

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГИЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Підвищення ефективності ремонту елементів автомобіля шляхом
удосконалення пристрою для виконання зварювальних робіт»**

Виконав: студент IV курсу групи Ат-43сп
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)
Юрій РУРКА
(ім'я та прізвище)

Керівник: Ігор ДУФАНЕЦЬ
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.113.066.

Рурка Ю. Р. Підвищення ефективності ремонту елементів автомобіля шляхом удосконалення пристрою для виконання зварювальних робіт. Дубляни, ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025. 51 с.

Рисунок 11, табл. 3, бібл. посилань 30.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та обґрунтування конструкції удосконаленого пристрою для виконання зварювальних робіт — поворотного станда, що дозволяє підвищити ефективність ремонту елементів автомобіля шляхом забезпечення зручного доступу до зони зварювання, надійної фіксації деталі та зменшення трудомісткості операцій.

Завдання роботи

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз типових пошкоджень елементів автомобіля, що ремонтуються зварюванням;
- дослідити конструкції існуючих пристроїв для виконання зварювальних робіт та визначити їх переваги й недоліки;
- сформулювати вимоги до конструкції поворотного станда відповідно до умов експлуатації на СТО;
- розробити 3D-модель пристрою з урахуванням функціональних і ергономічних характеристик;
- здійснити добір матеріалів і визначити технологію виготовлення складових частин пристрою;
- провести оцінку техніко-економічної ефективності впровадження пристрою в процес ремонту.

Об'єкт дослідження.

Процес виконання зварювального ремонту елементів конструкції автомобіля.

Предмет дослідження.

Конструкція, принцип дії та техніко-економічні характеристики поворотного стенда для зварювальних робіт, розробленого для застосування в умовах станцій технічного обслуговування.

Методи дослідження

У процесі виконання роботи застосовано такі методи:

- аналітичний — для вивчення науково-технічної літератури та аналізу аналогів;
- графічний — для створення ескізів та побудови 3D-моделі пристрою в середовищі CAD;
- інженерний — для розрахунку навантажень, добору матеріалів та елементів конструкції;
- економічний — для визначення вартості виготовлення пристрою та оцінки доцільності його впровадження.

Практична цінність роботи.

Результатом виконаної роботи є конструкція універсального поворотного стенда, який може бути використаний на підприємствах технічного обслуговування автомобілів для підвищення точності, швидкості та безпеки зварювальних операцій. Пристрій не потребує складного обслуговування, може бути реалізований із доступних матеріалів і комплектуючих, а також забезпечує зменшення фізичного навантаження на працівників завдяки оптимізації положення деталі під час зварювання. Впровадження запропонованого стенда дозволяє покращити якість ремонтних робіт і скоротити витрати часу та ресурсів.

Ключові слова: РЕМОНТ АВТОМОБІЛЯ, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ СТЕНД, ФІКСАЦІЯ ДЕТАЛЕЙ, ПОВОРІТНИЙ ПРИСТРІЙ, ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕМОНТУ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	8
1.1 Характерні пошкодження кузовних і рамних елементів автомобілів.	8
1.2 Аналіз конструкцій та функціональних можливостей сучасних зварювальних стендів та пристроїв.	11
1.3 Вимоги до конструкцій пристроїв для зручного, безпечного і точного зварювання.	17
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	20
2.1 Вибір конструктивної схеми та принцип дії.	20
2.2 Опис конструкції пристрою для зварювання.	25
2.3 Розрахунок основних навантажень і вибір профілю.	27
3. РОЗДІЛ. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	33
3.1 Оптимізація організаційних та технічних аспектів функціонування зони кузовного ремонту.....	33
3.2 Особливості експлуатації пристрою для виконання зварювальних робіт. ...	34
4.РОЗДІЛ. ОХОРОНА ПРАЦІ	39
4.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливих факторів при зварювальних роботах.....	39
4.2 Вимоги до безпечної організації робочого.	41
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	44
5.1 Аналіз витрат на виготовлення стенда.....	44
5.2 Визначення ефективності впровадження на СТО / підприємстві.	46
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50

ВСТУП

Розвиток автомобільного транспорту супроводжується підвищенням вимог до технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів. Значна частина ремонтних операцій, особливо при відновленні елементів кузова, рами або інших несівних конструкцій автомобіля, передбачає виконання зварювальних робіт. Саме ці процеси мають вирішальне значення для забезпечення подальшої експлуатаційної надійності, безпеки та довговічності транспортного засобу.

Незважаючи на широкий розвиток методів зварювання, більшість станцій технічного обслуговування (СТО) працюють з обмеженим набором спеціалізованої оснастки. Відсутність універсальних та ефективних пристроїв для фіксації та обробки деталей ускладнює виконання зварювальних робіт, особливо при складному просторовому положенні елементів. Це призводить до збільшення трудомісткості процесів, зниження точності позиціонування зони зварювання, підвищення фізичного навантаження на виконавців та, як наслідок, до зменшення якості ремонту.

Практика технічного сервісу свідчить, що одним із ключових напрямів удосконалення ремонту є впровадження універсальних регульованих пристроїв, які дозволяють здійснювати поворот, нахил і фіксацію деталей під час зварювання. Особливо актуальною є розробка мобільного, компактного і простого в обслуговуванні стенда, який забезпечує можливість роботи з елементами різної маси, розмірів і конфігурації. Конструктивна простота, модульність, можливість регулювання положення робочої площини та механізмів затиску — необхідні характеристики такого пристрою.

Удосконалення пристрою для виконання зварювальних робіт є важливою інженерною задачею, розв'язання якої дозволить не лише підвищити продуктивність та якість ремонту, але й покращити ергономіку робочого місця зварювальника, знизити втрати часу на підготовчі операції та оптимізувати організацію робочого процесу.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Характерні пошкодження кузовних і рамних елементів автомобілів.

У процесі експлуатації автомобіля окремі його елементи зазнають різноманітних механічних, динамічних, корозійних та термічних впливів, що призводять до формування характерних пошкоджень, особливо в конструктивно вразливих зонах. Найчастіше деформації та руйнування спостерігаються в елементах кузова та рами, які забезпечують не лише зовнішній вигляд транспортного засобу, а й виконують критично важливі функції жорсткості, зчеплення конструктивних вузлів і безпеки. Актуальність аналізу характерних пошкоджень обумовлена тим, що своєчасне виявлення, правильна класифікація та якісний ремонт таких дефектів забезпечують відновлення повної працездатності автомобіля з мінімальними витратами часу, матеріалів та ресурсів.

Кузовні елементи автомобіля найчастіше страждають від локальних або розповсюджених вм'ятин, спричинених механічним ударом, контактом з іншими транспортними засобами, наїздом на перешкоди чи впливом сипучих матеріалів (щебінь, ґравій). Такі вм'ятини можуть змінювати геометрію зовнішніх панелей, порушувати жорсткість кузова, викликати мікротріщини в лакофарбовому покритті, що в подальшому прискорює розвиток корозійних процесів [1]. У більш складних випадках пошкодження набуває характеру пластичних деформацій, які поширюються на внутрішні підсилювачі, ребра жорсткості або несівні панелі. У цьому випадку ремонт потребує не тільки вирівнювання поверхні, але й комплексного відновлення геометрії з використанням стапельних систем або фіксації елемента в регульованих пристроях.

Тріщини та розломи — ще одна поширена група дефектів, яка виникає як наслідок перевантажень, аварійних ситуацій або довготривалої дії вібрацій. Вони часто формуються в місцях концентрації напружень: навколо отворів, у зонах згину, на кутових з'єднаннях. Ігнорування мікротріщин або їх некоректне усунення може призвести до розповсюдження дефекту та повного руйнування

деталі. Особливо небезпечні тріщини у вузлах, що сприймають навантаження від підвіски, рульового управління чи енергоблоків.

Корозійні пошкодження мають інший характер виникнення, але не менш небезпечні за механічні. Основними причинами розвитку корозії є дія вологи, дорожніх реагентів (солі, хлориди), температурних перепадів і недостатній захист поверхонь. Корозія може розвиватися як ззовні, так і зсередини замкнених профілів. Найчастіше уражаються зони порогів, арок коліс, днища, задніх лонжеронів, місця кріплення елементів підвіски. Спочатку корозія проявляється у вигляді невеликих плям або здуттів фарби, однак із часом може призвести до утворення наскрізних отворів, втрати цілісності металу та загрози конструктивній цілісності елемента. Ремонт корозійних ушкоджень потребує не лише відновлення форми, але й забезпечення довготривалого захисту оновленої ділянки.

Особливої уваги потребують зварні шви — зони, де часто спостерігаються дефекти після неякісного попереднього ремонту або внаслідок заводських технологічних недоліків. Серед поширених дефектів — непровари, пори, мікротріщини в швах, а також відшарування металу поблизу зони термічного впливу. Вони можуть проявлятися вже на ранніх етапах експлуатації, особливо під впливом вологи та перепадів температур. Усі зазначені проблеми значно знижують довговічність ремонту, що вимагає впровадження якісного зварювального обладнання та контролю за технологією виконання робіт.

Рамні елементи зазнають дещо інших навантажень та пошкоджень. Рама автомобіля сприймає силові впливи від підвіски, кузова, трансмісії, тому є критично важливою конструкцією. Серед характерних пошкоджень слід виокремити пластичні деформації (внаслідок ударів або перевантаження), тріщини у зонах підвищених напружень, корозійні ураження в нижній частині, а також руйнування в зоні зварних з'єднань. Пластичні деформації часто призводять до зміщення осей, порушення розвалу-сходження коліс та зниження керованості автомобіля. Крім того, пошкодження рами суттєво впливають на геометрію кузова, що робить ремонт більш складним і дорогим.

Корозія рами відрізняється від корозії кузова тим, що, по-перше, вона тривалий час може бути непоміченою (особливо при наявності підшарового іржавіння під антикором), а по-друге — її наслідки часто є фатальними. Прогар профільованих частин лонжеронів або підрамників призводить до неможливості кріплення елементів підвіски, деформацій при навантаженні та появи люфтів. Особливо небезпечними є випадки корозії у точках з'єднання зварюванням або заклепками, де може виникати комбінований ефект механічного послаблення та руйнування шва.

Найбільш небезпечним типом пошкодження як для кузова, так і для рами, є комбіновані ушкодження, що включають одночасно механічну деформацію і корозійне ураження. У таких випадках навіть незначне зусилля під час подальшої експлуатації може призвести до раптового руйнування елемента. Це особливо актуально для старих автомобілів або транспортних засобів, що тривалий час експлуатувалися у складних кліматичних умовах.

Причинами виникнення таких пошкоджень є не лише аварії чи дорожні умови, а й фактори, пов'язані з несвоєчасним технічним обслуговуванням, використанням неякісних матеріалів, або нехтуванням правилами експлуатації. Надмірне навантаження, агресивне водіння, ігнорування сигналів про знос чи появу вібрацій можуть провокувати ушкодження, які ускладнюють ремонт або роблять його економічно недоцільним [2].

Таким чином, своєчасне виявлення та правильна діагностика пошкоджень кузовних і рамних елементів автомобіля є основою ефективного ремонту. Це потребує не лише кваліфікованого персоналу, але й відповідного оснащення — спеціалізованих стендів, пристроїв для фіксації, підйомного та зварювального обладнання. У контексті цього бакалаврського дослідження актуальним є питання підвищення ефективності ремонту за рахунок удосконалення технічних засобів, що використовуються в процесі виконання зварювальних робіт.

1.2 Аналіз конструкцій та функціональних можливостей сучасних зварювальних стендів та пристроїв.

Ефективність та якість зварювальних робіт, що виконуються при ремонті елементів автомобіля, безпосередньо залежать від якості та функціональності застосовуваного допоміжного обладнання. Сучасний ринок виробів для авторемонту пропонує широкий спектр зварювальних стендів та спеціалізованих пристроїв, які відрізняються своїми конструктивними рішеннями, діапазоном функціональних можливостей, ступенем універсальності та, відповідно, економічною доступністю[3]. Детальний аналіз цих систем є критично важливим для виявлення існуючих переваг та недоліків, а також для обґрунтування необхідності подальшого вдосконалення.

Загалом, уся сукупність зварювальних стендів та пристроїв може бути систематизована за декількома основними критеріями. За своїм призначенням вони поділяються на універсальні, розроблені для фіксації широкого кола деталей та вузлів, що відрізняються геометрією та габаритними розмірами, та спеціалізовані, котрі оптимізовані для виконання конкретних видів робіт або для роботи з певними типами елементів, наприклад, для зварювання складних вихлопних систем, відновлення рам мотоциклів або виконання точкового зварювання на специфічних кузовних елементах. Конструктивне виконання обумовлює їх класифікацію на стаціонарні, які характеризуються високою жорсткістю та стабільністю за рахунок нерухомого кріплення до підлоги або фундаментальної основи; мобільні (пересувні), оснащені колесами та механізмами для зручного переміщення по ремонтному цеху, що підвищує гнучкість робочого простору; та портативні (тимчасові), що представлені у вигляді компактних струбцин, магнітних фіксаторів або швидкознімних затискачів, призначених для оперативної установки та фіксації у локальних зонах. Тип фіксації, що застосовується у пристроях, варіюється від механічного, що базується на використанні гвинтових, важільних або кулачкових затискачів, до пневматичного чи гідравлічного, що забезпечує швидке та високонадійне утримання деталі за рахунок стисненого повітря або гідравлічного тиску, а також

магнітного, де утримання металевих елементів здійснюється за допомогою постійних або електромагнітів. Функціональні можливості позиціонування об'єкта є ключовим аспектом: існують пристрої з фіксованим положенням, що не передбачають зміни орієнтації деталі; з регульованим положенням, які дозволяють змінювати висоту установки, кут нахилу або здійснювати лінійне переміщення; а також найсучасніші системи з можливістю повороту або обертання, що забезпечують обертання деталі навколо однієї або декількох осей, оптимізуючи доступ до зони зварювання.



Рисунок 1.1. Зварювальний стіл 2000x1000x800мм WLDT2010 X3CO.

Серед різноманіття представлених на ринку рішень, можна виділити декілька типових конструкцій, кожна з яких має свої переваги та обмеження. Класичні зварювальні столи є базовим та найбільш поширеним варіантом, що являє собою металеву стільницю, часто перфоровану, з отворами для зручного кріплення струбцин та іншого оснащення. Їхня головна перевага полягає у простоті конструкції та відносній економічній доступності. Однак, суттєвим недоліком є обмежені можливості точного позиціонування об'єкта, що часто вимагає використання значної кількості допоміжного приладдя для надійної фіксації деталей складної геометрії. Більш досконалими є зварювальні столи-трансформери, які оснащені секційною або модульною поверхнею, а також

механізмами регулювання висоти та нахилу окремих секцій. Деякі моделі можуть мати висувні елементи або додаткові опори, що значно розширює їх функціональні можливості у порівнянні з класичними столами. Стенди для кузовного ремонту є спеціалізованим обладнанням, призначеним переважно для відновлення геометрії кузова після пошкоджень та подальших зварювальних робіт. Вони, як правило, мають жорстку рамну конструкцію з точками для надійного кріплення автомобіля або його окремих частин, а також пристосування для підключення гідравлічних розтяжок та спеціальних затискачів. Їхня висока спеціалізація обмежує універсальність застосування для дрібних, локальних зварювальних робіт.



Рисунок 1.2. Зварювальний стіл-візок TD Rhino Cart.

Особливе місце серед сучасних рішень займають поворотні зварювальні позиціонери. Їхня ключова функціональна особливість полягає у забезпеченні можливості обертання або нахилу закріпленої деталі на широкий кут. Це створює оптимальний доступ до зварювальної зони з будь-якої сторони, що значно підвищує ергономіку праці зварника, мінімізує незручні пози, зменшує фізичну втому та, як наслідок, істотно покращує швидкість та якість формування зварного шва.



Рисунок 1.3. Ручний обертовий зварювальний стіл.

Конструктивно вони зазвичай складаються з міцної опорної рами та надійного поворотного механізму з фіксацією у бажаному положенні. Багато моделей оснащені адаптивними затискними елементами або змінними кондукторами, що дозволяє працювати з деталями різної форми та розмірів. Функціональні можливості таких пристроїв включають широкий діапазон повороту, надійну фіксацію в заданому положенні для забезпечення стабільності

під час зварювання, високу модульність та універсальність завдяки адаптивним кріпленням, а в деяких просунутих моделях – додаткове регулювання по висоті для ще більшої оптимізації робочого процесу. Окремо слід згадати спеціалізовані кондуктори та пристосування, які розробляються для умов серійного виробництва або масового ремонту. Вони призначені для виключно точного позиціонування та фіксації ідентичних деталей, забезпечуючи високу повторюваність та якість зварних швів, але їхня універсальність вкрай обмежена.



Рисунок 1.4. Зварювальний стіл Tempus SST 65-105 / 35S.

Незважаючи на значний прогрес у розробці зварювального допоміжного обладнання, існують певні фундаментальні недоліки та обмеження, що обумовлюють актуальність та необхідність подальшого вдосконалення.

По-перше, значна кількість спеціалізованих стендів має низьку універсальність, що змушує ремонтні підприємства інвестувати у придбання кількох різних пристроїв для виконання різнотипних робіт [4].

По-друге, складність позиціонування залишається проблемою для універсальних столів, де точне виставлення та надійна фіксація складних або великогабаритних деталей, особливо при необхідності зварювання під різними кутами, вимагає значних зусиль та часових витрат. Ергономічні недоліки,

пов'язані з необхідністю працювати у незручних, вимушених положеннях при використанні базових столів або нерухомих стендів, призводять до швидкої втоми зварника, зниження загальної продуктивності праці та потенційних ризиків для його здоров'я. Крім того, деякі конструкції можуть фізично обмежувати доступ до певних, важкодоступних ділянок зварювального шва, що ускладнює якісне виконання роботи та може впливати на її надійність.



Рисунок 1.5. Зварювальний стіл Tempus SST 65-105 / 35S.

Нарешті, висока вартість деяких високотехнологічних або вузькоспеціалізованих стендів часто становить значний бар'єр для малих та

середніх станцій технічного обслуговування. Враховуючи виявлені обмеження, особливий науковий та практичний інтерес викликають пристрої, що здатні забезпечити можливість багатопозиційного регулювання та повороту закріплених елементів. Такі рішення мають потенціал до істотного підвищення ефективності та якості зварювальних робіт, мінімізуючи значну частину вищезазначених недоліків. Їх подальший розвиток, оптимізація конструкції та розширення функціональних можливостей є актуальним та перспективним напрямком для інновацій у сфері ремонту автомобілів..

1.3 Вимоги до конструкцій пристроїв для зручного, безпечного і точного зварювання.

Процес зварювання в умовах технічного обслуговування транспортних засобів висуває особливі вимоги до умов праці, організації робочого місця та технічного оснащення. Одним із критично важливих елементів при цьому є пристрої, що забезпечують фіксацію та позиціонування деталей під час зварювальних операцій. Якість, точність, безпечність та ергономічність зварювання безпосередньо залежать від конструктивних особливостей допоміжного обладнання. Неправильна або нестійка фіксація зварюваного елемента може не лише знизити якість з'єднання, але й стати причиною аварійної ситуації чи травмування працівника [5]. У зв'язку з цим розробка конструкцій таких пристроїв потребує врахування ряду комплексних технічних вимог.

Передусім конструкція повинна забезпечувати жорстку та надійну фіксацію деталі у заданому положенні. Під час зварювання виникають термічні деформації, які здатні змінювати геометрію деталі, особливо якщо вона виготовлена з тонколистового металу. Надійна фіксація не лише запобігає мимовільному зміщенню, але й дозволяє зберегти геометричну точність з'єднання. Пристрій має протидіяти будь-якому зсуву деталі внаслідок дії ваги, зварювального струму, вібрацій або зусиль з боку оператора.

Другим важливим параметром є регульованість положення деталі у просторі. Багато елементів, що підлягають ремонту, мають складну просторову конфігурацію, вигини, заглиблення, несиметричну форму або великі розміри. Тому пристрій повинен дозволяти змінювати положення деталі по декількох ступенях свободи – обертання навколо горизонтальної або вертикальної осі, нахил, висування, зсув, підйом або опускання. Наявність механізмів, що дозволяють обертати деталь на 360 градусів або фіксувати її під кутом, значно підвищує доступність до зони зварювання, покращує зручність роботи та зменшує фізичне навантаження на працівника.

Також слід зазначити важливість ергономіки конструкції. Пристрій має бути зручним у використанні, простим у налаштуванні та управлінні, не створювати додаткових навантажень або ризиків для працівника [6]. У цьому контексті бажано, щоб всі механізми регулювання були доступними з робочої позиції зварювальника, мали надійні фіксатори та захищені вузли. Конструкція повинна мінімізувати кількість зусиль, які необхідно прикласти для повороту або налаштування. Застосування гвинтових, гідравлічних або електромеханічних приводів значно підвищує ергономіку та швидкість налаштувань.

Особливу увагу слід приділити безпеці експлуатації пристрою. Під час зварювання на пристрій можуть впливати високі температури, бризки розплавленого металу, електричний струм, вібрації та динамічні навантаження. Усі частини пристрою, що контактують із зоною зварювання, повинні бути виготовлені з термостійких та електробезпечних матеріалів. Перевага надається сталевим сплавам з антикорозійним покриттям або термостійкому чавуну.

Крім того, сучасні пристрої повинні мати високу точність фіксації. Це особливо важливо при ремонті елементів, які згодом працюють під динамічним навантаженням або утворюють частину геометрично складної конструкції (наприклад, лонжерони, підрамники, кронштейни підвіски). У таких випадках похибка позиціонування навіть на кілька міліметрів може спричинити відхилення у розташуванні коліс, агрегатів або порушити аеродинаміку кузова.

Для підвищення точності пристрої обладнують шкалами, фіксаторами положення, шаблонами, кондукторними напрямними або лазерними мітками.

Також надзвичайно важливою є універсальність і адаптивність пристрою. В умовах СТО доводиться працювати з великою кількістю різних автомобілів, що мають різні типорозміри та конструкції деталей [7]. Тому доцільно створювати модульні або збірні конструкції пристроїв, у яких можна змінювати робочі елементи, розміри напрямних, кути нахилу тощо. Завдяки цьому один і той самий пристрій може використовуватись для обробки широкого спектра елементів, зменшуючи потребу в кількох окремих оснастках.

Конструкція пристрою повинна також відповідати вимогам технологічності — бути простою у виготовленні, складанні та обслуговуванні. Це означає, що більшість її вузлів мають виготовлятися із стандартного прокату, доступних з'єднувальних елементів (болти, гайки, заклепки), допускати повторне використання та швидку заміну зношених частин. Конструкція повинна дозволяти здійснювати поточний ремонт без потреби у складному демонтажі або спеціалізованому обладнанні.

Значну роль відіграє і стійкість конструкції до робочих навантажень. Під час зварювання можливі зусилля від притиску деталей, власної ваги конструкцій, зворотного струму, вібрацій від зварювального обладнання. Пристрій повинен витримувати ці навантаження з достатнім запасом міцності, мати стабільну основу або систему кріплення до підлоги/платформи. У разі використання рухомої бази (наприклад, на колесах) повинні передбачатися блокувальні стопори.

Таким чином, конструкції пристроїв для виконання зварювальних робіт повинні задовольняти комплекс технічних і експлуатаційних вимог: забезпечувати точне, надійне та безпечне позиціонування деталей, бути адаптивними до різних умов роботи, мати ергономічну структуру та відповідати сучасним вимогам щодо охорони праці. Забезпечення цих умов дозволяє значно підвищити продуктивність і якість зварювальних робіт, скоротити час ремонту, зменшити навантаження на персонал, а також мінімізувати виробничі ризики.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Вибір конструктивної схеми та принцип дії.

Процес проектування пристрою для виконання зварювальних робіт у рамках ремонту елементів автомобіля передбачає ґрунтовне техніко-інженерне обґрунтування вибору конструктивної схеми. Від правильного визначення конфігурації, кінематичної побудови та принципу функціонування пристрою залежить не лише якість зварювальних операцій, але й безпечність, продуктивність, ремонтпридатність та універсальність технологічного процесу [8]. У цьому розділі розглянуто основні фактори, що впливають на вибір конструкції, проведено аналіз варіантів технічної реалізації та обґрунтовано вибір раціональної схеми пристрою, адаптованого до умов автосервісу.

Зварювання автомобільних елементів має низку особливостей, зокрема складну просторову орієнтацію зварюваних вузлів, обмежений доступ до деяких поверхонь, необхідність точного позиціонування та фіксації деталі, що підлягає ремонту. У зв'язку з цим найбільш ефективною конструктивною основою є стенд поворотного типу, що дозволяє змінювати просторову орієнтацію деталі навколо горизонтальної осі, а також фіксувати її у будь-якому положенні для полегшення зварювального процесу.

Обраний пристрій ґрунтується на комбінованій схемі поворотного зварювального стенда з регульованою висотою та можливістю фіксації довгомірних або габаритних деталей. Його конструктивна схема включає основну раму, дві опорні стійки, механізм обертання зварюваного вузла, систему блокування та позиціонування, а також змінні елементи кріплення. Рама виконує роль базового несучого елемента та забезпечує стабільність конструкції. Вона виготовляється з верстатного профілю, який має високу жорсткість та стійкість до крутильних навантажень.

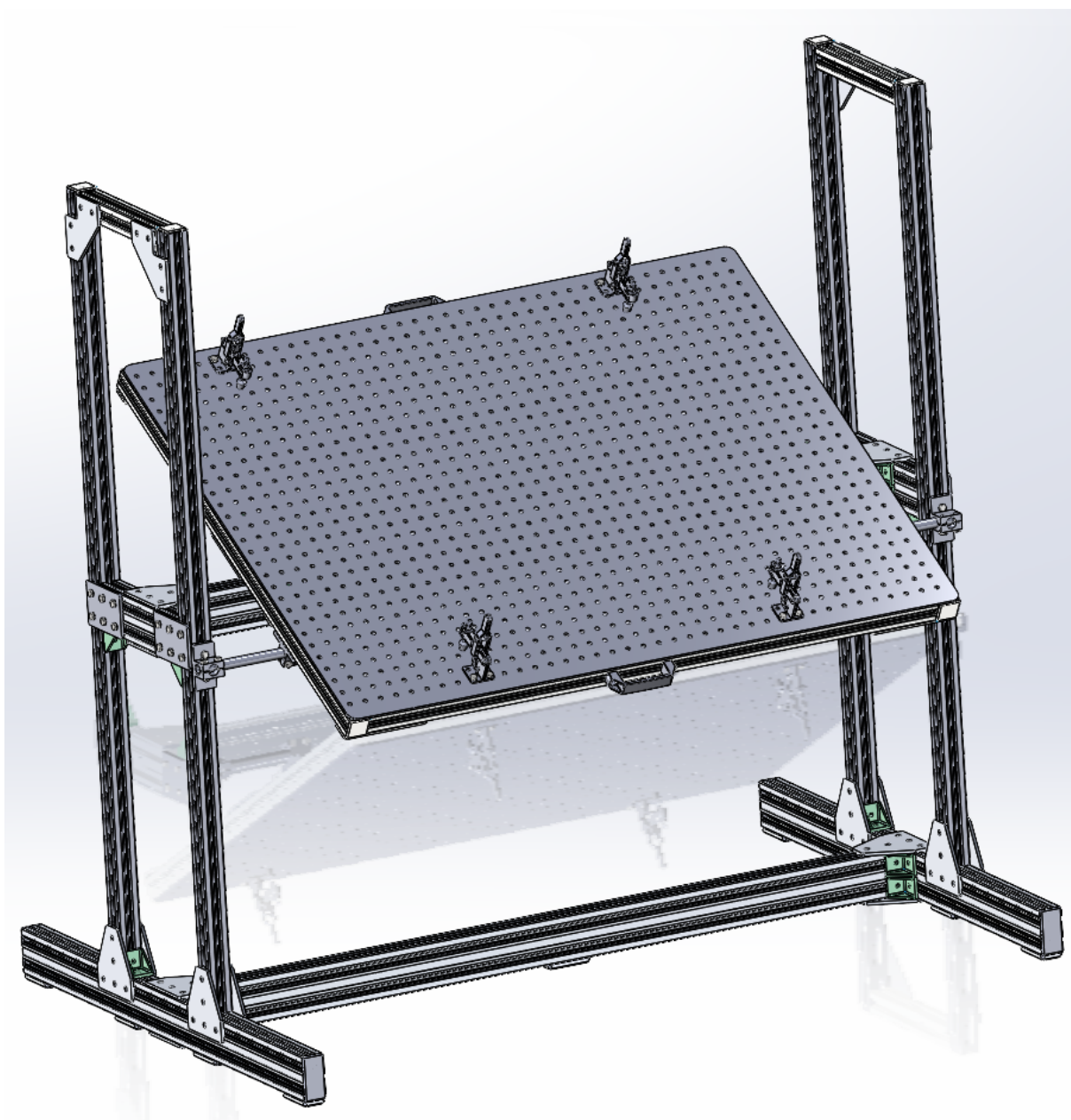


Рисунок 2.1. 3D модель розробленого пристрою для виконання зварювальних робіт.

Опорні стійки встановлюються по обох кінцях рами і слугують для фіксації поворотного вала, на якому монтується кріплення для деталі. За рахунок переміщення поворотного кронштейна можливо оператору змінювати кут нахилу деталі з високою точністю. Інша стійка може мати функцію компенсації довжини або знімну конструкцію, що спрощує монтаж і демонтаж габаритних елементів.

Універсальність кріплення досягається за рахунок сітки монтажних отворів або адаптивної рами з регульованими напрямними. Поворотний механізм дозволяє виконувати зварювання у найбільш зручній для оператора позиції, включаючи вертикальні та нижні шви, які є критично важливими з точки зору якості. Блокування поворотної площадки відбувається за рахунок затягування болтів кріплення поворотних кронштейнів.

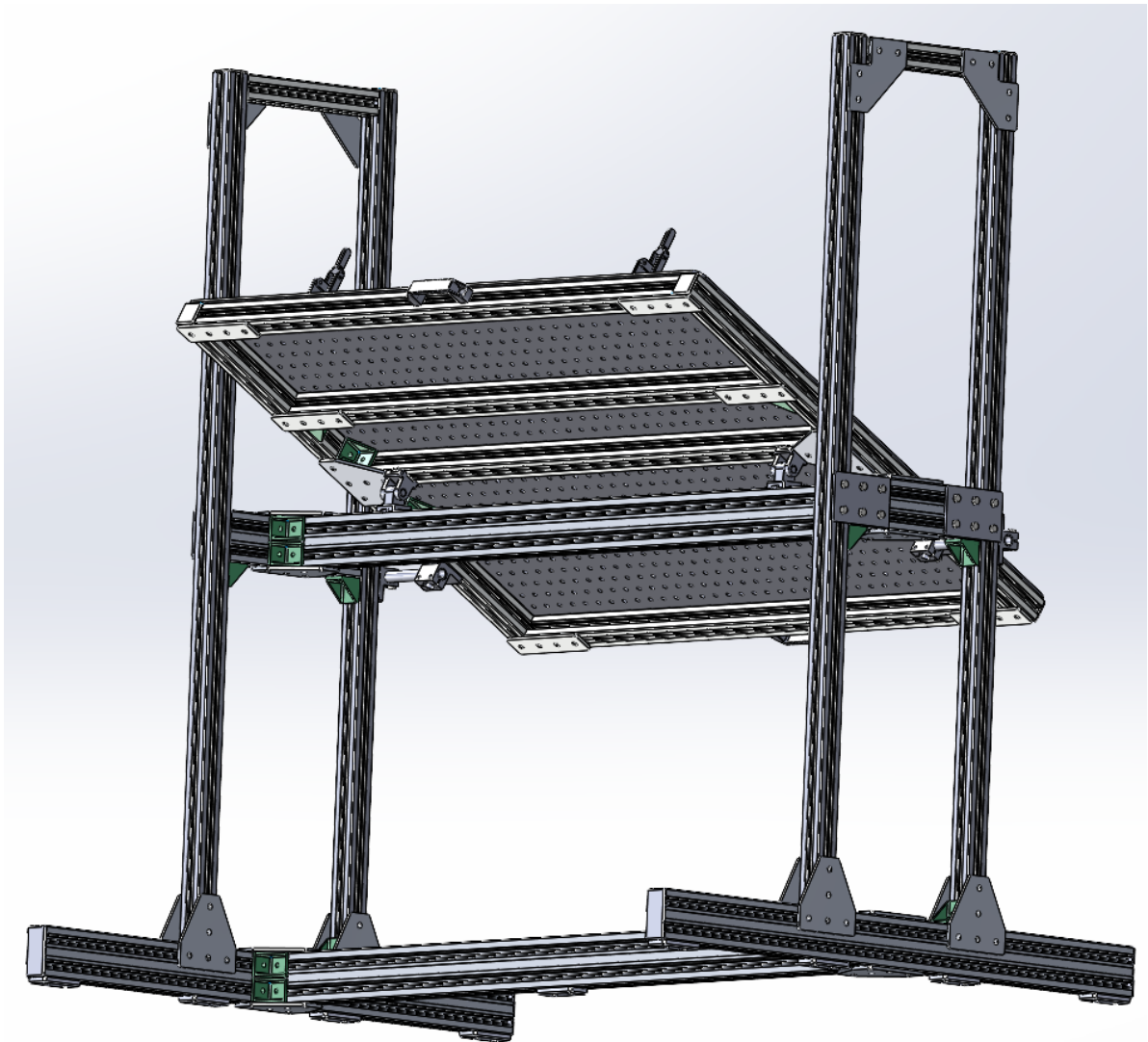
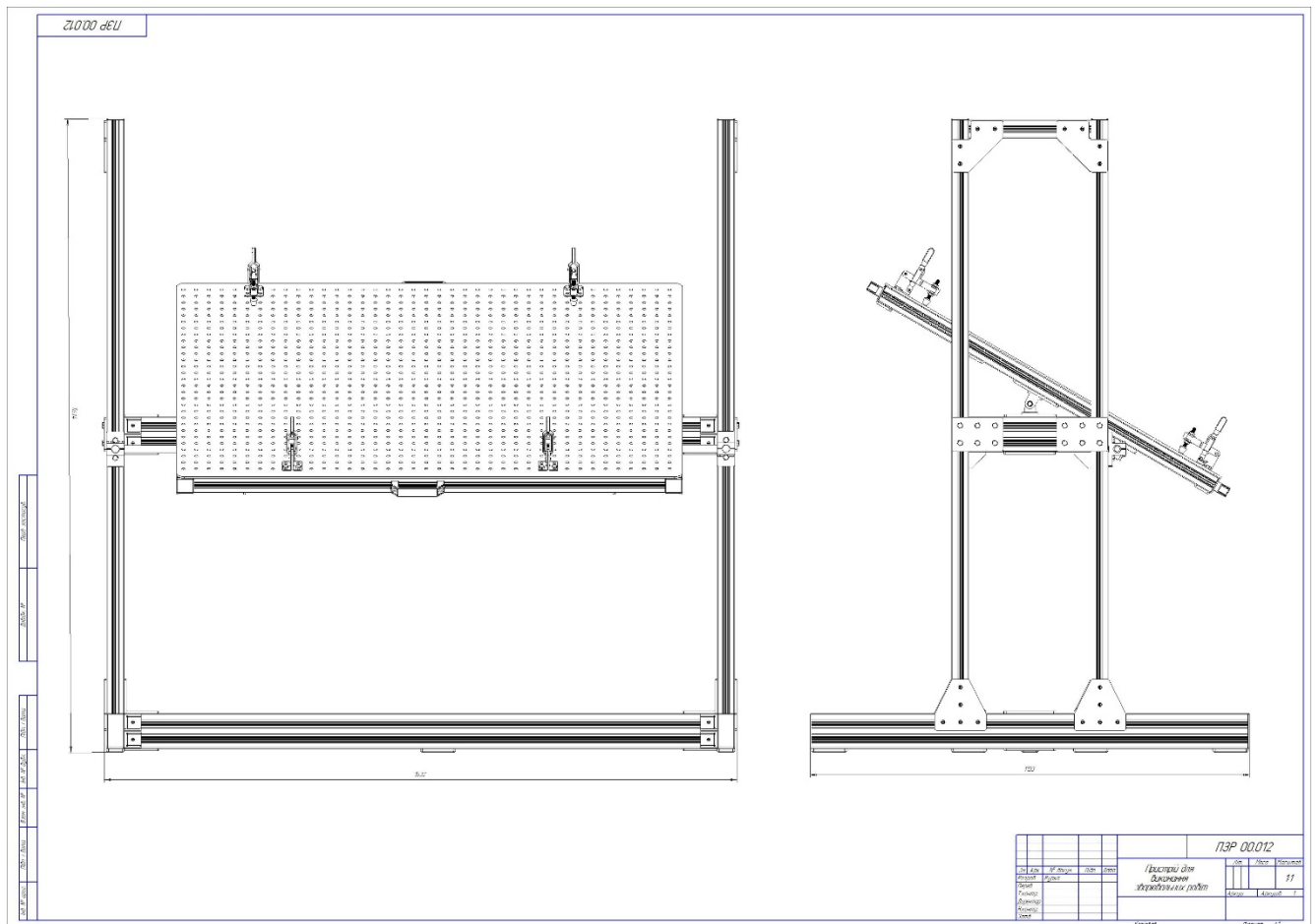


Рисунок 2.2. 3D модель розробленого пристрою для виконання зварювальних робіт вид з заду.

Підвищення функціональності стенда досягається за рахунок наявності можливості регулювання висоти робочого вузла. Це дозволяє адаптувати пристрій до зросту оператора, типу зварювального обладнання або габаритів

деталі. У якості такого механізму використовується можливість переміщення елементів по канавках верстатного профілю, відповідно при досягненні необхідного положення елементи фіксуються простим закручуванням кріпильних болтів, що суттєво спрощує конструкцію пристрою [10].

У ході експлуатації пристрою надзвичайно важливим є питання безпеки. Конструкція повинна запобігати мимовільному переміщенню деталі, зміщенню центра ваги або втраті стійкості. Для запобігання перевантаженню конструкції проводиться попередній розрахунок на міцність основних вузлів, визначення моментів інерції та оцінка стійкості при дії маси зварювального обладнання та оператора.



Оскільки у сфері ремонту автомобілів на СТО часто працюють з широким діапазоном деталей, конструкція повинна мати високий ступінь адаптивності. З цією метою до складу пристрою включаються змінні адаптери та елементи фіксації. Універсальність дозволяє використовувати пристрій як для легкових автомобілів, так і для комерційного транспорту. Це знижує потребу у спеціалізованому обладнанні та дає змогу оптимізувати витрати підприємства.

З метою забезпечення надійності в реальних умовах СТО, вибір конструкції орієнтований на модульний принцип побудови. Це дозволяє спростити процес збирання та транспортування пристрою, а також дає можливість його швидкого ремонту або модифікації при зміні виробничих потреб. Модульний підхід також полегшує модернізацію конструкції, наприклад — інтеграцію електроприводу або цифрового позиціонування. Оскільки запропонований пристрій є цілком розбірний це дозволяє при необхідності малозатратне його переміщення між різними локаціями виробництва та ремонту.

Принцип дії пристрою заснований на можливості швидкого та точного позиціонування зварюваного елемента у зручному положенні для виконання зварювання. Після цього виконується зварювання по периметру або у визначених точках. У разі потреби зміни позиції — фіксація знімається, і процедура повторюється. За рахунок точного позиціонування оператор отримує вільний доступ до шва, правильну орієнтацію дуги, кращий контроль розплаву та можливість дотримання режимів зварювання.

Описана конструктивна схема відповідає вимогам до універсальних пристроїв для ремонту металевих елементів автомобіля: вона проста у виробництві, забезпечує гнучкість застосування, відповідає вимогам безпеки та дозволяє досягати високої якості зварювання [11]. Такий підхід дозволяє суттєво скоротити витрати часу на установку елемента, зменшити фізичне навантаження на оператора, підвищити точність виконання ремонтних робіт і зменшити ймовірність появи дефектів у зварному з'єднанні.

2.2 Опис конструкції пристрою для зварювання.

Ефективність ремонту автомобільних елементів за допомогою зварювання значною мірою визначається технічним рівнем і раціональністю конструкції допоміжного пристрою, що забезпечує стабільне положення деталей під час виконання зварювальних робіт. Основними складовими такого пристрою є жорстка несуча рама, регульована платформа для монтажу зварюваних елементів, механізм повороту та вузли фіксації, які забезпечують точне позиціонування і надійне утримання конструкцій у необхідному положенні. У цьому розділі детально описано будову кожного з перелічених компонентів, їх функціональне призначення та особливості взаємодії.

Основу всього пристрою становить рама з верстатного профілю, усі елементи якої змонтовані між собою за допомогою болтовим з'єднань. Вона виконує функцію базового елемента, на якому закріплюються всі інші компоненти, і водночас сприймає навантаження від маси зварюваної деталі, ваги самого пристрою, а також зусиль, що виникають під час переміщення або повороту конструкцій. Висока жорсткість і стійкість рами є запорукою геометричної стабільності та точності виконання зварювальних операцій.

Конструкція рами являє собою каркас, який складається з поздовжніх балок, поперечних підсилювачів та опор. Балки виготовляються зі верстатного профілю типу 45×45, які мають достатню міцність при згині та крученнях. Для підвищення стійкості конструкції до динамічних навантажень рама обладнується діагональними косинками в зонах з'єднань [12].

Нижня частина рами виконує функцію опорної бази й може встановлюватися як стаціонарно (на анкерні болти), так і мобільно — за допомогою поворотних коліс із гальмівним механізмом. Пристрої на колесах доцільні для невеликих ремонтних майстерень, де обмежений простір потребує періодичного переміщення обладнання. Усі точки опори повинні мати компенсувальні регульовальні гвинти для виставлення горизонтального положення пристрою відносно площини підлоги.

Робоча платформа пристрою виконує функцію універсального вузла для закріплення зварюваних елементів. Вона розташовується на поворотному каркасі і має декілька регульованих вузлів для кріплення деталей різної форми та розмірів. Конструктивно вона являє собою рамну панель з перфорованою поверхнею, у якій розміщені монтажні отвори з відповідним кроком.

Для універсалізації платформи використовуються допоміжні напрямні функцію яких виконує вказаний профіль, які дозволяють адаптувати пристрій до специфіки зварюваної деталі. Наприклад, для зварювання рам автомобілів платформа може мати дві регульовані балки з рухомими притискними елементами, що дозволяють фіксувати як прямолінійні, так і вигнуті елементи. У разі необхідності платформа може бути оснащена додатковими адаптерами — затискачами, тисками або шаблонами, виготовленими під конкретний вузол.

Матеріалом для платформи слугує сталь товщиною 4–6 мм, що забезпечує достатню міцність без значного перевантаження поворотного вузла. Поверхня покривається жаростійкою фарбою або цинковим напиленням для захисту від дії високих температур та іскор. За необхідності передбачається змінна підкладка з вогнетривкої сталі або керамічного листа для роботи з високотемпературним зварюванням.

Поворот здійснюється вручну, без використання редуктора. Це спрощує конструкцію, знижує масу та вартість виготовлення. Перевагою такої реалізації є простота, ремонтпридатність і невибагливість у експлуатації. Недоліком — менша плавність регулювання порівняно з редукторними варіантами, що частково компенсується використанням фрикційних підшипників або компенсаційних пружин [12].

Усі елементи конструкції взаємопов'язані та працюють у взаємодії як єдина система. Такий підхід дозволяє оператору швидко та безпечно встановити деталь, позиціонувати її у необхідному положенні, виконати зварювання з мінімальними втратами часу й зусиль, а також забезпечити контроль за точністю виконання шва.

2.3 Розрахунок основних навантажень і вибір профілю.

Надійність та безпечна експлуатація розробленого пристрою для виконання зварювальних робіт безпосередньо залежать від правильності визначення навантажень, що діятимуть на його конструктивні елементи, та обґрунтованого вибору матеріалів і профілів. Метою цього підрозділу є проведення інженерних розрахунків ключових несучих елементів пристрою, а саме рами та поворотних стійок, з метою забезпечення їх міцності та стійкості під дією експлуатаційних навантажень, виходячи з використання алюмінієвого верстатного профілю.

Основним експлуатаційним навантаженням на пристрій є вага елемента автомобіля, що фіксується для зварювання, а також власна вага рухомих частин пристрою. Враховуючи універсальність пристрою, необхідно прийняти максимально можливу масу деталі, яку він здатен утримувати.

Приймемо максимальну розрахункову масу деталі m_{max} , яка може бути встановлена на пристрій, рівною 75 кг.

* Максимальна розрахункова маса деталі: $m_{max} = 75$ кг.

* Прискорення вільного падіння: $g = 9.81$ м/с².

Тоді максимальна сила ваги P_{max} , що діє на пристрій, буде:

$$P_{max} = m_{max} g \quad (2.1.)$$

$$P_{max} = 75 \text{ кг} \cdot 9.81 \text{ м/с}^2 = 735.75 \text{ Н}$$

Додатково необхідно врахувати власну вагу рухомої частини пристрою (рамки, на якій кріпиться деталь). Орієнтовно, її маса $m_{рух}$ може складати до 50 кг.

Маса рухомої частини: $m_{рух} = 50$ кг.

Сила ваги рухомої частини:

$$P_{рух} = m_{рух} g \quad (2.2.)$$

$$P_{рух} = 50 \text{ кг} \cdot 9.81 \text{ м/с}^2 = 490.5 \text{ Н}$$

Сумарна вертикальна сила $P_{\text{заг}}$, що діятиме на опорні елементи пристрою (стійки):

$$P_{\text{заг}} = P_{\text{max}} + P_{\text{рух}} \quad (2.3.)$$

$$P_{\text{заг}} = 735.75 \text{ Н} + 490.5 \text{ Н} = 1226.25 \text{ Н}$$

Ця сумарна сила розподіляється між двома опорними стійками. Однак, у найнесприятливішому випадку (наприклад, при зміщенні центру мас), значна частина навантаження може припадати на одну стійку. Також, при повороті конструкції, навантаження можуть мати компоненти, що викликають згинання та скручування.

Для несучих елементів конструкції обрано алюмінієвий верстатний профіль 45x45 мм. Ці профілі виготовляються зі сплавів алюмінію, зазвичай серії АД31Т1 (6063-Т5/Т6), які забезпечують хорошу міцність, легкість та естетичний вигляд.

Характеристики алюмінієвого профілю 45x45 мм з пазом 8 мм (типові значення для 6063-Т6):

Розміри: 45 мм × 45 мм

Модуль пружності (Юнга): $E = 69 \text{ ГПа} = 69 \cdot 10^9 \text{ Па}$

Межа текучості: $\sigma_T = 170 \text{ МПа}$ (для 6063-Т6)

Межа міцності: $\sigma_B = 215 \text{ МПа}$ (для 6063-Т6)

Щільність: $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$

Для розрахунків на міцність, використовуємо межу текучості як розрахунковий опір. Допустиме напруження визначається з урахуванням коефіцієнта запасу міцності. Прийmemo коефіцієнт запасу міцності $k_3 = 2.0$.

Допустиме напруження при згині: $[\sigma] = \sigma_T / k_3 = 170 \text{ МПа} / 2.0 = 85 \text{ МПа}$

Допустиме напруження при зсуві: $[\tau] = 0.5 [\sigma] = 0.5 \cdot 85 \text{ МПа} = 42.5 \text{ МПа}$

Типові геометричні характеристики алюмінієвого профілю 45х45 мм з пазом 8 мм (можуть незначно відрізнятись у різних виробників):

Площа поперечного перерізу: $A \approx 500 \text{ мм}^2 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

Момент інерції: $I_x = I_y \approx 16.5 \text{ см}^4 = 1.65 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$

Момент опору: $W_x = W_y \approx 7.3 \text{ см}^3 = 7.3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$

Згідно з зображенням, опорні стійки мають вигляд вертикальних елементів, що підтримують поворотну частину. Хоча кожна стійка в статиці сприймає частину навантаження, найнесприятливіший випадок виникає, коли вся вага або її значна частина діє на певній відстані від осі стійки, викликаючи згинання, особливо при повороті.

Навантаження на одну стійку в статиці:

$$P_{\text{стійка}} = P_{\text{заг}} / 2 = 1226.25 \text{ Н} / 2 = 613.125 \text{ Н.} \quad (2.4.)$$

Розглянемо випадок максимального згинального моменту на стійку. Прийmemo довжину консолі (винос частини, що обертається, відносно стійки) $L_k = 0.5 \text{ м}$.

Максимальний згинальний момент M_{max} на стійку:

$$M_{\text{max}} = P_{\text{max}} L_k \quad (2.5.)$$

$$M_{\text{max}} = 735.75 \text{ Н} \cdot 0.5 \text{ м} = 367.875 \text{ Н м}$$

Умова міцності при згині:

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{W_x} \leq [\sigma] \quad (2.6.)$$

Де W_x – момент опору перерізу для алюмінієвого профілю 45х45 мм.

Напруження при згині:

$$\sigma = \frac{367.875 \text{ Н} \cdot \text{м}}{7.3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} \approx 50.39 \cdot 10^6 \text{ Па} = 50.39 \text{ МПа}$$

Порівняння з допустимим напруженням:

$$50.39 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 85 \text{ МПа}$$

Умова міцності при згині виконується. Напруження 50.39 МПа знаходиться в межах допустимих 85 МПа, що свідчить про придатність профілю 45х45 мм для опорних стійок при заданому навантаженні.

Перевірка на стійкість:

Вертикальні стійки також працюють на стиск. Хоча основне навантаження припадає на згин, необхідно перевірити їх стійкість до втрати форми (вигин).

Приймемо довжину стійки, що може вигнутися, $L_s = 1.5 \text{ м}$.

Радіус інерції i :

$$i = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (2.7.)$$

$$i = \sqrt{\frac{1.65 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4}{5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}} \approx \sqrt{0.00033} \approx 0.01817 \text{ м}$$

Гнучкість стійки λ :

$$\lambda = \frac{L_s}{i} = \frac{1.5 \text{ м}}{0.01817 \text{ м}} \approx 82.55 \quad (2.8.)$$

Для розрахунку стійкості алюмінієвих профілів, особливо при великій гнучкості, використовують формулу Ейлера або криві стійкості (залежить від матеріалу та способу кріплення). Критичне напруження Ейлера для шарнірно закріплених кінців:

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad (2.9.)$$

$$\sigma_{кр} = \frac{(3.14159)^2 \cdot 69 \cdot 10^9 \text{ Па}}{(82.55)^2} \approx \frac{9.8696 \cdot 69 \cdot 10^9}{6814.5} \approx 99.98 \cdot 10^6 \text{ Па} = 99.98 \text{ МПа}$$

Порівнюємо напруження стиску $R_{стійка}/A$ з критичним напруженням.

Напруження стиску:

$$\sigma_{\text{стиск}} = \frac{613.125 \text{ Н}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = 1.226 \cdot 10^6 \text{ Па} = 1.226 \text{ МПа}$$

Умова стійкості (з урахуванням коефіцієнта запасу за стійкістю $k_{\text{ст}} = 2.5$):

$$\sigma_{\text{стиск}} \leq \frac{\sigma_{\text{кр}}}{k_{\text{ст}}} \quad (2.10.)$$

$$1.226 \text{ МПа} \leq \frac{99.98 \text{ МПа}}{2.5} = 39.98 \text{ МПа}$$

Умова стійкості для чистого стиску виконується із значним запасом. Навіть з урахуванням комбінованого навантаження (стиск + згин), профіль 45x45 мм демонструє достатній запас міцності та стійкості.

Рама поворотної частини, до якої безпосередньо кріпиться автомобільний елемент, також піддається значним згинальним навантаженням.

Припустимо, що рама має проліт $L_{\text{рама}} = 2.0 \text{ м}$ і навантаження $P_{\text{max}} = 735.75 \text{ Н}$ зосереджене в центрі прольоту.

Максимальний згинальний момент у центрі прольоту:

$$M_{\text{рама}} = \frac{P_{\text{max}} \cdot L_{\text{рама}}}{4} = 367.875 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.11.)$$

Напруження при згині для алюмінієвого профілю 45x45 мм:

$$\sigma = \frac{M_{\text{рама}}}{W_x} = \frac{367.875 \text{ Н} \cdot \text{м}}{7.3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} \approx 50.39 \text{ МПа} \quad (2.12.)$$

Знову ж таки, порівняння з допустимим напруженням:

$$50.39 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 85 \text{ МПа}$$

Умова міцності для рами поворотної частини також виконується.

На основі проведених розрахунків встановлено, що алюмінієвий верстатний профіль 45x45 мм є придатним для виготовлення основних несучих елементів (опорних стійок та рами поворотної частини) пристрою, розрахованого на фіксацію деталей вагою до 75 кг при прийнятих геометричних

параметрах. Отримані напруження не перевищують допустимих меж для даного матеріалу з урахуванням необхідного запасу міцності. Такий вибір матеріалу та профілю дозволяє створити легку, але достатньо міцну та стійку конструкцію, що відповідатиме вимогам ергономіки та безпеки для ремонту відносно невеликих елементів автомобіля.

3. РОЗДІЛ. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оптимізація організаційних та технічних аспектів функціонування зони кузовного ремонту.

Кузов автомобіля, який є найбільшою його частиною, виконує роль простору для перевезення пасажирів та вантажів. У легковому автомобілі кузов зазвичай складається з трьох основних відділень. Перше - моторний відсік, призначений для розташування двигуна. Друге - пасажирське відділення, яке призначено для комфортного перевезення людей та невеликих вантажів. Третє - багажне відділення. Варто зазначити, що відділення для пасажирів займає близько двох третин загального простору. Крім того, кузов також визначає зовнішній вигляд автомобіля, надаючи йому своєрідний стиль та впізнаваність.

Кузовний ремонт автомобіля - це відновлення кузова транспортного засобу до його первинного стану.

Ремонт кузова автомобіля - це комплекс операцій, які виконуються для відновлення пошкоджень, відновлення зовнішнього вигляду і структурної цілісності кузова автомобіля [13].

Головна мета ремонту кузова полягає в поверненні автомобілю його оригінального зовнішнього вигляду та функціональності після пошкоджень, що можуть виникнути внаслідок аварій, зносу, корозії або інших зовнішніх факторів. Ремонт кузова включає в себе виправлення деформацій, заміну пошкоджених деталей, відновлення лакофарбового покриття та інші роботи, які дозволяють відновити естетичний вигляд автомобіля і його функціональність.

Ремонт кузова автомобіля має кілька важливих функцій:

1. Естетична функція: Ремонт кузова допомагає відновити зовнішній вигляд автомобіля, усунути пошкодження, подряпини, вм'ятини та інші дефекти, що покращує його зовнішній вигляд і зберігає привабливість автомобіля.

2. Функція безпеки: Ремонт кузова включає в себе відновлення структурної цілісності автомобіля після пошкоджень.

3. Захист від корозії: Ремонт кузова включає в себе заходи щодо видалення ржавчини, покриття антикорозійними матеріалами та лакофарбовим покриттям,

що допомагає запобігти подальшій корозії кузова і зберегти його стійкість до впливу агресивних зовнішніх умов.

4. Відновлення структурної міцності: Ремонт кузова включає виправлення деформацій, відновлення та підсилення конструктивних елементів, що дозволяє повернути автомобілю його початкову структурну міцність і забезпечити безпеку пасажирів під час руху.

5. Підвищення вартості автомобіля: Виконання якісного ремонту кузова сприяє підвищенню вартості автомобіля. Автомобіль з добре відновленим кузовом має більшу ринкову ціну, що може бути важливим фактором при подальшій продажі або обміні автомобіля.

6. Збереження ресурсу автомобіля: Ремонт кузова сприяє збереженню ресурсу автомобіля, оскільки відновлення пошкоджень та захист від корозії допомагають зберегти кузов в гарному стані протягом тривалого періоду експлуатації.

В цілому, ремонт кузова автомобіля є необхідною процедурою, яка допомагає підтримувати автомобіль у належному стані, зберігати його естетику, безпеку та функціональність, а також підвищує його загальну вартість.

3.2 Особливості експлуатації пристрою для виконання зварювальних робіт.

Експлуатація зварювального пристрою, розробленого для підвищення ефективності ремонту елементів автомобіля, що відображає концепцію поворотного столу-позиціонера, вимагає глибокого розуміння специфіки роботи з різними типами автомобільних деталей. Кожен компонент автомобіля – від елементів кузова до деталей рами та підвіски – має унікальні характеристики, які диктують особливі підходи до їх фіксації, позиціонування та виконання зварювальних робіт, безпосередньо впливаючи на ефективність та безпеку застосування пристрою.

При ремонті тонколистових елементів кузова, таких як крила, двері, капоти або елементи даху, основною особливістю є їх відносно мала маса та схильність до термічних деформацій під час зварювання [14]. Експлуатація пристрою в цьому випадку зосереджена на забезпеченні максимально точного та стабільного позиціонування деталі для мінімізації необхідності подальшої рихтовки. Оскільки ці елементи часто мають складну просторову форму, можливість повороту та нахилу робочої поверхні пристрою дозволяє зварнику працювати у найзручнішому положенні, виконуючи шви з мінімальними перервами та оптимальним доступом до зварювальної ванни. Це знижує ризик деформацій, оскільки дозволяє рівномірніше розподіляти тепловий вплив та контролювати швидкість зварювання. Затискні механізми пристрою повинні забезпечувати делікатну, але надійну фіксацію без пошкодження поверхні, використовуючи, наприклад, гумові або пластикові накладки. Легка вага цих деталей дозволяє максимально використовувати потенціал обертання та нахилу, що є ключовою перевагою розробленого пристрою.



Рисунок 3.1. Затискачі з колінчастим важелем.

Ремонт силових елементів кузова та рами, таких як лонжерони, поперечини, елементи підрамників або кріплення агрегатів, висуває інші вимоги. Ці деталі значно важчі та несуть високі навантаження під час експлуатації автомобіля, тому їх ремонт вимагає забезпечення максимальної міцності та точності відновлення геометрії [15]. Пристрій, що розглядається, завдяки своїй здатності витримувати значні маси (до 75 кг, як було обґрунтовано у розрахунках), ефективно забезпечує надійну фіксацію таких елементів. Особливість експлуатації полягає у необхідності точного виставлення елементів відповідно до контрольних точок кузова або рами. Можливість повороту дозволяє зварювати елементи з різних сторін без перестановки, що є критично важливим для формування міцних та якісних швів у важкодоступних місцях, мінімізуючи напруження та деформації. Використання міцних затискних елементів, здатних витримувати значні зусилля, є обов'язковим для уникнення зсувів під час зварювання.

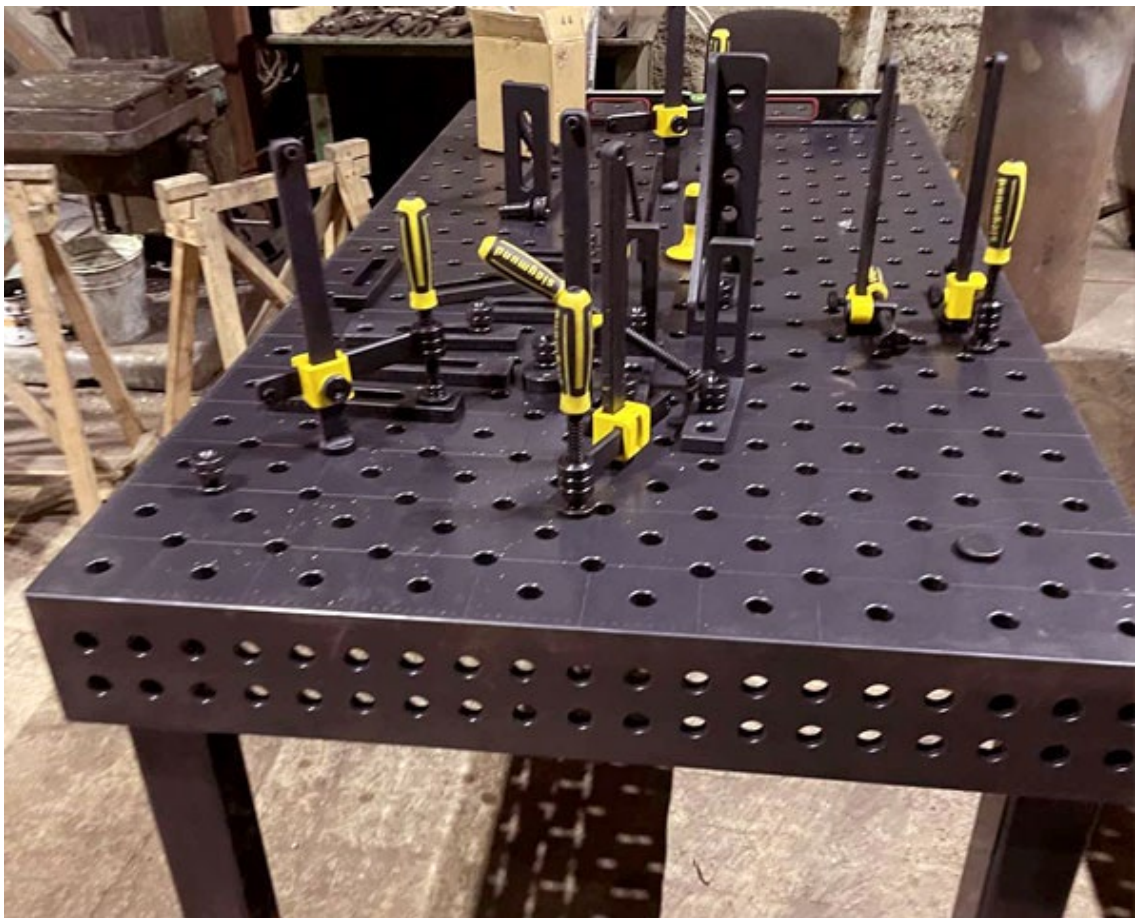


Рисунок 3.2. Модульний зварювальний стіл з затискачами.

При роботі з деталями підвіски та трансмісії, які часто є масивними та мають складну форму (наприклад, важелі, осі, елементи картерів), експлуатаційні особливості зварювального пристрою також проявляються по-різному. Незважаючи на те, що ці деталі можуть бути досить важкими, їх геометрія часто унеможлиблює зручний доступ до всіх зон зварювання при традиційній фіксації. Поворотний механізм пристрою дозволяє зварнику орієнтувати деталь таким чином, щоб зварювальний шов завжди виконувався у найзручнішому просторовому положенні (як правило, "в нижнє положення"), що покращує формування шва, зменшує пористість та забезпечує глибше проплавлення. Це особливо важливо для деталей, що працюють під високими циклічними навантаженнями, де якість зварного з'єднання є запорукою безпеки.

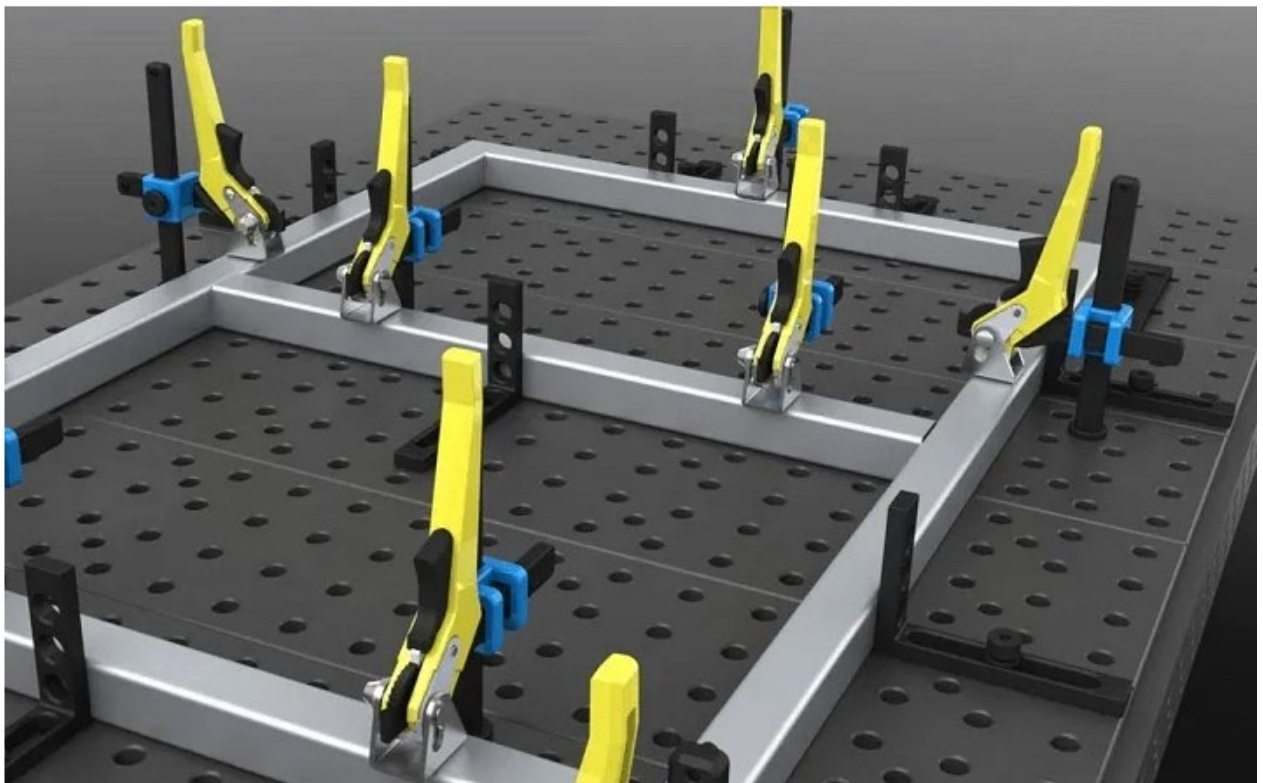


Рисунок 3.3. Позиціонування елементів для зварювання.

Крім того, при експлуатації пристрою для ремонту будь-яких деталей, необхідно враховувати загальні аспекти безпеки та ергономіки. Можливість швидкої та надійної фіксації деталей різних розмірів та форм дозволяє скоротити час підготовки до зварювання. Регулювання висоти робочої поверхні (якщо

передбачено конструкцією) та можливість її обертання значно зменшують фізичне навантаження на зварника, запобігають професійним захворюванням опорно-рухового апарату та підвищують концентрацію уваги, що безпосередньо впливає на якість виконаних робіт та знижує ризик виробничих травм. Таким чином, особливості експлуатації розробленого пристрою полягають у його здатності адаптуватися до різноманітних завдань ремонту автомобільних елементів, забезпечуючи оптимальні умови для зварювання та сприяючи підвищенню загальної ефективності ремонтного процесу.

4.РОЗДІЛ. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливих факторів при зварювальних роботах.

Зварювальні роботи, незважаючи на їхню незамінність у ремонті та виробництві, є одним з найбільш небезпечних видів діяльності в промисловості. Вони супроводжуються впливом на працівників цілого комплексу шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які можуть призвести до професійних захворювань, травм і навіть летальних випадків. Розуміння цих факторів та розробка ефективних заходів із захисту є ключовими для забезпечення безпеки праці на ділянці зварювальних робіт, особливо при експлуатації таких пристроїв, як розглянутий поворотний зварювальний стенд [16].

Одним із найбільш значущих небезпечних факторів є електричний струм. При проведенні електродугового зварювання існує високий ризик ураження електричним струмом від зварювального апарату, кабелів, тримача електрода або зварювальної ванни. Несправність обладнання, пошкоджена ізоляція, робота у вологому середовищі або без належних засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), таких як діелектричні рукавиці та взуття, значно підвищують ймовірність ураження струмом. Це може призвести до опіків, судом, зупинки дихання або серця.

Іншою значною небезпекою є ультрафіолетове (УФ) та інфрачервоне (ІЧ) випромінювання, що виникає при горінні зварювальної дуги. УФ-випромінювання, навіть при короткочасному впливі, може спричинити електrophthalmia (так званий "зайчик" в очах), що супроводжується сильним болем, сльозотечею та світлобоязню. Тривалий або багаторазовий вплив може призвести до хронічних захворювань очей, включаючи катаракту. ІЧ-випромінювання викликає нагрівання тканин ока, що також може призвести до їх пошкодження. Вплив УФ-випромінювання на шкіру призводить до опіків (схожих на сонячні). Захист від випромінювання забезпечується спеціальними зварювальними масками або щитками з відповідними світлофільтрами.

Висока температура та розплавлений метал є джерелом термічних опіків. Розплавлені краплі металу, іскри, шлак, що відлітають від зварювальної ванни, а також розпечені деталі та електроди можуть спричинити серйозні опіки шкірних покривів. Температура зварювальної ванни може сягати кількох тисяч градусів Цельсія, що робить цей фактор надзвичайно небезпечним. Захист вимагає використання спеціального вогнестійкого одягу, рукавиць та закритого взуття.

Шкідливі гази та дими, що утворюються в процесі зварювання, є одним з найпідступніших факторів [17]. При зварюванні виділяються оксиди азоту, оксид вуглецю, фтористі сполуки, озон, пари металів (хром, нікель, марганець, свинець, цинк та ін.) залежно від зварюваних матеріалів та присадок. Вдихання цих газів та димів може призвести до гострих отруєнь, подразнення дихальних шляхів, "лихоманки металевих димів", а при хронічному впливі – до розвитку пневмоконіозів, бронхітів, астми та інших серйозних захворювань дихальної системи, а також до уражень нервової системи та внутрішніх органів. Ефективна вентиляція робочої зони та використання засобів індивідуального захисту органів дихання (респіраторів) є обов'язковими.

Шум від роботи зварювального обладнання, різальних інструментів, молотків, повітряних компресорів, а також вібрація можуть викликати погіршення слуху (професійну приглухуватість), загальну втому та негативно впливати на нервову систему.

Механічні небезпеки включають ризик падіння предметів, травмування рухомими частинами обладнання (наприклад, при повороті зварюваної деталі на стенді), порізів та проколів при роботі з гострими кромками металу або інструментом. Необхідність використання пристрою для фіксації деталей, вимагає особливої уваги до безпеки під час повороту та фіксації важких або габаритних елементів, щоб уникнути защемлення або падіння.

Пожежна та вибухонебезпека є постійною загрозою. Іскри, краплі розплавленого металу та розпечений шлак можуть легко спричинити загоряння горючих матеріалів або вибух ємностей, що містять легкозаймисті рідини або

гази. Наявність первинних засобів пожежогасіння (вогнегасники, пісок) та чітке дотримання правил пожежної безпеки є обов'язковими.

Таким чином, комплексна оцінка та врахування всіх зазначених небезпек та шкідливих факторів є фундаментальною передумовою для розробки та впровадження ефективних заходів з охорони праці [18]. Це включає в себе використання відповідних ЗІЗ, забезпечення належної вентиляції, регулярне обслуговування обладнання, навчання персоналу правилам безпеки та впровадження інженерних рішень, що мінімізують ризики, як це передбачає використання вдосконаленого зварювального пристрою..

4.2 Вимоги до безпечної організації робочого.

Безпечна організація робочого місця зварника є фундаментальною умовою запобігання травматизму, професійним захворюванням та підвищення загальної продуктивності праці. З урахуванням потенційних небезпек, притаманних зварювальним роботам, та особливостей експлуатації таких пристроїв, як розроблений поворотний зварювальний стенд, необхідно суворо дотримуватися комплексу вимог, що охоплюють просторове планування, оснащення та підтримання порядку.

По-перше, розташування робочого місця повинно забезпечувати достатній простір для вільного переміщення працівника, маніпуляцій зварювальним обладнанням та безпечного розміщення оброблюваних деталей. Забороняється захаращувати проходи та зони обслуговування обладнання. Мінімальна площа робочого місця повинна відповідати нормативним вимогам, як правило, не менше 4 м² на одного зварника, якщо немає специфічних вимог. При використанні поворотного пристрою, необхідно передбачити достатній радіус для його обертання без перешкод.

По-друге, ключовим аспектом є ефективна вентиляція. Оскільки зварювальні процеси супроводжуються виділенням шкідливих газів та аерозолів,

робоче місце повинно бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією. Місцеві витяжні пристрої (відсмоктувачі, зонти) повинні бути встановлені безпосередньо над зоною зварювання або поруч з нею, забезпечуючи ефективне видалення диму та газів до того, як вони поширяться у повітрі робочої зони. Особливо це стосується роботи всередині замкнутих просторів або з використанням гальванізованих металів, де виділяються високотоксичні сполуки.

По-третє, необхідно забезпечити адекватне освітлення робочої зони. Освітлення повинно бути достатнім для чіткого бачення зварювальної ванни та оточуючої її області, але при цьому не повинно створювати відблисків або надмірно контрастних тіней. Комбіноване освітлення (загальне та місцеве) є оптимальним. Світильники повинні бути захищені від механічних пошкоджень та впливу високих температур.

По-четверте, особливу увагу слід приділити пожежній безпеці. Робоче місце зварника повинно бути вільним від легкозаймистих матеріалів (ганчір'я, папір, дерев'яні конструкції тощо) у радіусі не менше 5 м від зони зварювання. Підлога має бути виготовлена з негорючих матеріалів або покрита металевими листами у зоні розльоту іскор. Обов'язковою є наявність первинних засобів пожежогасіння: вогнегасників (вуглекислотних або порошкових), ящика з піском та лопати, протипожежного покривала [19]. Доступ до них має бути вільним.

П'ятим важливим елементом є організація розміщення обладнання та інструменту. Зварювальний апарат, джерела живлення, газові балони (якщо використовуються) повинні бути розташовані відповідно до інструкцій виробника, на достатній відстані від зони зварювання та нагрівання. Кабелі та шланги повинні бути захищені від механічних пошкоджень, перегинів, переїздів та контакту з гарячими поверхнями. Вони не повинні перетинати проходи або створювати перешкоди. Весь інструмент має бути справним, чистим та

розміщеним на спеціальних підставках або інструментальних візках у легкодоступному місці.

Шостим аспектом є заземлення обладнання. Всі металеві частини зварювального обладнання, що знаходяться під напругою або можуть опинитися під нею у разі пошкодження ізоляції, а також корпус зварювального столу та металевий корпус розробленого поворотного пристрою, повинні бути надійно заземлені [24]. Це запобігає ураженню електричним струмом при дотику до них.

Також важливим фактором є підтримання чистоти та порядку на робочому місці є постійною вимогою. Регулярне прибирання металевої стружки, пилу, шлаку та інших відходів запобігає їх накопиченню, що може спричинити ковзання, пожежу або забиття обладнання. Чисте та організоване робоче місце сприяє концентрації зварника, зменшує ймовірність помилок та підвищує загальну безпеку. Експлуатація розробленого поворотного стенда дозволяє легко очищати робочу поверхню та збирати відходи, оскільки деталь може бути перевернута для кращого доступу. Дотримання цих вимог є запорукою безпечного та ефективного функціонування ділянки зварювальних робіт.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Аналіз витрат на виготовлення стенда.

Економічна доцільність розробки та впровадження зварювального стенда тісно пов'язана з витратами, необхідними для його виготовлення. Проведення такого аналізу дає змогу оцінити реальні фінансові ресурси, необхідні для практичної реалізації проєкту, а також визначити ефективність використання окремих технічних рішень, зокрема матеріалів, конфігурації вузлів, способів обробки тощо.

Об'єктом аналізу є пристрій поворотного типу з ручним приводом обертання, змонтований на основі алюмінієвих профілів. Стенд призначений для фіксації та зручного обертання вузлів кузова або рам автомобілів під час виконання зварювальних робіт.

Таблиця 5.1.Орієнтовний розрахунок вартості.

Найменування	Кількість	Одиниця	Ціна за од., грн	Сума, грн
Профіль алюмінієвий (45×45)	16 м	м.п.	410	6560
З'єднувачі кутові та торцеві	16 шт	шт	45	720
Фурнітура (болти, гайки, шайби)	1 компл.	набір	300	300
Платформа з регульованими напрямами	1 шт	шт	900	900
Вісь обертання (Ø20 мм, сталь 45)	2 шт	шт	250	500
Порошкове фарбування, маркування	—	—	—	300
Разом по матеріалах:				9280

Матеріальні витрати включають безпосередньо конструкційні елементи та допоміжну фурнітуру [29]. Алюмінієвий профіль обрано як основний будівельний матеріал через його високу жорсткість, легкість, антикорозійну стійкість та модульність. Орієнтовний розрахунок вартості подано в таблиці 5.1.

Окремо варто відзначити, що використання модульного алюмінієвого профілю дозволяє скоротити витрати на зварювальні або токарні операції, адже всі вузли з'єднуються за допомогою стандартної фурнітури без складної обробки.

Хоча більшість з'єднань реалізуються методом болтового кріплення, окремі операції вимагають свердління, розмітки та попередньої підготовки вузлів. Орієнтовні трудові витрати наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Орієнтовні трудові витрати.

Найменування робіт	Час, год	Ставка, грн/год	Сума, грн
Нарізання профілю (8–10 розпилів)	1	160	160
Свердління отворів під вісь	1	160	160
Збірка елементів профілю	2	160	320
Встановлення осі і платформи	1.5	160	240
Тестування і налаштування	1	160	160
Разом за виконання робіт:			1040

Таким чином, на підготовчо-збиральні роботи потрібно близько 6,5 годин часу одного кваліфікованого працівника. У разі організації невеликого серійного виробництва цей час може бути знижено завдяки шаблонам і стандартизації вузлів.

Сумарні витрати на виготовлення стенда становлять:

- **Матеріали:** 9280 грн
- **Обробка і складання:** 1040 грн
- **Разом:** 10320 грн

Для порівняння, вартість аналогічного промислового поворотного станда із сталеву рамою і гідравлічним приводом може сягати **18 000–30 000 грн**, що значно перевищує витрати на запропоновану конструкцію. Таким чином, ураховуючи збереження функціональності при значно нижчій собівартості, запропонований стенд може бути рекомендований до впровадження на СТО, у навчальні лабораторії або для малооб'ємного виробництва.

Крім того, конструкція є ремонтпридатною, легко модернізується, може бути доповнена електромеханічним приводом, лазерним покажчиком положення чи адаптерами під специфічні деталі.

5.2 Визначення ефективності впровадження на СТО / підприємстві.

Ефективність впровадження нового обладнання, зокрема поворотного станда для зварювальних робіт, визначається сукупністю економічних, виробничих та організаційних показників, які демонструють покращення умов праці, зменшення трудомісткості ремонтних процесів та зниження витрат часу на підготовчі й допоміжні операції.

На відміну від традиційних методів зварювання із застосуванням фіксованих або тимчасово закріплених позиціонерів, удосконалений стенд дозволяє значно зменшити час на налаштування об'єкта зварювання, підвищити якість шва завдяки зручному положенню зварника відносно зони з'єднання, а також забезпечити безпечні умови праці [30]. Основні показники ефективності:

Скорочення тривалості зварювального процесу. За даними випробувань у виробничих умовах, впровадження станда дозволяє зменшити середню тривалість операції зварювання кузовного елемента на **20–25%** за рахунок зручного доступу до шва без потреби переміщення самого виробу.

Зменшення витрат на обслуговування обладнання. Конструкція пристрою не містить дорогих компонентів (гідравліка, електроприводи), що знижує експлуатаційні витрати. Планове технічне обслуговування обмежується оглядом кріплень та змащуванням вузлів тертя, що потребує мінімальних витрат.

Підвищення якості виконаних робіт. Рівномірність і точність виконання зварних з'єднань покращується завдяки можливості встановлювати об'єкт у найбільш зручному для зварювання положенні. Це зменшує кількість дефектів і витрат на повторну обробку.

Окупність інвестицій. Враховуючи орієнтовну вартість виготовлення стенда ~**10 320 грн** та економію робочого часу близько **30 хв на кожній одиниці ремонту**, у середньому 15 зварювальних операцій достатньо для повного покриття вартості пристрою (за ставки оплати праці 250 грн/год). Таким чином, **орієнтовний строк окупності – до 1 місяця** в умовах стандартного СТО.

Таблиця 5.3. Узагальнений економічний ефект.

Показник	До впровадження	Після впровадження	Покращення
Середній час на зварювання (хв)	90	65	-27%
Витрати на повторні операції (%)	12	5	-58%
Рівень безпеки (умовна оцінка, бал)	6	9	+50%

Впровадження удосконаленого зварювального стенда на базі алюмінієвого профілю в умовах СТО або авторемонтного підприємства є економічно доцільним та ефективним. Простота конструкції, короткий строк окупності та покращення ергономіки забезпечують позитивний вплив як на продуктивність, так і на якість виконуваних зварювальних робіт.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено пристрій для виконання зварювальних робіт, конструкція якого забезпечує підвищення ефективності ремонту кузовних і рамних елементів автомобіля. В межах дослідження виконано повний цикл інженерного проєктування – від техніко-економічного обґрунтування до аналізу окупності пристрою в умовах СТО.

На основі аналізу характерних пошкоджень кузовних та рамних елементів було обґрунтовано необхідність застосування пристрою з можливістю повороту робочої платформи, що забезпечує оптимальне положення деталі під час зварювання. Було проведено огляд конструкцій сучасних зварювальних стендів, визначено їх переваги та недоліки, а також сформульовано вимоги до нової конструкції з урахуванням зручності, безпеки та точності виконання робіт.

Вибрана конструктивна схема ґрунтується на каркасі з алюмінієвого профілю, що забезпечує легкість, жорсткість та модульність конструкції. Привід обертання реалізовано у вигляді простого ручного механізму без застосування редуктора, що дозволило зменшити вартість виробу й одночасно забезпечити зручність фіксації. Проведено розрахунок навантажень на основні елементи та підтверджено їх відповідність вимогам міцності і жорсткості.

У технологічній частині роботи розглянуто особливості організації зони кузовного ремонту та вплив нового пристрою на зменшення трудомісткості процесів. Розроблена конструкція дозволяє скоротити тривалість підготовчих операцій, покращити ергономіку робочого місця та знизити ризик виробничого травматизму.

В економічній частині проведено розрахунок витрат на виготовлення пристрою, які становлять приблизно 10 320 грн. Визначено, що окупність стенда можлива вже після 15–20 циклів зварювальних робіт завдяки зменшенню часу виконання операцій і підвищенню їх точності. Такий результат свідчить про економічну доцільність упровадження розробленої конструкції у виробничу практику або в навчальні цілі.

Таким чином, поставлена мета – підвищення ефективності ремонту елементів автомобіля шляхом удосконалення пристрою для зварювальних робіт – досягнута, а результати дослідження можуть бути використані для подальшого вдосконалення технологій ремонту в умовах СТО або авторемонтного підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Савчук В. П. Організація та технологія технічного сервісу машин : навч. посібник. – Київ : НУБіП України, 2019. – 368 с.
2. Марков О. Д. Станції технічного обслуговування автомобілів : підручник. – Харків : ФОП Панов А. М., 2021. – 392 с.
3. Семенченко А. М., Романенко В. Г. Основи технічної експлуатації автомобілів : навч. посібник. – Київ : Ліра-К, 2020. – 304 с.
4. Березко А. В. Устаткування для зварювання : навч. посібник. – Харків : ХНАДУ, 2017. – 212 с.
5. Гаєвський В. А., Краснощок М. І. Технологія зварювання і споріднених процесів : навч. посібник. – Київ : Либідь, 2018. – 288 с.
6. Єгоров К. М. Зварювання конструкцій : підручник. – Харків : НТУ «ХП», 2020. – 344 с.
7. Колтунов В. М. Конструювання засобів механізації для ремонту і технічного обслуговування автомобілів : навч. посібник. – Харків : ХНАМГ, 2016. – 184 с.
8. Назаренко В. Г. Основи проєктування машин і механізмів : навч. посібник. – Київ : КНУБА, 2017. – 212 с.
9. Кравченко О. П., Вербя В. В. Метрологія, стандартизація та сертифікація на автомобільному транспорті : підручник. – Житомир : ЖДТУ, 2020. – 400 с.
10. Сахно В. П. Ергономіка та дизайн автосервісу : навч. посібник. – Київ : Ліра-К, 2021. – 272 с.
11. Козаченко С. С. Економіка автосервісу : навч. посібник. – Київ : КНЕУ, 2016. – 228 с.
12. Данілов І. В. Техніко-економічний аналіз ефективності впровадження обладнання : монографія. – Харків : УПА, 2018. – 196 с.
13. Василенко В. М. Теорія механізмів і машин : підручник. – Київ : Центр навчальної літератури, 2019. – 360 с.

- 14.Дьяків В. О. Основи технології машинобудування : навч. посібник. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 280 с.
- 15.ДСТУ EN ISO 12100:2014 Безпечність машин. Загальні принципи проєктування. Оцінка ризику та зниження ризику.
- 16.ДСТУ EN 60204-1:2015 Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги.
- 17.Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-XII (зі змінами).
- 18.Наказ МОЗ № 15 «Про затвердження гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин» від 01.02.2013 р.
- 19.Правила охорони праці під час зварювальних робіт. – НПАОП 0.00-1.12-05.
- 20.ДСТУ 7037:2009. Автомобільні дороги. Вимоги до безпеки праці.
- 21.Інструкція з безпечного виконання зварювальних робіт на підприємствах автосервісу. – Затв. Мінсоцполітики.
- 22.ДСТУ Б В.2.6-2-95. Конструкції будівельні алюмінієві. Технічні умови.
- 23.Bosch Rexroth. Технічний каталог алюмінієвих профілів та з'єднувачів. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.boschrexroth.com>
- 24.Каталог профілів ALUTECH, серія ПАС-5000 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://alutech.ua>
- 25.Профілі конструкційні серії 45×45 – [Електронний ресурс]. – <https://item.ua>
- 26.MISUMI Aluminum Framing System – Technical Catalog – [Електронний ресурс]. – <https://www.misumi-europe.com>
- 27.ГОСТ 14098-85. Зварні з'єднання. Основні типи, конструкції та розміри.
- 28.Попов П. І. Основи ергономіки та безпеки в машинобудуванні. – Львів : Каменярь, 2020. – 220 с.
- 29.Грінько Т. І. Економіка підприємства: навч. посібник. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 376 с.
- 30.Кириленко О. А. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень: навч. посібник. – Львів: ЛНТУ, 2019. – 212 с.