кожну вісь робота не повинно перевищувати 90% від допустимого значення;
- робоча зона (виліт руки) має забезпечувати досяжність до всіх позицій, необхідних для реалізації технологічного процесу.

Таким чином, робот повинен не лише витримувати масу позиціонуючої станції, але й забезпечувати необхідну кінематичну доступність до всіх взаємодіючих елементів системи. З урахуванням цих вимог доцільно розглядати роботи важкого класу з великим вильотом руки.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

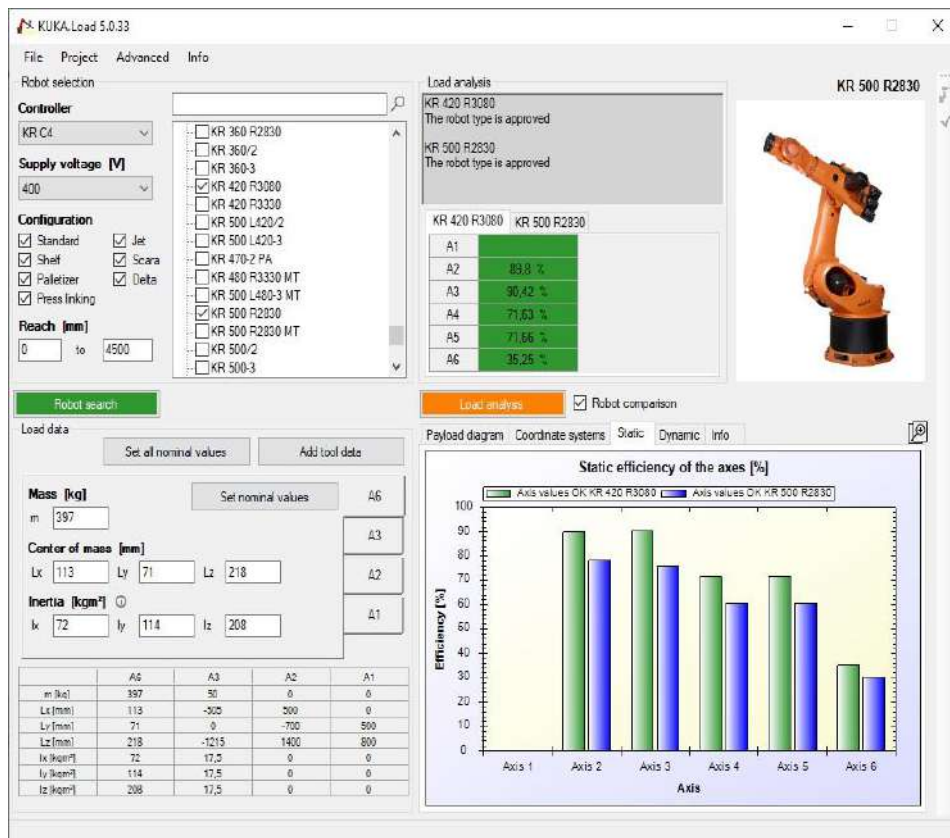


Рисунок 15 – Порівняння статичного навантаження на осі пристроїв

З розрахунку програми видно, що пристрій вантажопідйомністю 420кг має 3 осі навантаження більше 90% і тому не може бути використаний. У той же час пристрій KR500 має максимальне навантаження на другу вісь 78%. Вибір важкого пристрою вплине на швидкість його руху і відповідно на цикл операцій, що виконуються, у зв'язку з цим додатково необхідно перевірити пристрою на циклічність за часом.

Для важких пристроїв діаметр фланця 6 осі становить 160мм

:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк.

28

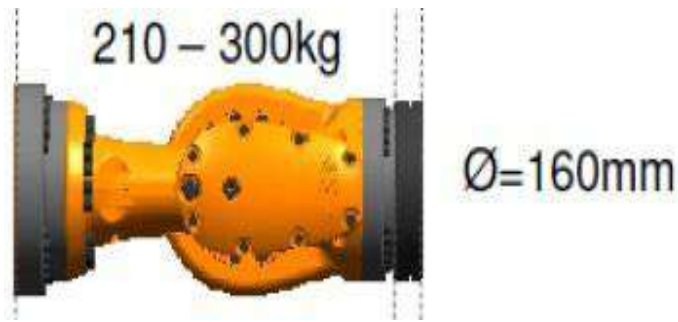


Рисунок 16 – Діаметр фланця 6-ї осі пристрою

Дане значення фланця пристрої використовуватиметься надалі при проектуванні вузла кріплення захватного пристрою до фланця пристрою. Аналогічно зробимо розрахунок для транспортувального пристрою. На підставі спроектованого захватного пристрою отримаємо основні параметри захоплення (вага, центр мас, момент інерції). Потім необхідно підібрати пристрій, здатний підняти та транспортувати захватний пристрій з автодеталлю. На рисунку 17 представлений результат розрахунку навантаження на осі пристрою для захватного пристрою, що проектується.

В результаті розрахунку транспортування дверцят пристрійом був обраний середній пристрій з вильотом руки 3100мм.

2.6. Визначення типу зварювального пристрою

Для визначення типу зварювальних пристроїв необхідно також розрахувати навантаження, тільки замість інформації про захватний пристрій буде застосовуватися інформація про зварювальні пістолети. Детальний опис вибору зварювальних пістолетів розглянуто в розділі 3. На підставі документації зварювального пістолета заповнимо дані для розрахунку навантаження:

вага пістолета 119 кг; вага додаткового зварювального обладнання 18кг (кабель, охолодження, керування тощо); вага устаткування

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2.7. Характеристика руху пристрою

Для програмування руху пристрою застосовується ряд правил, що дозволяють економити ресурси контролера та час руху пристрою:

- поділ рухів на процесне та проміжне. Процесний рух характеризується зниженою швидкістю руху та підвищеною точністю руху, застосовується для більш точного позиціонування. Проміжний рух характеризується високим ступенем апроксимації руху, це дозволяє економити час руху та збільшити швидкість руху [23].

- характер руху: просте переміщення від точки до точки, лінійне рух та круговий рух. Просте переміщення характеризується максимальною швидкістю та мінімальною точністю руху, при цьому задіяні ті осі пристрою, які необхідні для переміщення. Застосовується для проміжного руху, обмежень немає. Лінійний рух характеризується зниженою швидкістю і під час руху задіяні всі осі пристрою задля забезпечення прямолінійного руху. Застосовується в процесному русі є обмеження по 5 осі.

Обмеження лінійного руху пристрою по 5-й осі пов'язане з тим, 4-а і 6-а осі пристрою знаходяться на одній прямій у випадку, коли 5-а вісь пристрою знаходиться в нульовому положенні, рисунок 20.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

зробити доварку трьох точок, після чого встановити дверцята на стельовий конвеєр для передачі складання на наступний етап. В силу того, що обладнання для проведення всіх описаних операцій габаритне, немає можливості розташувати пристрою таким чином, щоб він дотягнувся до кожної одиниці обладнання. Для того, щоб збільшити робочу зону пристрою необхідно забезпечити пристрою додатковим ступенем рухливості. Для реалізації 7-ї осі пристрою використовується рейка з кареткою певної довжини. На рисунку 21 представлена 7-а вісь пристрою у вигляді рейки з кареткою та кабеле-провідним каналом.

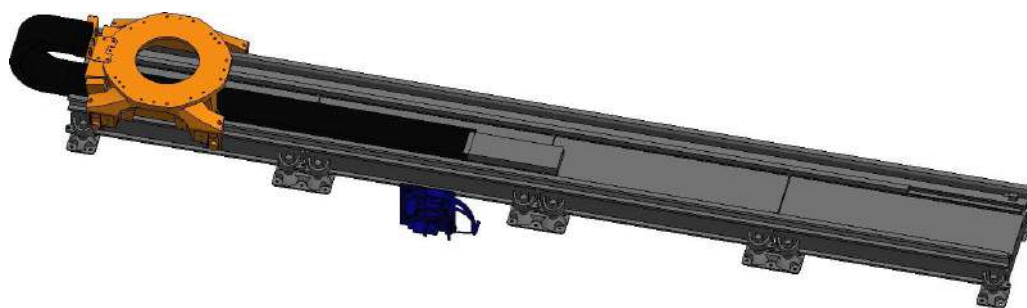


Рисунок 19 – вісь пристрою

Вісь пристрою програмується як додатковий зовнішній пристрій і має низку критеріїв для підбору:

- Довжина 7-ї осі пристрою;
- напрям руху, залежно від того, як встановлена 7-а вісь, позитивне та негативне напрями можуть бути спрямовані в різні боки;

- Напрямок установки пристрою. За своїми фізичними особливостями не всі промислові пристрої можуть здійснювати повний поворот навколо 1 осі на 360 градусів. Залежно від типу пристрою межі обертання обмежені не більше від -185 до 185

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

градусів. Тому пристрій може зробити розворот тільки в один бік.

Має кілька типів кареток, для встановлення легких, середніх, важких або надважких пристроїв, а також можливість монтажу кабелю- провідного каналу з лівого, з правого боку або по центру (як на рисунку). Також у разі потреби каретка може бути оснащена додатковою консоллю з кроком 100мм.

У процесі дослідження для розглянутого пристрою з процесом транспортування, зварювання в стаціонарному пістолеті та встановлення дверцят на стельовий конвеєр, була встановлена довжина 7-ї осі рівна 8 метрів. У цьому робоча область переміщення осі становить 6900мм [26].

Конвеєр є металоконструкцією, що складається з рухомої стрічки з палетами для позиціонування автодеталей і огорожувальні конструкції для захисту обслуговуючого персоналу.

Завіса дверцят на палету здійснюється за допомогою захватного пристрою, встановленого на торці 6-ї осі пристрою . Модель стельового конвеєра з метою уніфікації використовується загальна на всю лінію збірки. Можливі відмінності у конструкції палет та довжини конвеєра, відповідно і монтажних колон, проте металоконструкція, захисні огороження, приводи та рухомі стрічки залишаються однаковими. За правилами проекту допускаються мінімальні зазори між захватним пристроєм та конструкцією конвеєра не менше 10мм [27].

На рисунку 22 представлений зовнішній вигляд стельового конвеєра для пристрою із завішеними автодеталлями.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

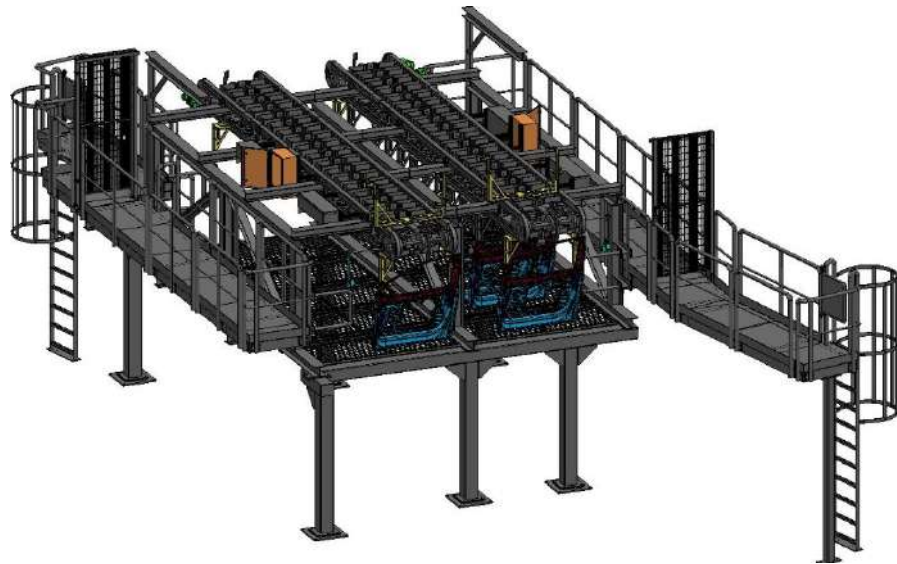
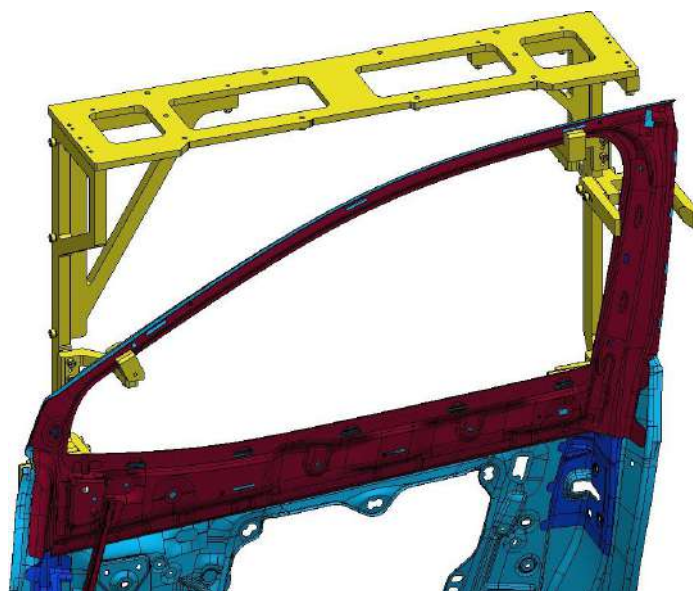


Рисунок 22 – Конвеєр з металоконструкцією

Конструкція палети підтримує деталь у двох точках, має два упори та напрямну. Ребра жорсткості дозволяють витримати вагу дверцят, але при цьому мають мінімальний розмір, що дозволяє завісити та зняти дверцята з палети. Зняття та завісу дверцят проводиться з урахуванням захоплюючого пристрою, закріпленого на фланці пристрою. Положення фіксуючих елементів дверцят в палеті представлено на рисунку 23



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк.

35

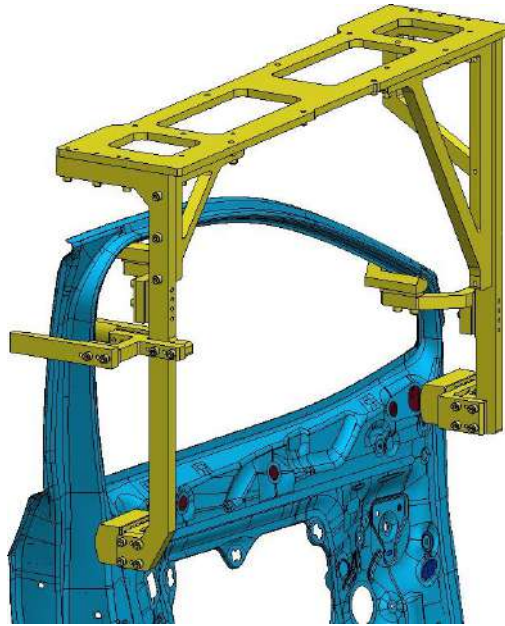


Рисунок 23 – Положення дверцят у палеті

Висота дверцят в конвеєрі обумовлена технікою безпеки та габаритними розмірами цеху. Для проектованої ділянки цеху висота від підлоги до нижньої кромки деталі конвеєрі становить 2600мм (рисунок 24).

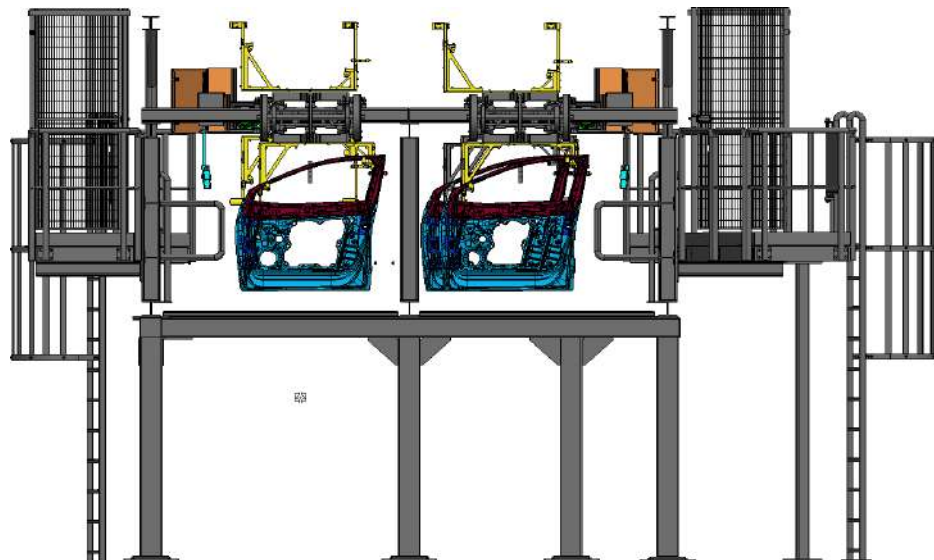


Рисунок 24 – Висота дверцят в конвеєрі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк.

36

Пристрій, який буде взаємодіяти зі стельовим конвеєром має довжину руки 3100мм. Це дозволить пристрійу без додаткової консолі встановити деталь на палету.

В результаті проектування та розрахунку захватного пристрою для транспортування дверцят промисловим пристрійом визначено тип пневматичного затиску та положення для циліндрів, що позиціюють. Була спроектована станція позиціонування для паралельного зварювання дверцят. На підставі спроектованої моделі захватного пристрою проведено розрахунок вантажопідйомності промислового пристрою.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

3 Розробка технологічного процесу зварювання дверцят автомобіля

3.1 Вибір обладнання для зварювання

У процесі проєктування робочої ділянки складального цеху застосовується обладнання двох основних типів: стандартні (типові, покупні) елементи та індивідуально спроектовані (спеціальні) елементи технологічного оснащення.

До стандартних елементів належать технічні засоби, конструкція, габаритні розміри та функціональні характеристики яких є заздалегідь визначеними виробником. Таке обладнання виготовляється серійно, має уніфіковані параметри та може бути використане у виробничому процесі без додаткових змін або адаптацій. Використання стандартних компонентів дозволяє зменшити терміни проєктування, спростити інтеграцію в існуючі виробничі системи та забезпечити високу надійність за рахунок перевірених технічних рішень.

Індивідуально спроектовані елементи технологічного оснащення розробляються безпосередньо під конкретний технологічний процес та геометрію виробу, що виготовляється. У випадку автомобільних дверцят це зумовлено значною варіативністю їх конструкції навіть у межах однієї модельної лінійки. Виробники транспортних засобів прагнуть досягти унікальності продукції як з точки зору функціональних характеристик, так і зовнішнього вигляду, що призводить до відмінностей у формі, розмірах і конструктивних елементах кузовних деталей. У результаті цього застосування універсального технологічного оснащення стає обмеженим або неможливим, а для кожного типу виробу виникає необхідність розроблення спеціалізованих пристроїв, захватів та позиціонуючих систем.

До стандартного обладнання, що використовується на дільниці, належать:

- стаціонарні зварювальні пістолети;
- консолі та підвіси для зварювальних пістолетів;

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- клейові стійки з пістолетами для нанесення клею;
- допоміжне обладнання для обслуговування (пристрої для заточування електродів, заміни ковпачків, клейові насоси, системи подачі матеріалів, тримачі та балансири).

До індивідуально спроектованого (нестандартного) оснащення відносяться:

- захоплюючі пристрої для транспортування автодеталей;
- позиціонуючі та центруючі станції;
- спеціалізовані пристрої для виконання окремих операцій (зварювання, клепання, загинання, нанесення клею тощо);
- пристосування для базування та фіксації деталей.

Для виконання операцій точкового контактного зварювання застосовуються стандартні зварювальні пістолети, підбір яких здійснюється з урахуванням ряду технічних та технологічних критеріїв.

Основними критеріями вибору зварювального пістолета є:

- забезпечення можливості виконання зварювання у заданих точках без виникнення колізій із деталями або іншим обладнанням;
- відповідність кінематичних параметрів робота допустимим межах (робочі кути, положення осей);
- відсутність режимів роботи, близьких до сингулярності, що можуть призвести до втрати керованості;
- навантаження на кожен вісь робота не повинно перевищувати 90% від максимально допустимого значення;
- забезпечення необхідного зусилля стиснення електродів, яке визначається вимогами до якості зварного з'єднання (вибір здійснюється за максимальним значенням для всіх точок);
- відповідність діаметра зварювальної плями нормативним вимогам для конкретного типу з'єднання;
- сумісність з існуючою бібліотекою стандартних компонентів.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Пріоритет при підборі надається використанню типових рішень із каталогів виробників, що дозволяє скоротити витрати на проектування та виготовлення. У випадку, якщо жоден із доступних стандартних зварювальних пістолетів не задовольняє встановленим вимогам (наприклад, за геометрією доступу до точки зварювання або необхідним зусиллям), виникає необхідність у розробленні індивідуальної конструкції, зокрема модифікації або повного перепроєктування губок зварювального пістолета.

Таким чином, раціональне поєднання стандартного та спеціалізованого обладнання дозволяє забезпечити ефективність виробничого процесу, гнучкість системи та відповідність вимогам якості і безпеки при складанні кузовних елементів автомобіля.

3.2 Конструкція зварювального пістолета

Підбір зварювального пістолета для пристрою необхідно починати з аналізу розподілу точок дверцят для обраного пристрою. на
рисунку 25 представлено розподіл зварювальних точок для обраного пристрою. За циклом пристрій повинен зварити 4 точки.

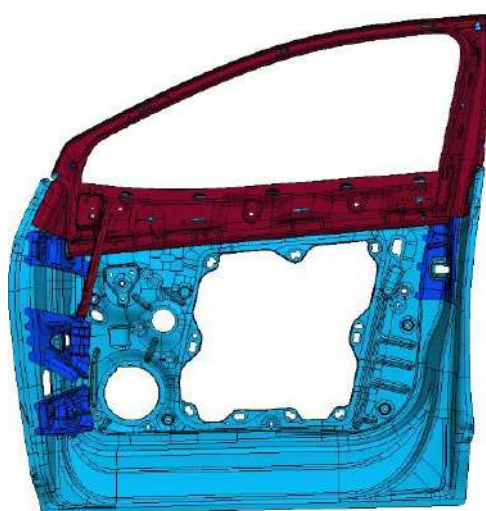


Рисунок 25 – Розподіл зварювальних точок для пристрою

Правильність підбору зварювальних кліщів визначається перетином зварювального пістолета з автодеталлю в точках контакту. Відсутність зіткнень зварювального пістолета та дверцят у перерізі забезпечує можливість зварювання без зіткнень, але підведення та відведення інструменту без зіткнень у робочу область перевіряється окремо. Після розгляду ряду зварювальних пістолетів методом підбору вибір був зупинений на пістолеті типу С з притискним зусиллям 5100Н, Рисунок 26.

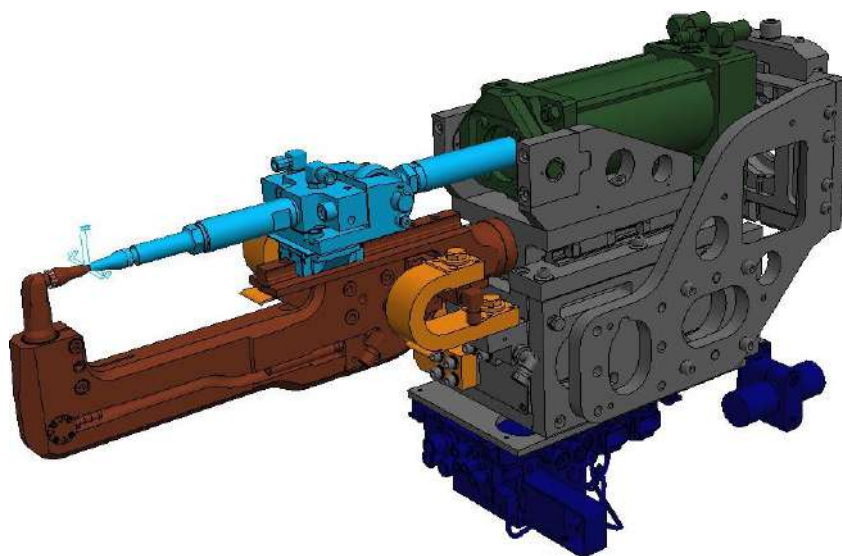


Рисунок 26 – Зварювальний пістолет

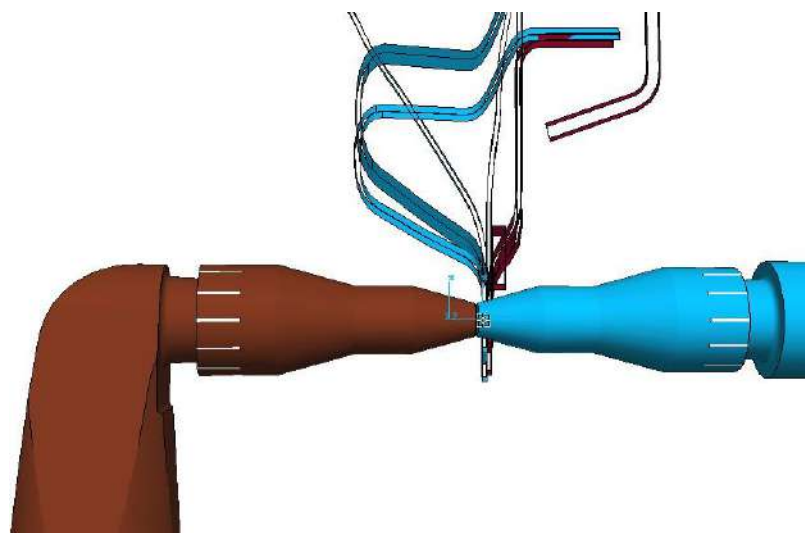


Рисунок 27 – Перетин точок контакту зварювального пістолета та дверцят

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк.

41

На рисунку 27 представлено переріз зварювального пістолета у точках контакту з поверхнею дверцят. Для зручності перегляду всі точки об'єднані в одній точці.

Після підбору зварювального пістолета, що задовольняє геометрії крапок, що зварюються, необхідно переконатися, що притискного зусилля пістолета буде достатньо, для забезпечення необхідної якості

зварювальної плями. Згідно з документацією, на обраний пістолет, притискне зусилля становить 5100Н, з 4-х зварювальних точок максимальне зусилля стиснення 4700Н. Таким чином, обраний пістолет задовольняє умовам геометрії автодеталей, що зварюються, забезпечує необхідне зусилля стиснення, розрахунок навантаження на осі пристрою представлений в розділі 2 і становить 72%, діаметр ковпачків пістолета 16мм.

Розподіл зварювальних точок для другого пристрою представлено рисунку 28, всього під час одного циклу пристрій повинен зварити 5 точок.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

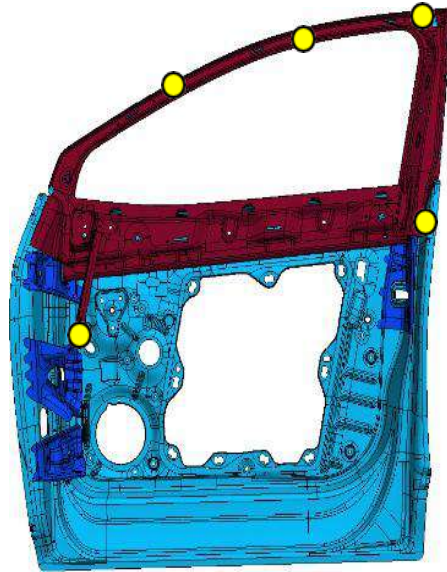


Рисунок 28 – Розподіл точок зварювання

Зварювальний пістолет, задовольняючий умовам геометрії дверцят і зусилля притиску в точці контакту представлено рисунку 29.

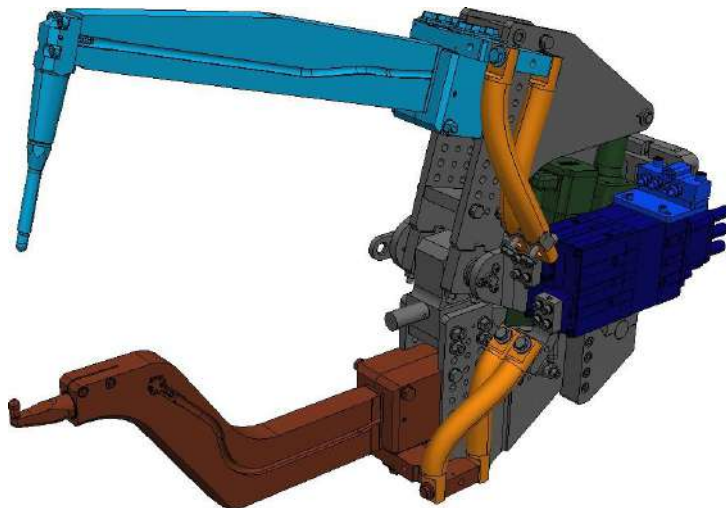


Рисунок 29 — Зварювальний пістолет X типу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк.

43

Картина перерізів всім точок зварювання представлена рисунку 30.

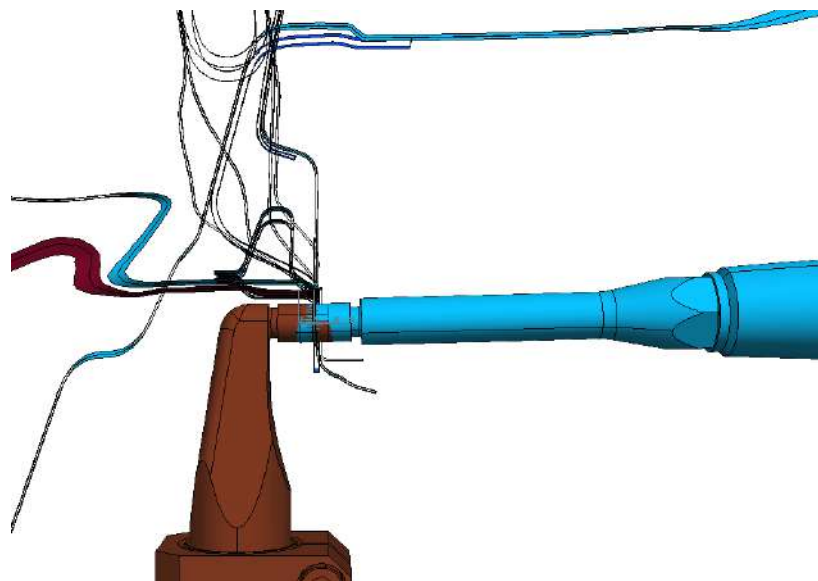
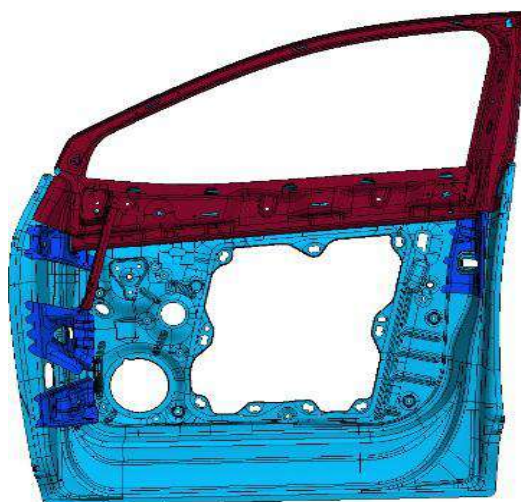


Рисунок 30 – Перетин у точках контакту пістолета та дверцят

З малюнка видно, що контур дверцят та контур пістолета не перетинають один одного, до того ж для нижнього електрода є простір для відведення та підведення інструменту в робочу область.

Для 3-го пристрою на рисунку 31, 32 і 33 представлені розподіл точок по дверцят, зовнішній вигляд підбраного пістолета та перетин у точках контакту дверцят та зварювального пістолета.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк.

44

Рисунок 31 – Розподіл зварювальних точок дверцят для пристрою

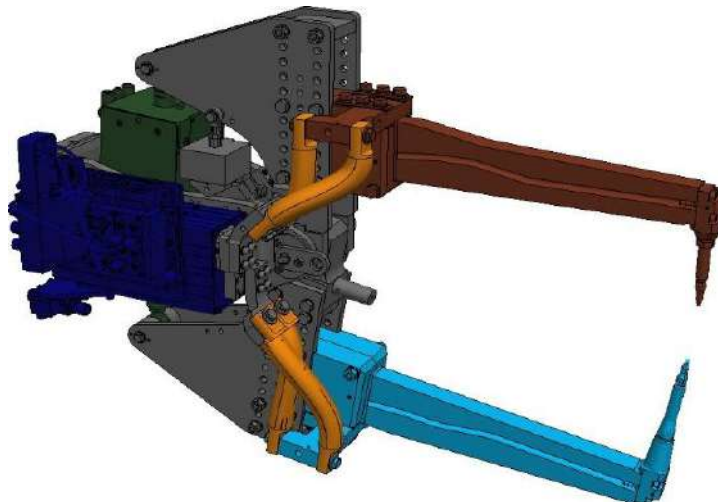


Рисунок 32 – Зварювальний пістолет для пристрою 0R03 тип X

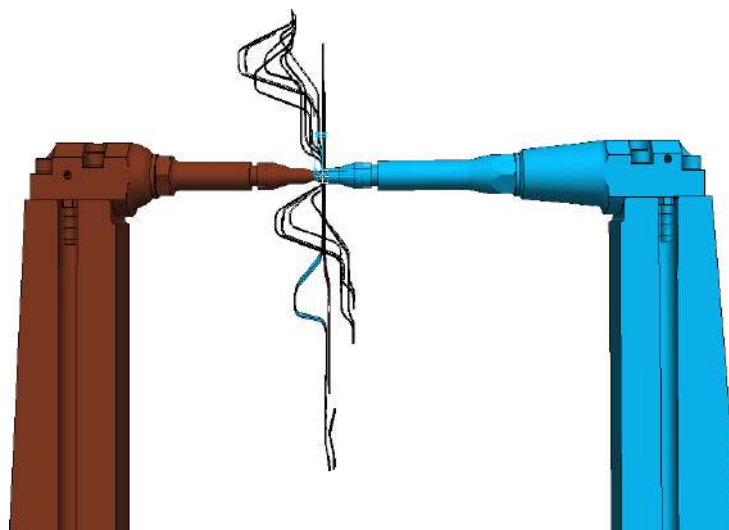


Рисунок 33 – Перетин точок контакту зварювального пістолета та дверцят

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

4. Розробка контрольних операцій і технології контролю якості

4.1 Діагностика перевірки позиціювання

Наступний етап проектування робочої ділянки складального цеху, це перевірка положення осей всіх пристроїв у процесі зварювання. З 4-х пристроїв, які беруть участь у процесі зварювання, один пристрій фіксує дверцята у станції, а три інших пристрою виробляють точкове зварювання. Нижче наведено критерії оцінки положення осей пристроїв:

- Відсутність сингулярності;
- запас для кожної осі має бути не менше 10 градусів;
- у процесі зварювання пристрій не повинен засікати додаткове обладнання на фланці 6 осі пристрою.

Останній пункт критеріїв обґрунтований тим, що плата для автоматичної зміни інструменту більша за габаритні розміри пістолета і висока ймовірність зіткнення з рукою пристрою. На рисунку 34 представлений зовнішній вигляд плати для автоматичної зміни інструменту, що складається з пристрійної та інструментальної частин [28-29].

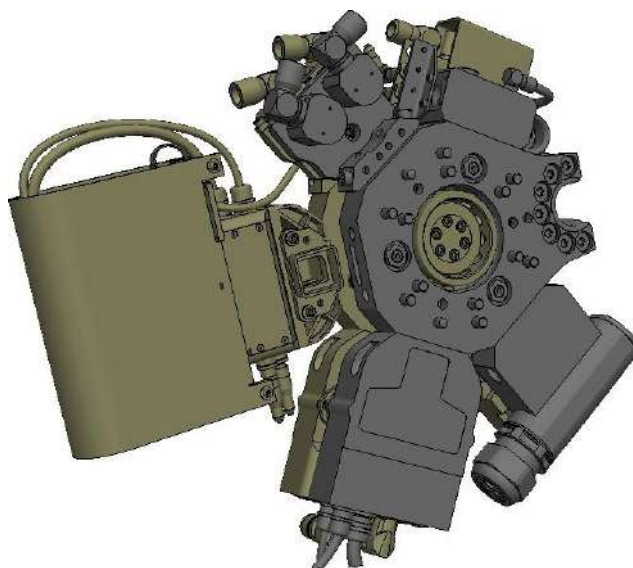


Рисунок 34 – Плата для автоматичної зміни інструменту

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ

Арк.

46

Для пристрою 0R44 Z рисунку 35 представлено положення зварювання всім 4-х точок. Як видно з малюнка три точки, пристрій зварює в напрямку Z (б, в, г), у той час як одну точку у напрямку Y (а):

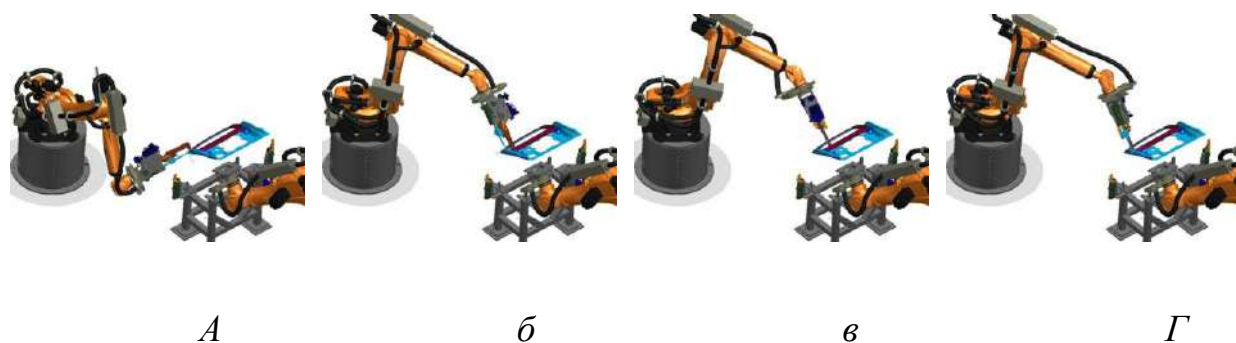


Рисунок 35 – Положення пристрою в процесі зварювання

Для того, щоб уникнути складання пристрою по 5 осі і не допустити зіткнення руки пристрою з платою в точціа, становище дверцят у процесі зварювання було модифіковано. Поточне положення пристрою в точціа має значення 5-ї осі 105 градусів, тоді як граничне значення даної осі становить 122,5 градуса. Таким чином пристрій має запас по 5 осі в 17,5 градусів з них 10 градусів це мінімальний запас, обумовлений правилами проекту. Залишається 7,5 градусів на те, щоб здійснити захід/ відведення інструменту на робочу позицію. Дане обмеження необхідно враховувати при проектуванні фіксуючої станції таким чином, щоб пристрій у процесі підведення/відведення не складався по 5 осі більше ніж на 7,5 градусів.

Для пристроїв 0R02 та R03 складних чи проблемних місць у процесі зварювання не виявлено.

4.2 Аналіз стану і обслуговування елементів пістолету зварювання

У процесі точкового контактного зварювання з часом відбувається знос ковпачків пістолета, що відбивається на ширині зварювальної плями і як зварювання. Для усунення зносу застосовуються два способи заточування ковпачків та заміна ковпачків.

Заточування ковпачків займає невелику кількість часу і може вписуватися в загальний час циклу, проте, чим більше заточуються ковпачки, тим більше вони стираються і рано чи пізно потрібна їхня повна заміна.

Заміна ковпачків займає тривалий час (порівняно із заточуванням) і здійснюється один раз на зміну, залежно від кількості зварювальних точок у циклі. Причому час, витрачений на зміну ковпачків, не входить у загальний час циклу.

Підсумовуючи вище сказане, кожен пристрій, який здійснює точкове

контактне зварювання повинен мати у вільному доступі дві одиниці додаткового обладнання для заточування та заміни ковпачків.

Критерії компонування обладнання такі:

- кожен зварювальний пристрій повинен мати можливість вільно та безперешкодно підходити до пристрою заточування ковпачків у час загального циклу;
- всі зварювальні пристрої повинні одночасно (поза загальним циклом)

підходити кожен до свого пристрою заміни ковпачків, при цьому не заважаючи пристрійі один одного.

Автоматизований процес заміни і заточування ковпачків передбачає участь у цьому процесі обслуговуючого персоналу. Для влаштування заточування ковпачків відпрацьованим продуктом є

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

металева стружка, яка осідає в контейнер для збирання стружки. У міру заповнення контейнера обслуговуючий персонал спустошує контейнер кожного пристрою. Для влаштування заміни ковпачків старі ковпачки осідають у контейнері збору ковпачків, після чого обслуговуючий персонал витягує відпрацьовані ковпачки та додає нові у контейнер для встановлення ковпачків.

На рисунку 36 представлено суміщений пристрій для заточування та заміни ковпачків для зварювального пістолета.

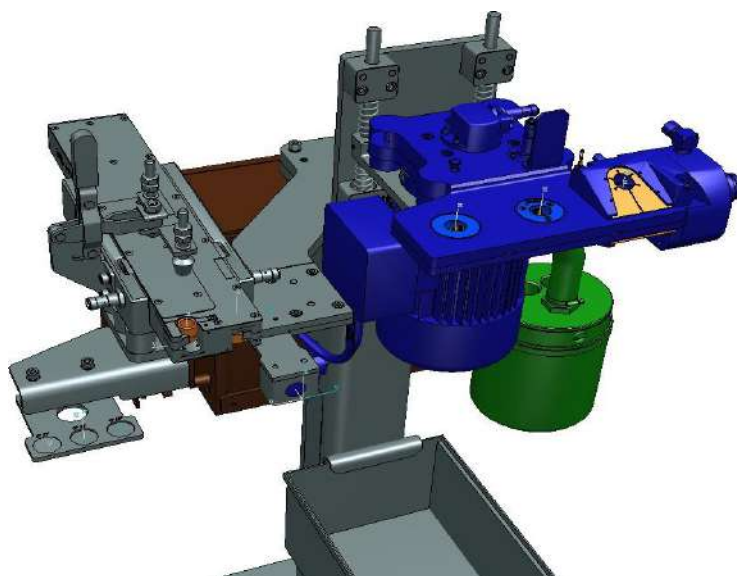


Рисунок 36 – Сумісний пристрій для заточування та заміни ковпачків

В результаті аналізу геометрії та матеріалу проектованого кузова автомобіля було визначено геометрію електродів та тип зварювального пістолета. Також визначено положення для заточування ковпачків зварювальних пістолетів.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.3. Контроль процесу точкового зварювання

Після завершення основного процесу зварювання в станції, що позиціонує, дверцята забирає пристрій і зварює три точки в стаціонарному зварювальному пістолеті. Пристрій встановлений на 7-й осі, що дозволяє збільшити ступінь свободи пристрою, проте з урахуванням габаритів 7-ї осі та каретки мінімальна висота, на якій може стояти пристрій відповідає 689мм.

Це значення висоти установки пристрою впливає і на висоту установки зварювального обладнання. Спочатку розглянемо розподіл точок зварювання на дверцят для пристрою, рисунок 37.

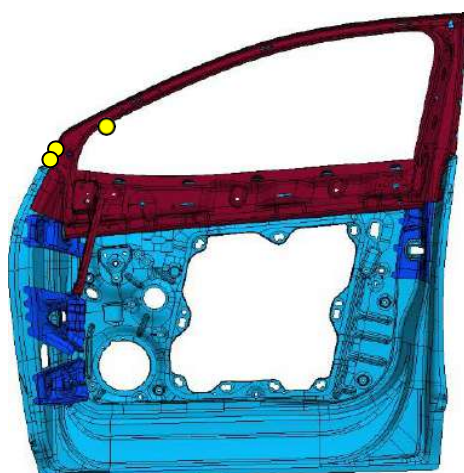


Рисунок 37 – Розподіл зварювальних точок по кузову дверцят пристрою стаціонарного зварювання пристрою

Аналіз розподілу точок показав, що точки розташовуються край дверцят і потрібен зварювальний пістолет С типу з низьким профілем нерухомої «руки». Розрахунок навантаження не потрібний. На рисунку 38 представлений зовнішній вигляд зварювального пістолета, підібраний для пристрою:

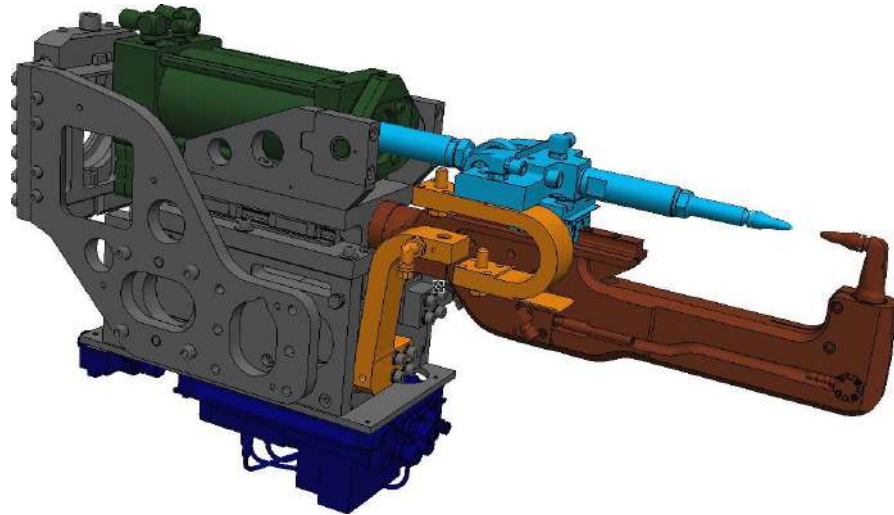


Рисунок 38 – Зварювальний пістолет для стаціонарного зварювання

Оскільки у проєктованій системі застосовується стаціонарний зварювальний пістолет, для забезпечення його надійної експлуатації необхідно передбачити спеціалізовані пристрої для обслуговування електродних ковпачків. У процесі роботи ковпачки зварювального пістолета піддаються зношуванню та деформації, що призводить до погіршення якості зварного з'єднання, зниження стабільності процесу та збільшення електричного опору в зоні контакту. Тому регулярне відновлення їх геометрії є обов'язковою умовою підтримання технологічних параметрів зварювання.

Для цього застосовується стаціонарний пристрій заточування ковпачків, виконаний у вигляді відкидного (закидного) механізму. Конструкція пристрою забезпечує два режими роботи: у розкладеному положенні він не перешкоджає виконанню зварювальних операцій і не входить у робочу зону пістолета; у складеному положенні пристрій взаємодіє зі зварювальним пістолетом і здійснює заточування робочих поверхонь ковпачків. Така схема дозволяє виконувати сервісні операції без демонтажу обладнання та без суттєвого впливу на такт роботи дільниці.

Після вибору типу зварювального пістолета необхідним етапом є

										Арк.
										51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ					

визначення параметрів його встановлення, зокрема висоти монтажу консолі та просторової орієнтації. Ці параметри безпосередньо впливають на ергономіку обслуговування, кінематичні можливості робота та відсутність колізій у робочій зоні.

Основними критеріями при визначенні положення зварювального пістолета є:

- висота встановлення не повинна перевищувати 1,5 м від рівня підлоги, що забезпечує зручність монтажу, обслуговування та виконання регламентних робіт персоналом;
- запас по кутам повороту для кожної осі робота в процесі виконання зварювальних операцій має становити не менше 10° , що дозволяє уникнути роботи в граничних режимах;
- положення п'ятої осі робота не повинно знаходитися в діапазоні від -10° до $+10^\circ$ при виконанні лінійних переміщень, оскільки це може призвести до виникнення сингулярних положень і втрати стабільності керування.

У результаті проектування процесу точкового контактного зварювання для стаціонарного пістолета було обґрунтовано вибір його типу, визначено геометричні параметри, необхідне зусилля затиску, а також оптимальну висоту і орієнтацію встановлення на консолі.

4.4. Калібрування інструменту

Промислові роботизовані системи дозволяють реалізувати високий рівень автоматизації виробничих процесів із мінімальною участю обслуговуючого персоналу. При цьому ефективність їх роботи визначається не лише правильним компонуванням обладнання та якістю програмування, але й точністю калібрування всіх елементів системи.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Промисловий робот є найбільш універсальним і водночас найскладнішим компонентом автоматизованої виробничої системи. Його здатність виконувати різноманітні операції, швидко адаптуватися до змін технологічного процесу та забезпечувати високу точність позиціонування обумовлює необхідність ретельного налаштування перед початком роботи.

Будь-який процес первинного налаштування або переналагодження роботизованої системи починається з калібрування, яке включає:

- калібрування кінематичної структури робота;
- визначення параметрів системи координат інструменту;
- узгодження систем координат робота, інструменту та робочого простору.

Робот у процесі переміщення оперує кількома системами координат, зокрема:

- базовою системою координат робота (розташованою, як правило, у центрі його монтажної платформи);
- системою координат інструменту (Tool Center Point — TCP);
- системою координат робочого середовища (користувацькою або базовою системою об'єкта).

Траєкторія руху формується на основі взаємного положення цих систем координат, причому розрахунок здійснюється від поточного положення TCP до заданої цільової точки.

Для зварювального пістолета система координат інструменту визначається на нерухомому плечі пістолета і, як правило, прив'язується до робочої точки — торця електродного ковпачка, через який безпосередньо передається зварювальний струм (див. рис. 39). Це забезпечує точне позиціонування у точках зварювання та стабільність технологічного процесу.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Для захоплюючих пристроїв система координат інструменту вибирається відносно конструктивно жорсткого елемента, зазвичай одного з позиціонуючих або базуючих циліндрів, за умови його нерухомості відносно корпусу захвату. Це дозволяє забезпечити коректне позиціонування деталі при транспортуванні та встановленні.

Таким чином, правильне калібрування інструменту є ключовим етапом налаштування роботизованої системи, що забезпечує точність виконання операцій, узгодженість роботи обладнання та стабільність технологічного процесу в цілому.

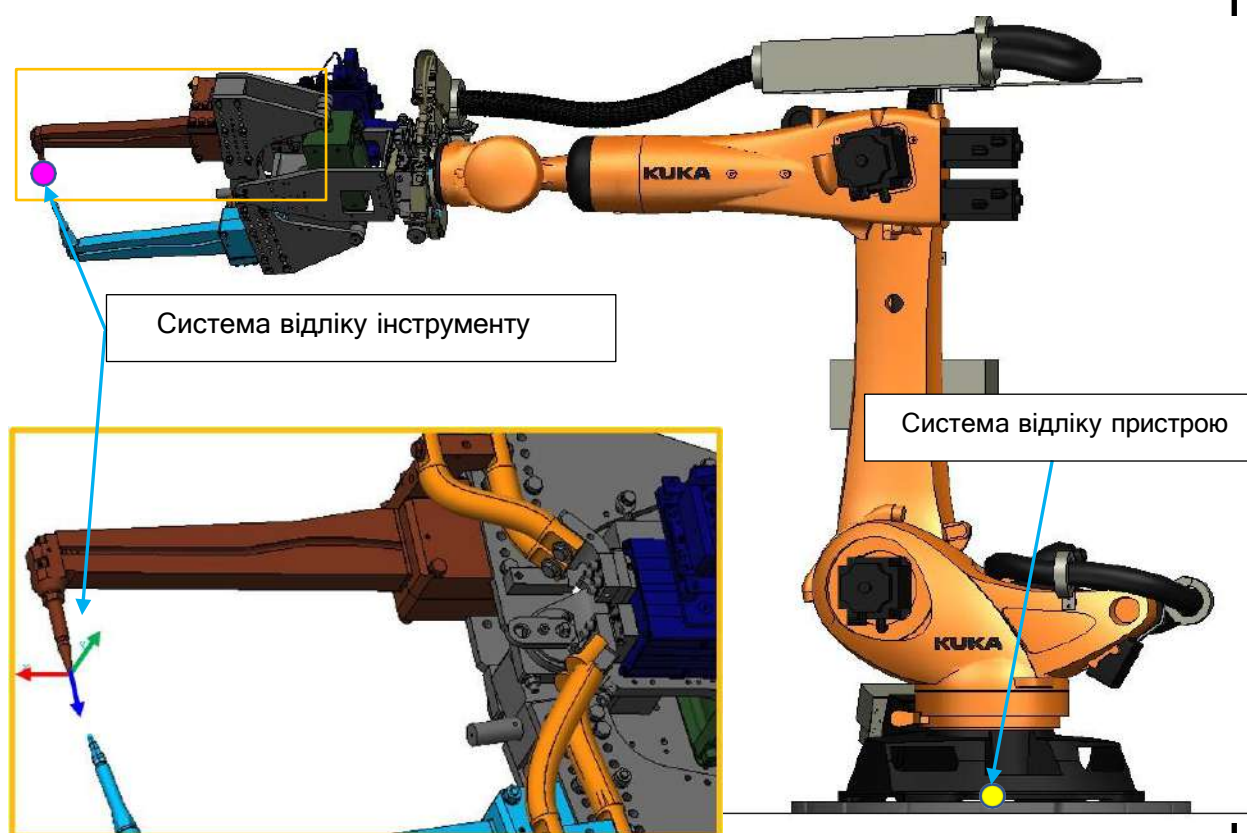


Рисунок 39 – Системи координат для розрахунку траєкторії руху пристрою

У процесі програмування немає будь-яких проблем із визначенням систем координат, оскільки їх можна виявити програмними засобами. Однак при налагодженні пристрою в цеху

можливості відстежити неіснуючий елемент неможливо. Тому для того, щоб з'ясувати, де саме у пристрою запрограмована система координат інструменту і чи немає зміщення чи помилки, передбачені спеціальні програми та пристрої для калібрування інструменту.

Для зварювального пістолета інструмент калібрування є монтажною платою з гільзою на кінці, Рисунок 40. У ході калібрування пристрій запускає спеціальну сервісну програму і повинен нерухомим ковпачком зварювального пістолета зайти в отвір на гільзі [4, 5, 30].

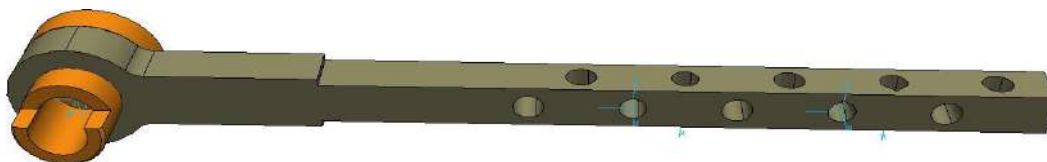


Рисунок 40 – Калібрувальний інструмент для зварювального пістолета

Правилами проекту встановлено пріоритет місць для монтажу калібрувального інструменту:

- в першу чергу калібрувальний інструмент слід монтувати на консолі пристрою для зручності та компактності розташування обладнання;

- по-друге, калібрувальний інструмент слід монтувати на будь-яку поверхню позиціонує станції якщо вона не рухлива; якщо поруч із пристроєм знаходиться металоконструкції, наприклад конвеєр, допускається монтувати калібрувальний інструмент до них;

- у третю чергу калібрувальний інструмент можна монтувати на окремо стоїть стійку, найгірший варіант.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Заборонено монтувати калібрувальний інструмент на допоміжне обладнання, як пристрій розподілу, система подачі води, пристрій зняття ковпачків, пристрій заточування ковпачків і т.д.

Положення калібрувального інструменту для пристрою підібрано на консолі самого пристрою, Рисунок 41, основними критеріями підбору були межі осей пристрою та відсутність зіткнень з навколишнім обладнанням.

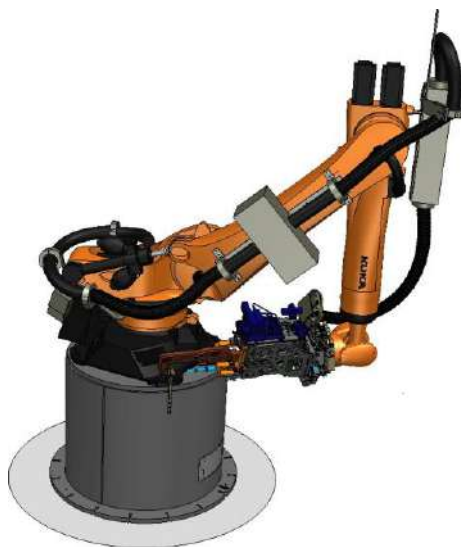


Рисунок 41 – Положення для калібрування зварювального пістолета пристрою

Пристрій не має поряд обладнання для монтажу калібрувального інструменту, при цьому пристрій стоїть на мінімальній висоті, тобто пристрій встановлений на консоль заввишки 35мм. У зв'язку з цим калібрувальний інструмент був змонтований на стійці, що окремо стоїть, Рисунок 42.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

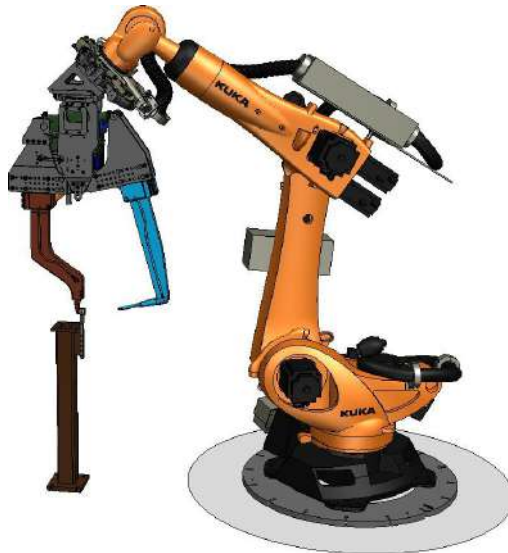


Рисунок 42 – Положення для калібрування зварювального пістолета пристрою RZ11

Третій зварювальний пристрій також як і другий не має високої консолі, однак, близьке розташування станції позиціонує дозволяє закріпитися до її нерухомої частини, Рисунок 43. Головною умовою монтажу калібрувального інструменту до позиціонуючої станції є збереження працездатності станції за будь-яких умов використання калібрування.

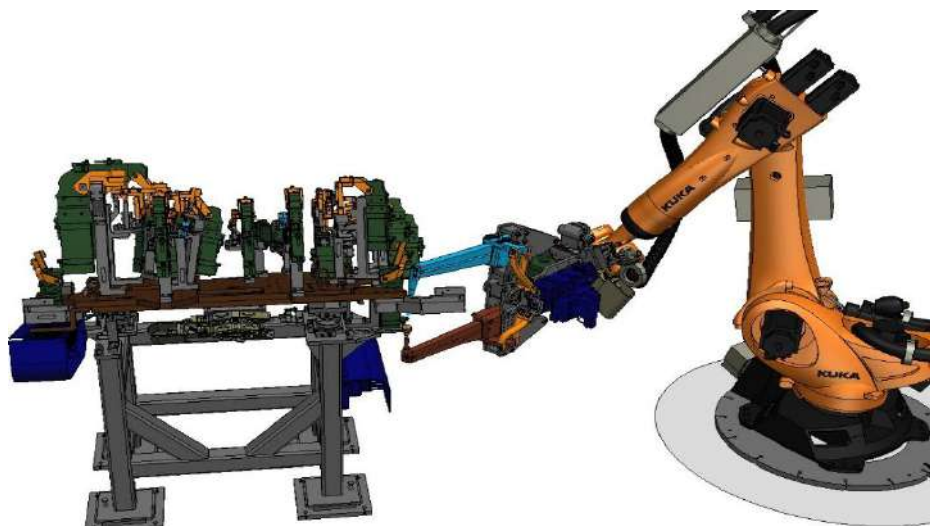


Рисунок 43 – Положення для калібрування зварювального пістолета пристрою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Калібрування стаціонарного інструменту проводиться аналогічним чином з тією різницею, що калібрувальний інструмент монтується на захватному пристрої пристрою, рисунок 44а. На рисунку 44бпредставлено положення калібрування стаціонарного інструменту.

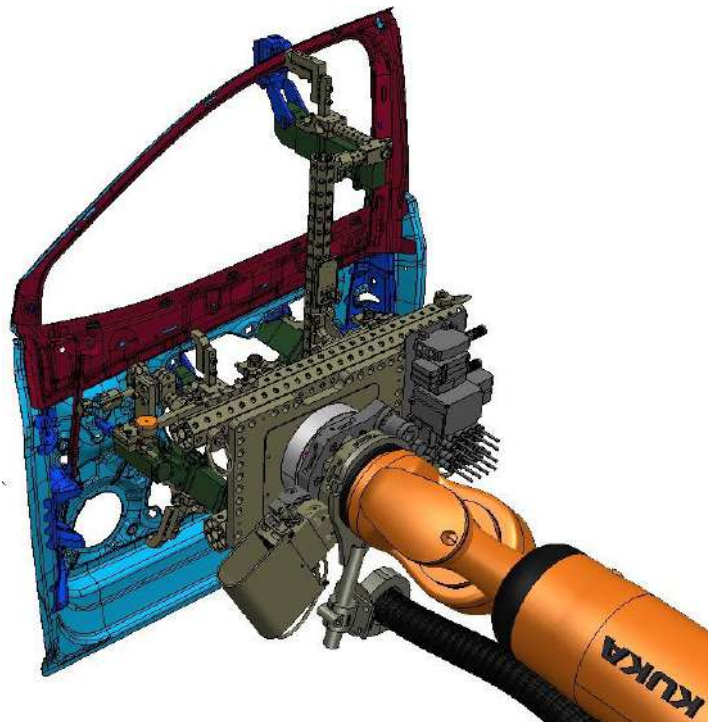


Рисунок 44 – Калібрування стаціонарного зварювального пістолета пристрою

В результаті проведення робіт з калібрування інструменту було визначено положення вимірювальних головок з урахуванням геометрії інструменту та захватного пристрою, також враховано положення осей промислового пристрою у процесі калібрування.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Висновки

1. У роботі проаналізовано конструктивні особливості дверцят автомобіля як складного багатокомпонентного вузла кузова та встановлено, що їх геометрія, матеріали і вимоги до міцності безпосередньо визначають структуру технологічного процесу виготовлення та складання. Обґрунтовано доцільність використання точкового контактного зварювання як основного способу формування з'єднань.
2. Розроблено технологію виготовлення дверцят із застосуванням роботизованого точкового зварювання, що включає операції базування, фіксації, притиску та з'єднання елементів. Визначено раціональну кількість точок притиску та зварювання, що забезпечує стабільність геометрії виробу і запобігає зміщенню деталей у процесі складання.
3. Запропоновано конструкцію спеціалізованого технологічного оснащення (позиціонує станція, захватні пристрої, притискні механізми), яка враховує індивідуальні особливості геометрії дверцят і забезпечує їх точне позиціонування під час виготовлення та ремонту. Доведено, що використання комбінованого підходу (стандартне + спеціальне оснащення) підвищує гнучкість виробництва.
4. Обґрунтовано вибір обладнання та параметрів процесу зварювання (тип зварювальних пістолетів, зусилля притиску, діаметр електродів), що забезпечують якісне формування зварних з'єднань. Розглянуто питання обслуговування інструменту (заточування та заміна ковпачків), що є важливим фактором підтримання стабільності технологічного процесу та якості виготовлення і ремонту дверцят.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

5. Встановлено, що розроблена технологія може бути ефективно застосована не лише при серійному виготовленні, але і при відновленні (ремонті) дверцят автомобіля, зокрема при заміні або приварюванні окремих елементів кузова. Запропоновані технічні рішення забезпечують підвищення точності складання, зниження трудомісткості ремонтних операцій та покращення експлуатаційних характеристик відновлених виробів.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузьменко, В. І., & Дубовик, В. М. (2017). *Технологія машинобудування*. Київ: Вища школа.
2. Попов, В. І. (2016). *Основи технології машинобудування*. Київ: Каравела.
3. Баженов, Ю. М., & Ковальчук, В. І. (2018). *Технологічні основи машинобудування*. Львів: Новий Світ-2000.
4. Говорущенко, М. Я. (2013). *Технічна експлуатація автомобілів*. Харків: ХНАДУ.
5. ДСТУ ISO 4063:2014. (2015). *Зварювання та споріднені процеси. Перелік процесів та їх умовні позначення*. Київ: ДП «УкрНДНЦ».
6. Kalpakjian, S., & Schmid, S. (2014). *Manufacturing engineering and technology* (7th ed.). Pearson.
7. Groover, M. P. (2020). *Fundamentals of modern manufacturing: Materials, processes, and systems* (6th ed.). Wiley.
8. Groover, M. P. (2016). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (4th ed.). Pearson.
9. Degarmo, E. P., Black, J. T., & Kohser, R. A. (2012). *Materials and processes in manufacturing* (11th ed.). Wiley.
10. Cary, H. B., & Helzer, S. C. (2012). *Modern welding technology* (6th ed.). Pearson.
11. Jeffus, L. (2017). *Welding: Principles and applications* (9th ed.). Cengage Learning.
12. Niku, S. B. (2020). *Introduction to robotics: Analysis, control, applications* (2nd ed.). Wiley.
13. Craig, J. J. (2004). *Introduction to robotics: Mechanics and control* (3rd ed.). Pearson.
14. Heisler, H. (2002). *Advanced vehicle technology* (2nd ed.).

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Butterworth-Heinemann.

15. Gillespie, T. D. (1992). *Fundamentals of vehicle dynamics*. SAE International.

					КРБАТ 26. 22083. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62