

Івано-франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Павленко Станіслав Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9:726

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Технологічне забезпечення роботизованого плазмового різання листового

прокату

(назва роботи)

Комп'ютеризовані і роботизовані технології машинобудування

(назва освітньої програми)

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

Павленко С.С.

Науковий керівник

доцент каф. КМВ Панчук А.Г.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Панчук В. Г.

(підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-франківськ

2021 рік

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри КМВ
проф. Панчук В.Г
«__»_____2021р

ЗАВДАННЯ

на магістерську роботу студенту Павленко Станіславу Сергійовичу

1. Тема роботи: Технологічне забезпечення роботизованого плазмового різання листового прокату.

Затверджено наказом по університету від «__»_____2021 р. №_____

2. Термін здачі студентом закінченої роботи: 15 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи:

- *Модель робота KUKA KR200.*
- *Система плазмового різання – Hyperterm 65 A.*
- *Номенклатура прокату для різання - листи товщиною від 2мм до 25мм.*
- *Конструкція повинна бути технологічною в умовах ННЦ ППП ІФНТУНГ.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

- *Постановка проблеми;*
- *Аналіз можливості роботизації процесу плазмового різання;*
- *Розробка конструкції системи відслідковування поверхні плазмового різання;*
- *Моделювання технологічної ситуації в середовищі Robo Dk;*
- *Розробка системи керування роботизованою системою плазмового різання;*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Аркуш 1 – Розробка алгоритму плазмового різання листового прокату (ф. А1);

Аркуш 2 – Система кріплення та лінійного переміщення плазмотрона (ф. А1);

Аркуш 3 – Моделювання роботизованого комплексу плазмового різання листового прокату в RoboDk (ф. А1);

Аркуш 4 – Ілюстрована блок-схема системи керування (ф. А1);

6 Дата видачі завдання: 06.09.2021 р.

Керівник _____ Панчук А.Г.

Завдання прийняв до виконання _____ Павленко С.С.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

1. 30.09.2021 р. Огляд літератури
2. 15.10.2021 р. Розробка компоновки ділянки роботизованого плазмового різання листового прокату.
3. 10.11.2021 р. Розробка конструкції необхідних компонентів системи роботизованого плазмового різання листового прокату.
4. 01.12.2021 р. Розробка схеми керування системою роботизованого плазмового різання листового прокату.
5. 15.12.2021 р. Оформлення магістерської роботи

Студент-магістр _____ Павленко С.С.

Керівник проекту _____ Панчук А.Г.

06 вересня 2021р.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної магістерської роботи "Технологічне забезпечення роботизованого плазмового різання листового прокату"

Розрахунково-пояснювальна записка: 43 сторінок, 22 рисунки, 1 таблиця, 13 посилань.

Графічна частина: 4 аркуші формату А1.

Об'єкт дослідження – процес плазмового різання металу.

Предмет дослідження – процес роботизації різання металопрокату.

Мета роботи – розробка роботизованого комплексу плазмового різання листового прокату.

Відповідно до поставленого завдання в роботі оглянуто літературу з питань технології, автоматизації та роботизації плазмового різання металопрокату. Запропонований метод роботизації процесу плазмового різання сталюого листа. В середовищі Robo DK розроблена компоновка роботизованого комплексу плазмового різання листового прокату. Спроектвана 3д модель системи кріплення та позиціонування плазмотрона. Розроблена стратегія процесу плазмового різання сталюого листа та, на рівні блок-схеми, складена схема керування таким процесом.

Ключові слова: робот, KUKA KR200, плазмове різання, роботизація, схема керування.

Студент Павленко С.С.

ABSTRACT

Qualifying master's degree work the " Technological support of robotic plasma cutting of rolled metal "

Payment and explanatory note: 43 pages, 22 figures, 1 table, 13 references.

Graphic part: 4 sheets of A1 format.

The object of study - the process of plasma cutting of metal.

The subject of research is the process of robotization of metal cutting.

The purpose of the work is to develop a robotic complex of plasma cutting of rolled metal..

In accordance with the task, the literature on the technology, automation and robotics of plasma cutting of metal is reviewed. The method of robotization of plasma cutting process of steel sheet is offered. In the Robo DK environment the layout of the robotic complex of plasma cutting of rolled sheet metal is developed. A 3D model of the plasma torch mounting and positioning system has been designed. The strategy of the process of plasma cutting of steel sheet is developed and at the level of the block diagram the control scheme of such process is made.

Keywords: robot, KUKA KR200, plasma cutting, robotics, control scheme.

Student Pavlenko S.S.

Зміст

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 7 |
| 1 Актуальність теми..... | 11 |
| 2 Вихідні дані для проектування..... | 13 |
| 2.1 Аналіз процесу плазмового різання..... | 13 |
| 2.2 Аналіз можливості роботизації процесу плазмового різання металопрокату..... | 18 |
| 3 Система кріплення та лінійного переміщення плазмотрона..... | 22 |
| 4 Роботизована система плазмового різання листового прокату..... | 28 |
| 5 Алгоритм роботи роботизованої системи плазмового різання листового прокату..... | 30 |
| 6 Система керування роботизованою системою плазмового різання листового прокату..... | 37 |
| Висновок..... | 42 |
| Список використаних джерел..... | 43 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|---|-----------|------|---------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Павленко С.С. | | | Технологічне забезпечення роботизованого плазмового різання листового прокату | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Панчук А.Г. | | | | 8 | 54 | |
| Реценз. | | | | | | ІФНТУНГ | | |
| Н. Контр. | | Панчук А.Г. | | | | ПМКм-20-1 | | |
| Затверд. | | Панчук В.Г. | | | | | | |

Вступ

У сучасні дні промислових виробництв та індустріалізації виникає багато питань, пов'язаних з ефективною організацією виробництва та виведення його на конкурентоспроможний рівень. Доводиться вирішувати складні, багатогранні завдання, націлені на отримання максимальної ефективності бізнесу. При вирішенні таких завдань і в результаті прагнення оволодіти технологічною перевагою перед конкурентами гостро ставиться питання про автоматизацію виробничих процесів та застосування нових технологій на виробництві.

Одним із найпродуктивніших рішень у цій галузі є застосування промислових роботів. Грамотна побудова виробничого процесу, заміна ручної праці на автоматизовані комплекси, здатні здійснювати виробничі завдання без участі людини – ключ до економічної та виробничої ефективності.

Величезна кількість виробництв у всьому світі прийшли до того, що без застосування промислових роботів неможливо було б досягти тих результатів, які були отримані після впровадження подібних систем. Роботизація процесів виробництва – це абсолютно новий рівень технологічності підприємств.

Існує думка, що застосування промислових роботів – це прерогатива виключно великих індустріальних підприємств та великосерійних виробництв, але це не так. На сьогоднішній день адекватна ціна та гнучкість побудови робототехнічних комплексів дає можливість застосування такого обладнання не тільки на великих підприємствах з потоковим виробництвом, але також на малих та середніх підприємствах.

Відсутність кваліфікованого персоналу, витрати часу на його постійне перенавчання, складність дотримання стандартів якості – те, з чим може зіткнутися кожне підприємство на будь-якій стадії свого розвитку. Сильна залежність від трудових ресурсів, вдосконалення його технологій, пошук шляхів оптимальної рентабельності процесів змушує підприємства переходити на новий рівень автоматизації виробництва роботами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Часто на підприємствах присутні досить примітивні операції, пов'язані з високою повторюваністю і де використовується людська праця. Це може бути завантаження/розвантаження вантажів, укладання на палети, сортування, упаковка, складування тощо. Подібні дії – це не функціонал людини – це функціонал робота. Іноді використання робочої сили в таких операціях може послужити гальмом у розвитку підприємства. Застосування промислових роботів на подібних ділянках допомагає значно прискорити процес, запобігти появі браку на виробництві, звільнити працівників від виснажливої одноманітної праці та задіяти їх у складніших операціях для підвищення загальної продуктивності та ефективності виробництва.



Незважаючи на те, що кожне виробництво суворо індивідуальне, все ж таки можна виділити деякі узагальнені передумови для роботизації механоскладального виробництва. Ось деякі з них:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- серійність виробництва;
- низька продуктивність ручної праці;
- складність виробів, що вимагають постійної точності та продуктивності;
- суворі вимоги до якості та алгоритму виробничого процесу;
- виробничі операції із габаритними чи важкими виробами, де працівникам фізично складно здійснювати маніпуляції з об'єктом виробництва;
- задіяно кілька осіб для здійснення однієї виробничої операції, яка може бути роботизована;
- відсутність кваліфікованого персоналу або його плинність, постійні витрати на перенавчання та набуття вузькопрофільних навичок;
- небезпечні умови праці в людини.

Однак ці передумови мають узагальнений характер, тому все залежить від певної ситуації та технологічних процесів, що застосовуються на конкретному виробництві.



Здійснюючи автоматизацію процесів на виробництві із застосуванням промислових роботів, підприємство може наочно оцінити, що роботизація виробництва надає низку переваг, а саме:

- скорочення витрат виробництва шляхом зниження витрат на оплату праці;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- відсутність залежності від персоналу, його настрою та кваліфікації;
- фінансова стабільність у моменти економічної кризи компанії внаслідок відсутності витрат на оплату праці;
- стабільну якість, швидкість і точність виконуваних операцій;
- скорочення браку виробництва;
- можливість використання обладнання цілодобово 365 днів на рік;
- точний розрахунок собівартості виробу (точна витрата робочого матеріалу та енергії на один виріб);
- підвищення показників загальної продуктивності або конкретних виробів;
- здобуття технологічної переваги перед конкурентами;
- мінімізація людського фактору;
- гнучкість використання, здатність до легкої переорієнтації на інші види операцій та нову архітектуру виробництва;
- підвищення іміджу компанії, що використовує нові технології виробництва.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1 Актуальність теми

Якщо проаналізувати сучасне машинобудування в Україні то легко побачити ряд характерних особливостей. Зокрема це добре видно в промисловому секторі нашого міста - Івано-Франківська. Остаточо зникають великі підприємства радянської епохи (Пресмаш, Автоливмаш, Арматурний завод та інші). Проте виникають дрібні приватні підприємства, переважно з дрібносерійним типом виробництва. В них працює значно менша кількість працівників і переважно використовується універсальне обладнання. Підприємства такого типу гнучкі і легко пристосовуються до змін в економіці, податковому законодавстві, тощо. Але є і інша сторона «медалі»...

Малим підприємствам важко провести модернізацію із-за відсутності коштів, вони не спроможні утримувати великі приміщення і мають «вічну» проблему з кадрами.

Часто виходом стає автоматизація виробничого процесу і тут доречним було б впровадження промислових роботів, але виникає задача завантаження робота роботою і знову ж таки ефективного використання виробничих площ. Саме цій проблемі присвячений цикл магістерських і бакалаврських робіт нашої кафедри.

Пілотними були роботи магістрів Сергія Семківа [12] і Романа Лисканича [13]. В них була спроба розробити роботизовану систему плазмового різання профільного прокату. Проте при реалізації такої технології в умовах Навчально-наукового центру професійної підготовки і практики ІФНТУНГ стало зрозумілим що вона є надто ідеалізованою. В умовах реального виробництва неможливо забезпечити виконання вихідних умов процесу різання, а саме забезпечити точність взаємного розміщення поверхонь що обробляються і виконавчих поверхонь плазмотрона. Причин для цього безліч - крива підлога, неточність виготовлення і кривизна прокату, похибка розміщення робота і пристрою,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

похибка розміщення плазмотрона тощо. Робот забезпечує траєкторію руху, а мінімізацію перерахованих факторів повинна забезпечити спеціальна система відслідковування поверхні металу. Саме розробці останньої і присвячена дана робота.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2. Вихідні дані для проектування

Роботизовані системи відрізняються від систем з ЧПК. Наприклад система відслідковування поверхні металу повсюдно використовується в верстатах плазмового різання з числовим програмним керуванням, проте для роботизованих систем вона буде мати особливості. Для того щоб їх зрозуміти проаналізуємо процес автоматизованого плазмового різання сталюого прокату та особливості його роботизації.

2.1 Аналіз процесу плазмового різання

В загальному процес плазмового різання можна описати так.

Плазма - іонізований газ, що містить електрично заряджені частинки і здатний проводити струм. Іонізація газу відбувається при його нагріванні. Ступінь іонізації тим вище, чим вище температура газу. У центральній частині електричної дуги газ нагрівається до температур 5000...30000°C, має високу електропровідність, яскраво світиться і являє собою типову плазму.

Плазмовий струмінь, що використовується для зварювання та різання, отримують в спеціальних плазмотронах, в яких нагрівання газу і його іонізація здійснюються дуговим розрядом в спеціальних камерах [7,8].

Процес плазмового різання металу заснований на використанні повітряно-плазмової дуги постійного струму прямої дії (електрод - катод, метал що розрізається - анод). Сутність процесу полягає в місцевому розплавленні і видуванні розплавленого металу з утворенням порожнини різі при переміщенні плазмового різача щодо металу, що розрізається.

Процес полягає в наступному (рис. 2.1):

- Джерело струму видає необхідну напругу.
- Струм по кабелях потрапляє в плазмотрон. Він оснащений катодом і анодом, роль яких грають електроди. Саме між ними спалахує електрична дуга.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- Компресор нагнітає повітря і подає його в плазмотрон по передбачених для цього шлангах. Плазмотрон забезпечений спеціальними завихрювачами, які направляють і закручують повітря. Потік пронизує електрична дуга, при цьому іонізує його і в багато разів підвищує температуру, створюючи плазму. Таку дугу прийнято називати черговою, оскільки вона забезпечує підтримку роботи системи.
- Коли робітник, чи якийсь механізм, підносить плазмотрон до поверхні різання, автоматично анод перемикається на кабель маси, що приєднаний до металу, як наслідок виникає робоча дуга – дуга, що замикається між електродом і поверхнею деталі. За рахунок високої температури метал плавиться і стає рідким, а за рахунок тиску повітря – рідкий метал видувається з зони різання. Утворюється акуратний розріз. Коли втрачається контакт з поверхнею, кабель маси автоматично перемикається на анод і дуга продовжує горіти в черговому режимі. При її повторному піднесенні до оброблюваного матеріалу цикл різання повторюється.
- Після того як розкрій завершено, розмикають електричне коло, вимикаючи всі види електричної дуги. Далі систему деякий час продувають повітрям, щоб дозволити електродам охолонути [7,8].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

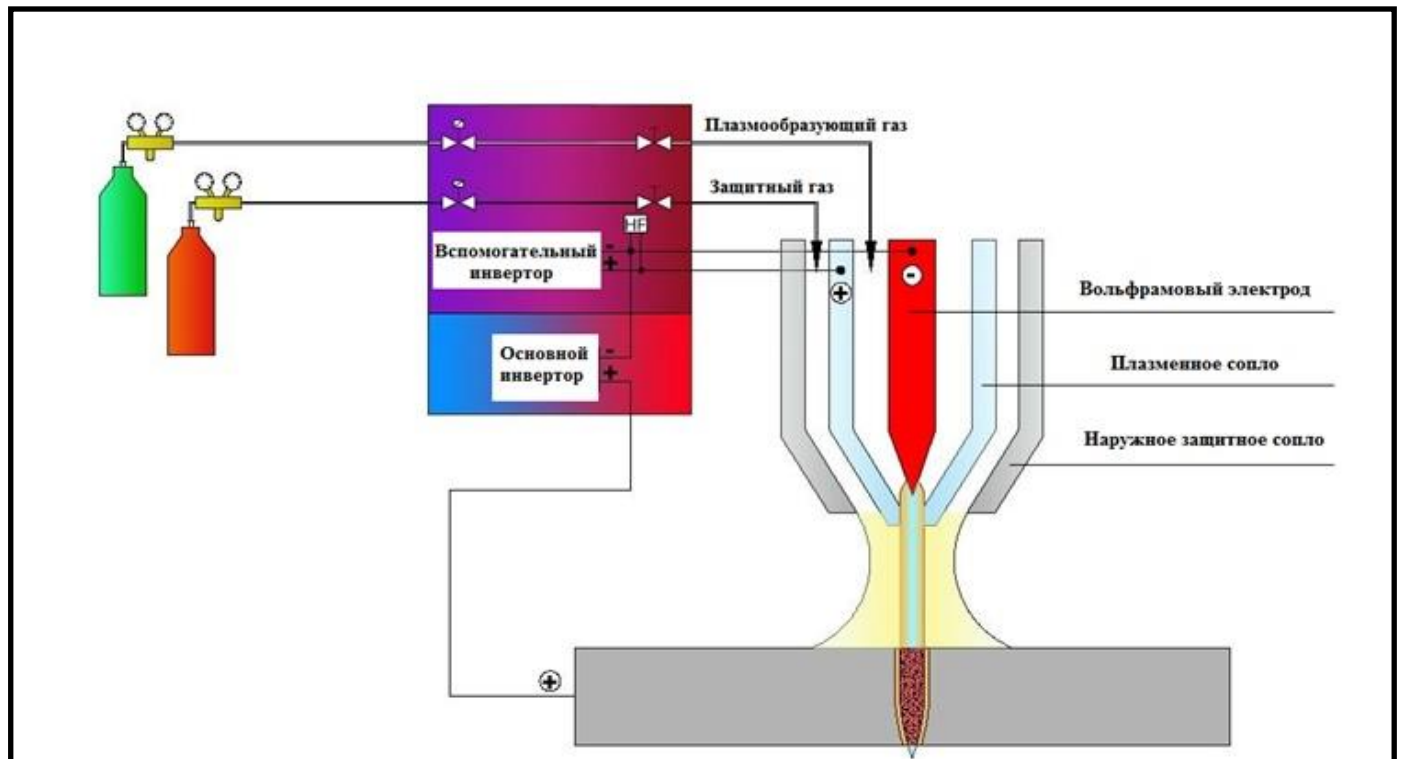


Рисунок 2.1 – Суть плазмового різання металу

Важливою умовою для забезпечення якісного різання є висота плазмотрона над поверхнею заготовки. Суть її впливу видно на рисунку 2.2. Для якісного різання потрібно утримувати середнє положення факела дуги відносно деталі, в іншому випадку буде виникати скошування різання або плазмотрон буде чіплятися за перешкоди. При автоматичному плазмовому різанні висота положення різача над листом - це параметр, який задається в керуючій програмі. Значення його визначаються виробниками плазмових систем і вказуються в інструкціях по експлуатації [7,8] (рис. 2.3).

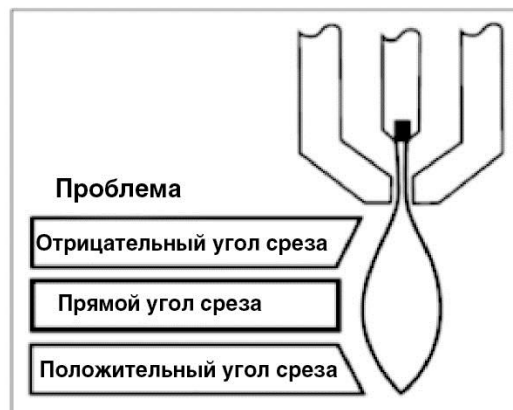


Рисунок 2.2 – Вплив висоти плазмового різання на якість різання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Низьковуглецева сталь

| Толщина материала | Расстояние между резаком и изделием | Исходная высота прожига | | Время задержки прожига | Настройки для достижения лучшего качества резки | | Настройки производительности | |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----|------------------------|---|------------|------------------------------|------------|
| | | мм | % | | Скорость резки | Напряжение | Скорость резки | Напряжение |
| мм | мм | мм | % | с | мм/мин | В | мм/мин | В |
| 2 | 1,5 | 3,8 | 250 | 0,1 | 6050 | 124 | 7000 | 121 |
| 3 | | | | 0,2 | 5200 | 125 | 6100 | 123 |
| 4 | | | | 0,5 | 4250 | 125 | 5100 | 124 |
| 6 | | | | | 2550 | 127 | 3240 | 127 |
| 8 | | | | 4,5 | 300 | 0,7 | 1700 | 129 |
| 10 | | 1100 | 131 | | | 1500 | 129 | |
| 12 | | 850 | 134 | | | 1140 | 131 | |
| 16 | | 6,0 | 400 | 2,0 | 560 | 138 | 650 | 136 |
| 20 | | Запуск с кромки | | | 350 | 142 | 450 | 142 |
| 25 | | Запуск с кромки | | | 210 | 145 | 270 | 145 |

Рисунок 2.3 – Параметры процессу плазмового різання системи Hypertherm Powermax 65

Ще одним важливим моментом якісного плазмового різання в системі з числовим програмним керуванням є забезпечення правильної комбінації рухів і дій плазматрона з метою найбільш ефективного протікання процесу різання (Рис. 2.4).

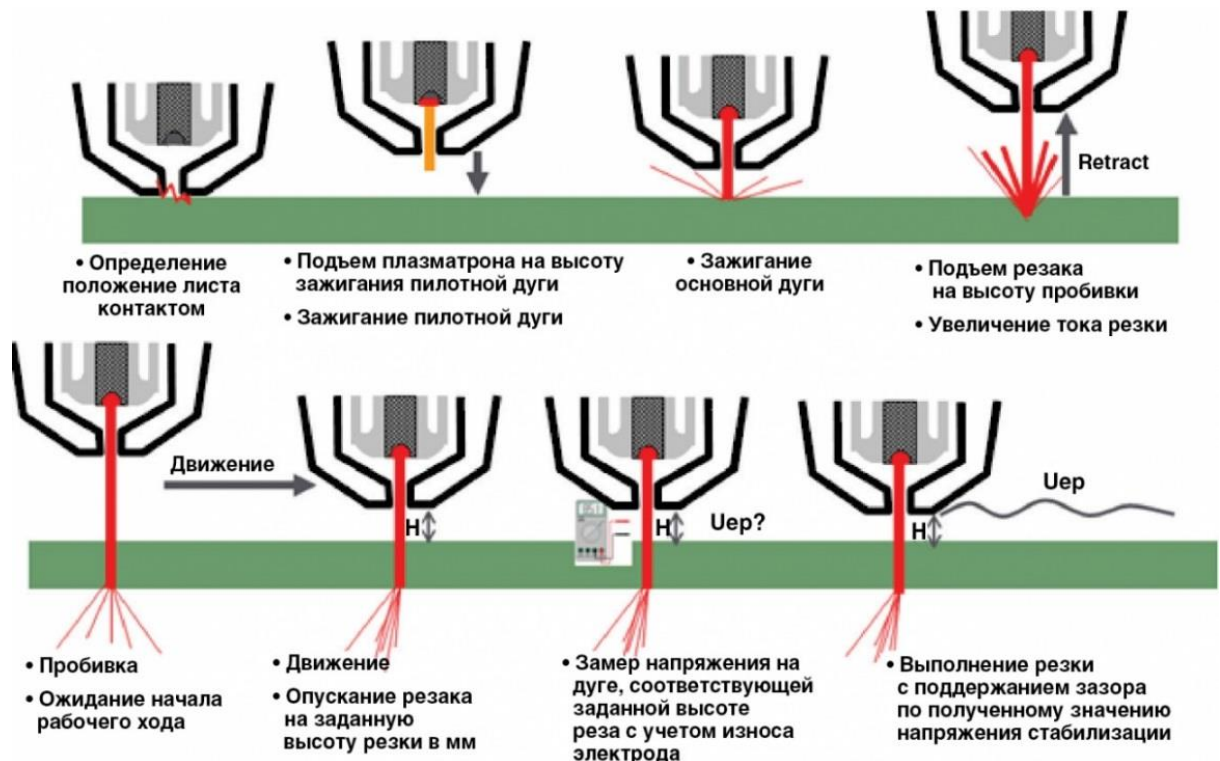


Рисунок 2.4 – Комбінація рухів і дій плазматрона в системі ЧПК

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Вона повинна бути такою:

- На початку різання в початковій точці визначається реальна висота поверхні вздовж якої буде рухатися плазмотрон.
- Відносно визначеної поверхні плазмотрон піднімається на висоту різання і запалюється пилотна дуга між електродом і соплом. Струмінь повітря видуває дугу з сопла на зовнішню сторону в напрямку до заготовки.
- Контакт з анода (сопла) перемикається на заготовку і дуга починає горіти між електродом і поверхнею заготовки. Відбувається, так званий, перенос дуги.
- Плазмовий струмінь починає пробивати отвір в металі. Щоб бризки розплавленого металу не пошкодили сопло, плазмотрон відводиться на відстань «пробивки».
- Пробивка потребує певного часу тому дається витримка часу на пробивку.
- Плазмотрон опускається до поверхні заготовки на задану висоту різання.
- Вмикається поступальний рух плазмотрона вздовж траєкторії різання.
- Якщо система обладнана модулем ТНС (torch height control), циклічно вимірюється напруга дуги і регулюється висота різання.
- В кінцевій точці вимикається живлення плазмотрона і якийсь час здійснюється його продування струменем повітря для охолодження.

Саме цю стратегію плазмового різання необхідно реалізувати на базі роботизованого комплексу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.2 Аналіз можливості роботизації процесу плазмового різання листового прокату

Розглянемо можливість роботизації процесу плазмового різання на базі промислового робота KUKA KR200 [1,3], який знаходиться в навчально науковому центрі професійної підготовки і практики ІФНТУНГ (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Робот KUKA KR200 в навчально науковому центрі професійної підготовки і практики ІФНТУНГ

Згідно специфікації визначимо параметри руху робота, та зону його дії. Зокрема, на рисунку 2.2 представлені осі по яких він може рухатися, а на рисунку 2.3 робочі зони рухів руки без виконавчих механізмів.

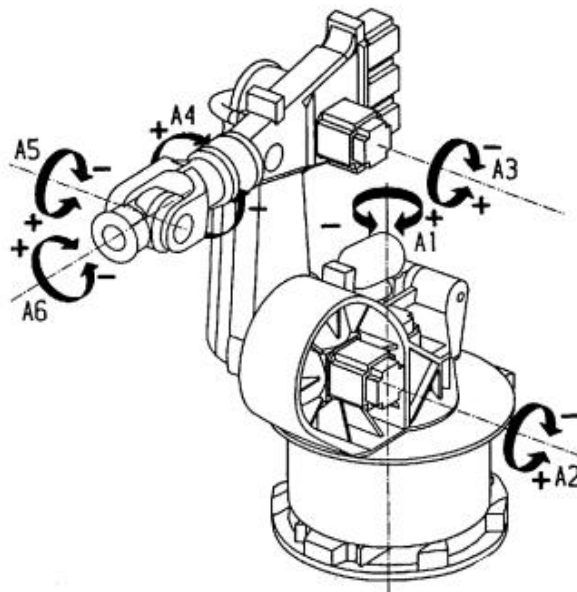


Рисунок 2.2 – Вісі руху робота KUKA KR 200

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|--|
| | | | | | | | | | Арк. | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | | | | | |

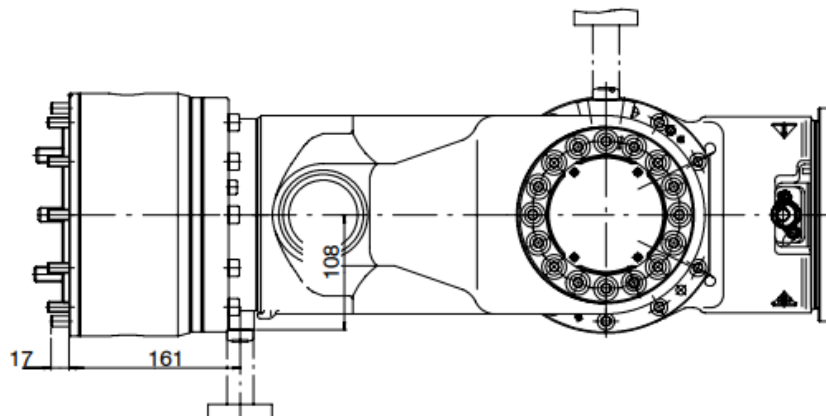
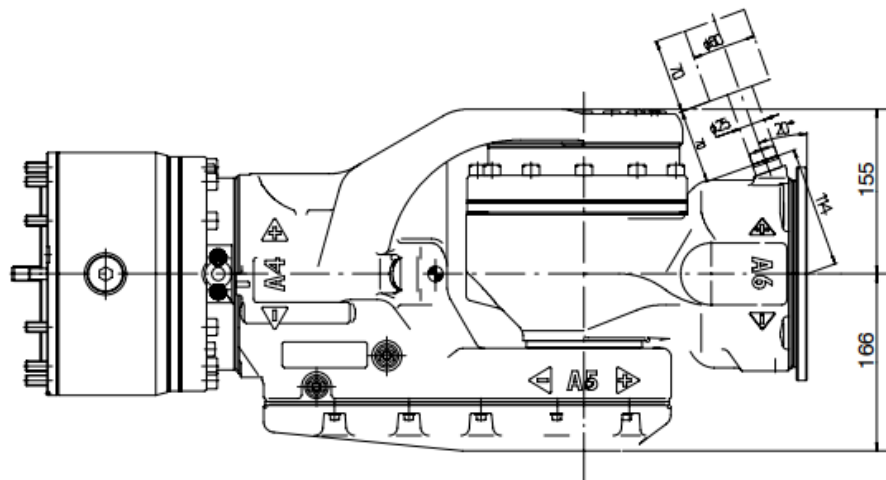
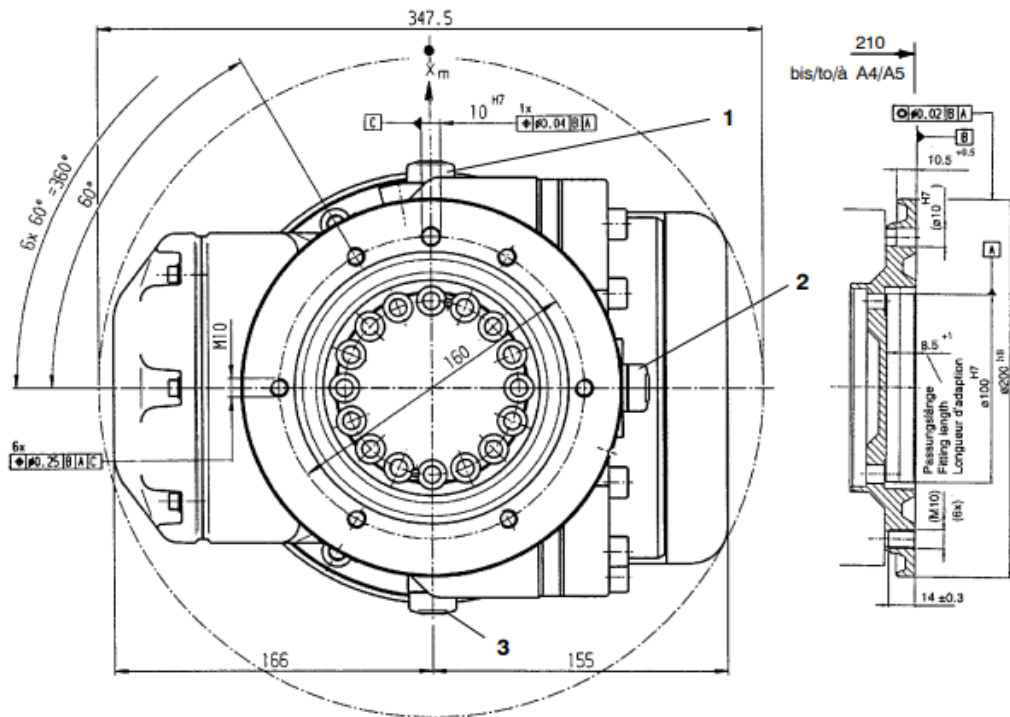


Рисунок 2.4 – Параметри руки робота в зоні осей А4 - А6

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | МР.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

З специфікації ми бачимо, що в площині паралельній до підлоги, цілком реально позиціонувати плазмовий пальник в зоні розміром 2000x2000 мм (цю зону можна значно розширити по довжині якщо використати лінійний трек для робота, але це тема іншої магістерської роботи!). Тобто позиціонування плазмотрона в початковий момент і його рух по траєкторії легко забезпечує система керування робота. А от повну реалізацію алгоритму плазмового різання системою керування робота забезпечити важко. Потрібно в неї інтегрувати додаткову систему. Вона може реалізовуватися різними шляхами, один із них - інтегрування системи керування робота з системою числового програмного керування на базі програми Mach3.

Така система буде складатися з двох частин, а саме:

- механічної – система кріплення та лінійного переміщення плазмотрона в напрямку «від - до» поверхні, що розрізається, надалі - система кріплення та лінійного переміщення плазмотрона, скорочено - СКЛП.
- електронної – програмована система керування механічною частиною інтегрована в систему керування робота.

Саме розробці цих двох систем присвячені наступні розділи роботи.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3 Система кріплення та лінійного переміщення плазмотрона

Запропонована конструкція системи кріплення та лінійного переміщення плазмотрона представлена на рис. 3.1. Вона складається з кронштейна і позиціонера. Останній складається з корпусу, каретки, слайдера і кронштейна плазмотрона. Розглянемо кожен з компонентів більш детально.

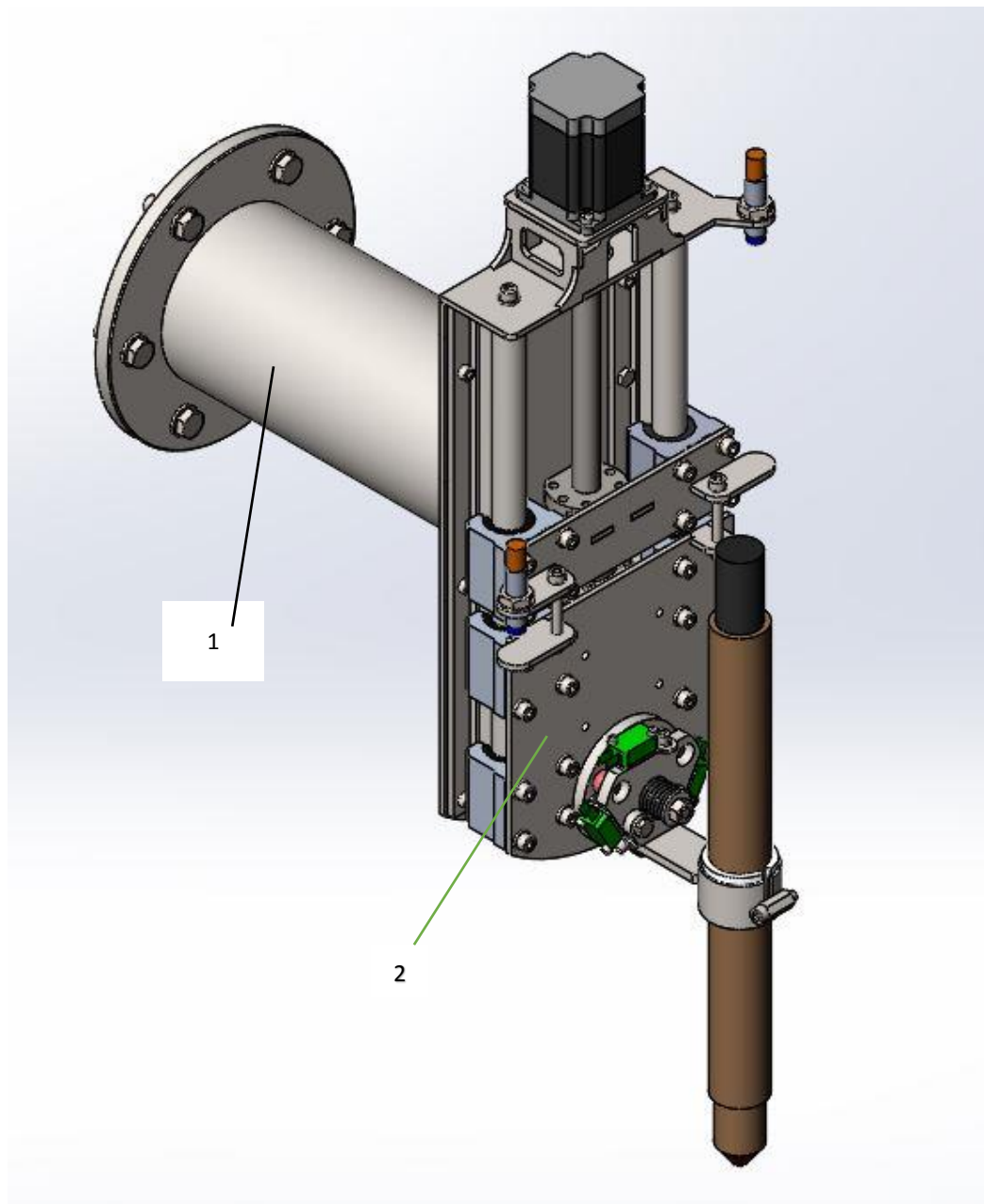


Рисунок 3.1 - Система кріплення та лінійного переміщення плазмотрона

1 – кронштейн, 2 - позиціонер

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Кронштейн (рис. 3.2) призначений для кріплення позиціонера до фланця робота. Він спроектований по двох фланцевій схемі. Два круглі фланці кріпляться співвісно на торцях труби діаметром 115мм методом зварювання. Використання труби довжиною 250мм дозволяє розширити зону різання за рахунок «подовження» руки робота.

Фланець, що контактує з фланцем робота має базуючу циліндричну поверхню діаметром 100мм і шість отворів під гвинти M10x30. Фланець, що прилягає до корпусу позиціонера плоский з чотирма отворами діаметром 6мм.

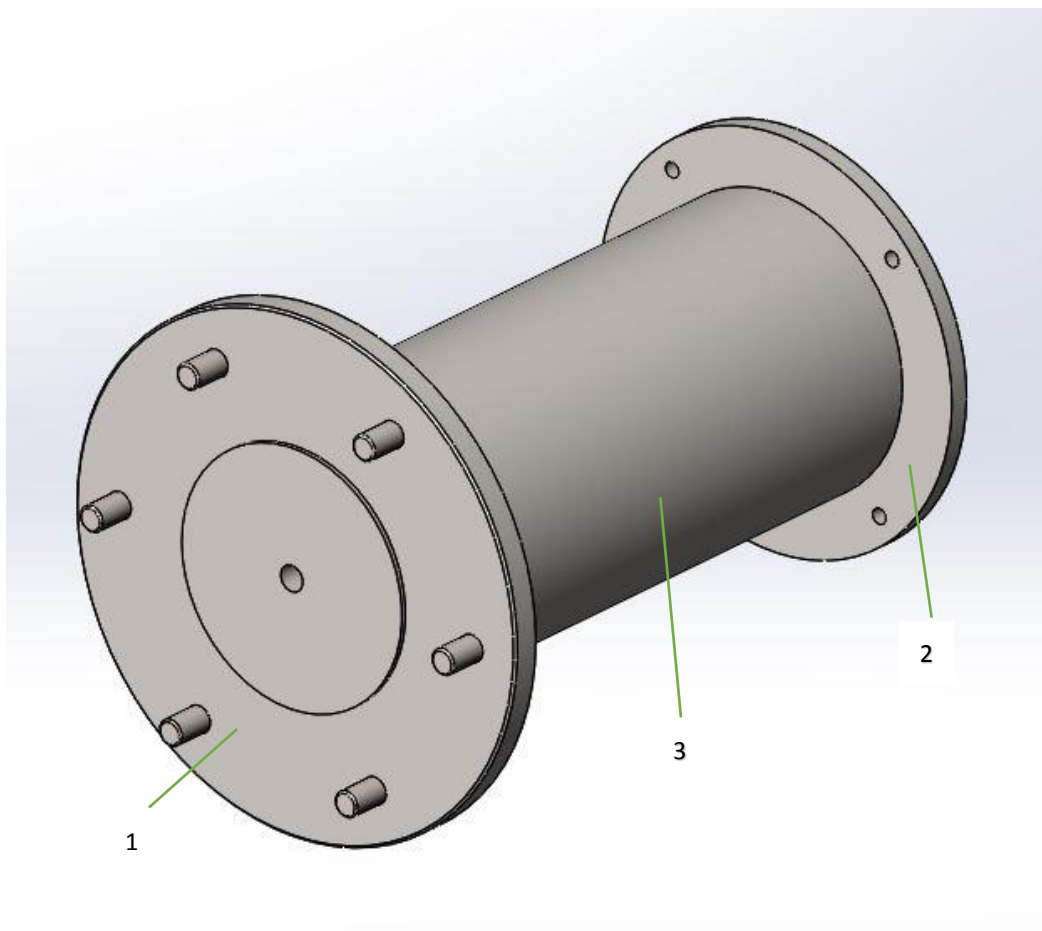


Рисунок 3.2 – Кронштейн

1 – фланець робота, 2 - фланець позиціонера, 3 - труба

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Позиціонер виконаний по двохкаретковій схемі (рис. 3.3).

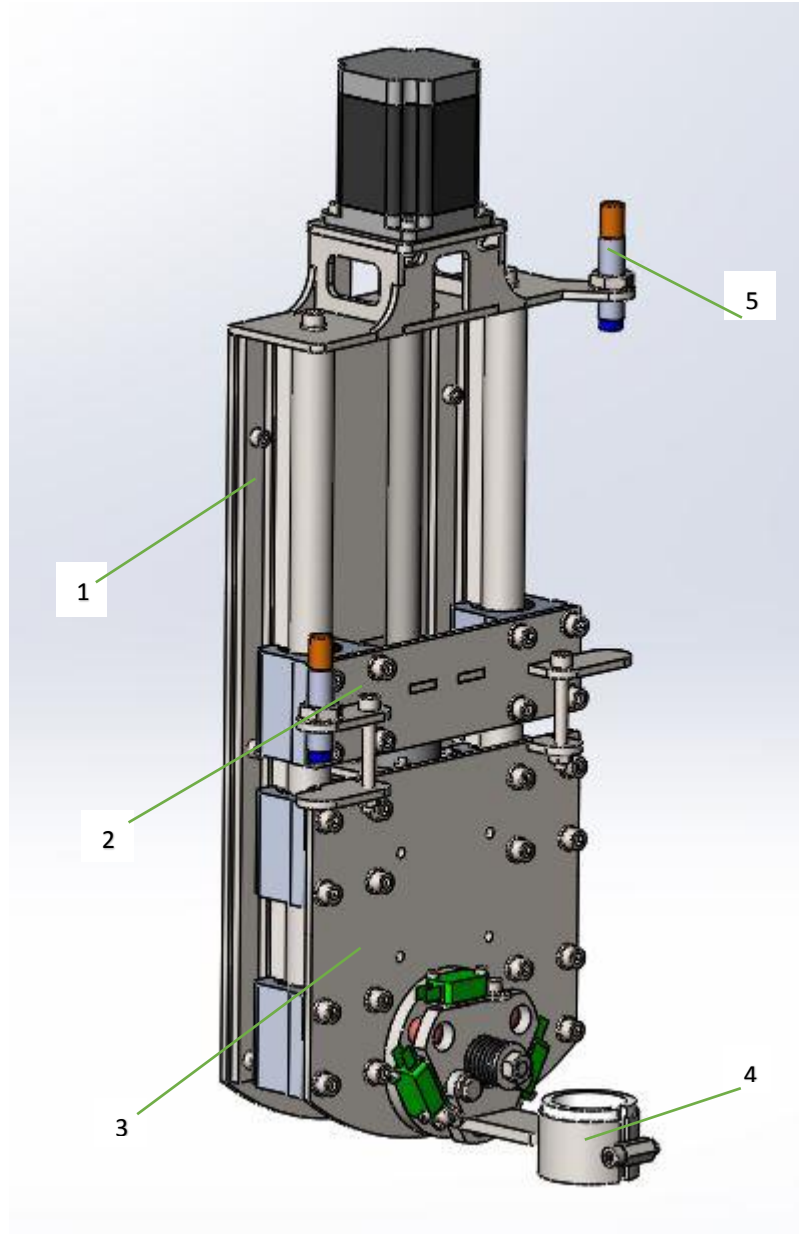


Рисунок 3.3 – Позиціонер

1 - корпус позиціонера, 2 - каретка, 3 - слайдер, 4 - кронштейн плазмотрона, 5 - індукційний датчик початкового положення каретки

Корпус виконаний зварним, з окремих плоских деталей. На ньому розміщені індукційний датчик початкового положення каретки (в верхній точці) та лінійні направляючі вали на опорах. Вздовж валів рухаються лінійні

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | | | | |

підшипники. На верхній парі підшипників розміщена каретка (рис. 3.4), на чотирьох нижніх підшипника слайдер (рис. 3.5) плазмотрона. Верхня каретка рухається за рахунок руху, що передається кульково-гвинтовою парою від крокового двигуна. На каретці розміщений індукційний давач пошуку положення поверхні різання.

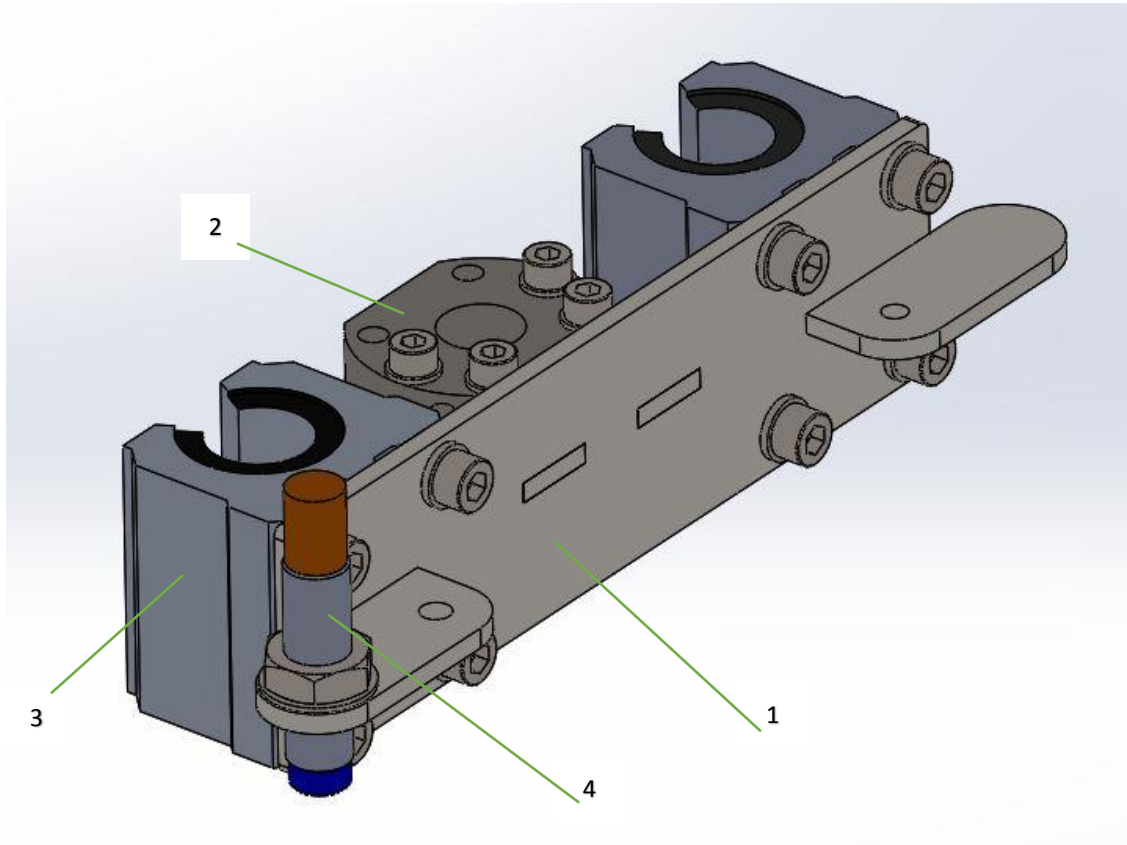
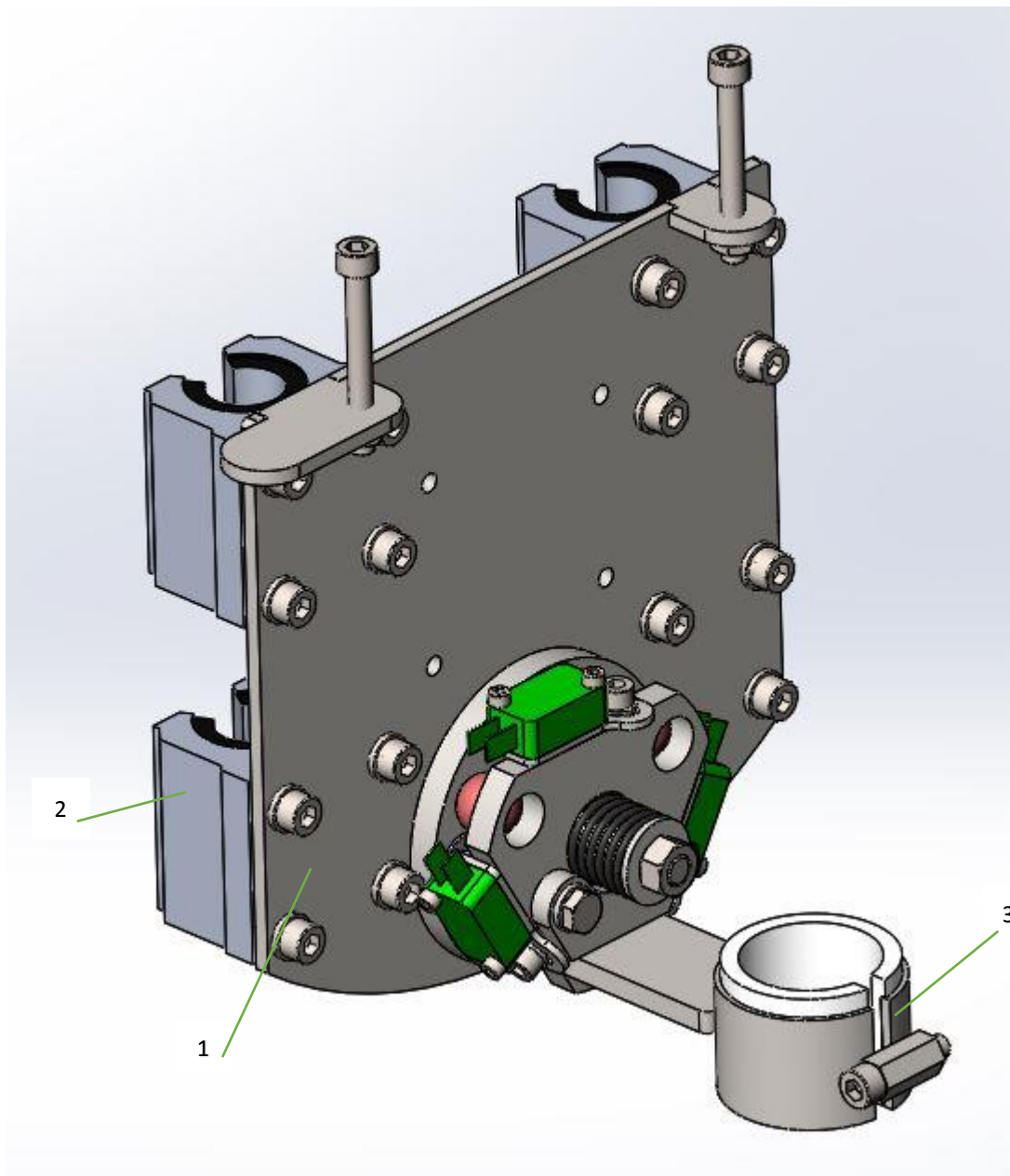


Рисунок 3.4 – Каретка

1 – корпус каретки, 2 - лінійний підшипник, 3 - гайка кульково-гвинтової пари,
4 – індукційний давач пошуку положення поверхні різання

Слайдер підвішений на двох гвинтах. Гвинти не притягують каретку до слайдера, вони дозволяють їх взаємне переміщенн в межах 5 мм. Тобто слайдер під дією сили тяжіння рухається з кареткою, але коли плазмотрон впирається в поверхню різання він зупиняється і наближається до каретки.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|--|
| | | | | | | | | | Арк. | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | | | | | |



3.5 – Слайдер

1 – корпус слайдера, 2 – лінійний підшипник, 3 – кронштейн плазмотрона

На слайдері знаходиться кронштейн плазмотрона з антикраш системою (рис. 3.6). Плазмотрон затискається в розрізній втулці затискачем. Втулка розміщена на важелі який в свою чергу закріплений на фланці. Фланець притискається до корпусу кронштейна пружиною через 3 кульки. Кудьки частково занурені в отвори на корпусі і фланці.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

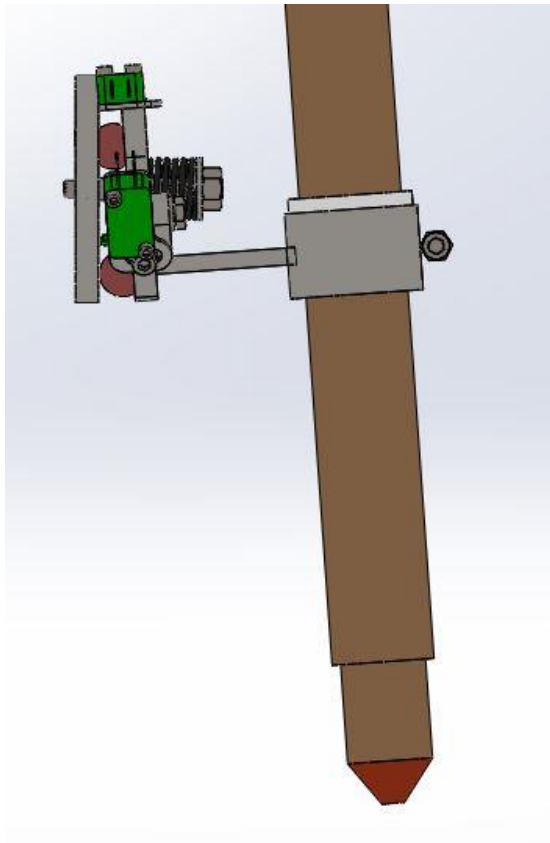


Рисунок 3.7 – Принцип роботи антикраш системи

Щоб проілюструвати роботу системи кріплення та лінійного переміщення плазмотрона її необхідно інтегрувати з роботом, тобто необхідно створити систему роботизованого плазмового різання металопрокату. Один із її варіантів, а саме систему роботизованого плазмового різання листового прокату розглянемо в наступному розділі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4 Роботизована система плазмового різання листового прокату

Роботизована система плазмового різання листового прокату представлена на рис. 4.1. Її моделювання виконано в програмному середовищі Robo Dk.

Промисловий робот Kuka KR200 встановлений на постаменті. Перед роботом на відстані 800 мм від осі базової рами встановлений плазмовий стіл. Його особливість це дугоподібні ребра на які кладеться лист металу що ріжеться. Ребра знімні і час від часу міняються, так як під час різання частково ріжуться плазмовою дугою.

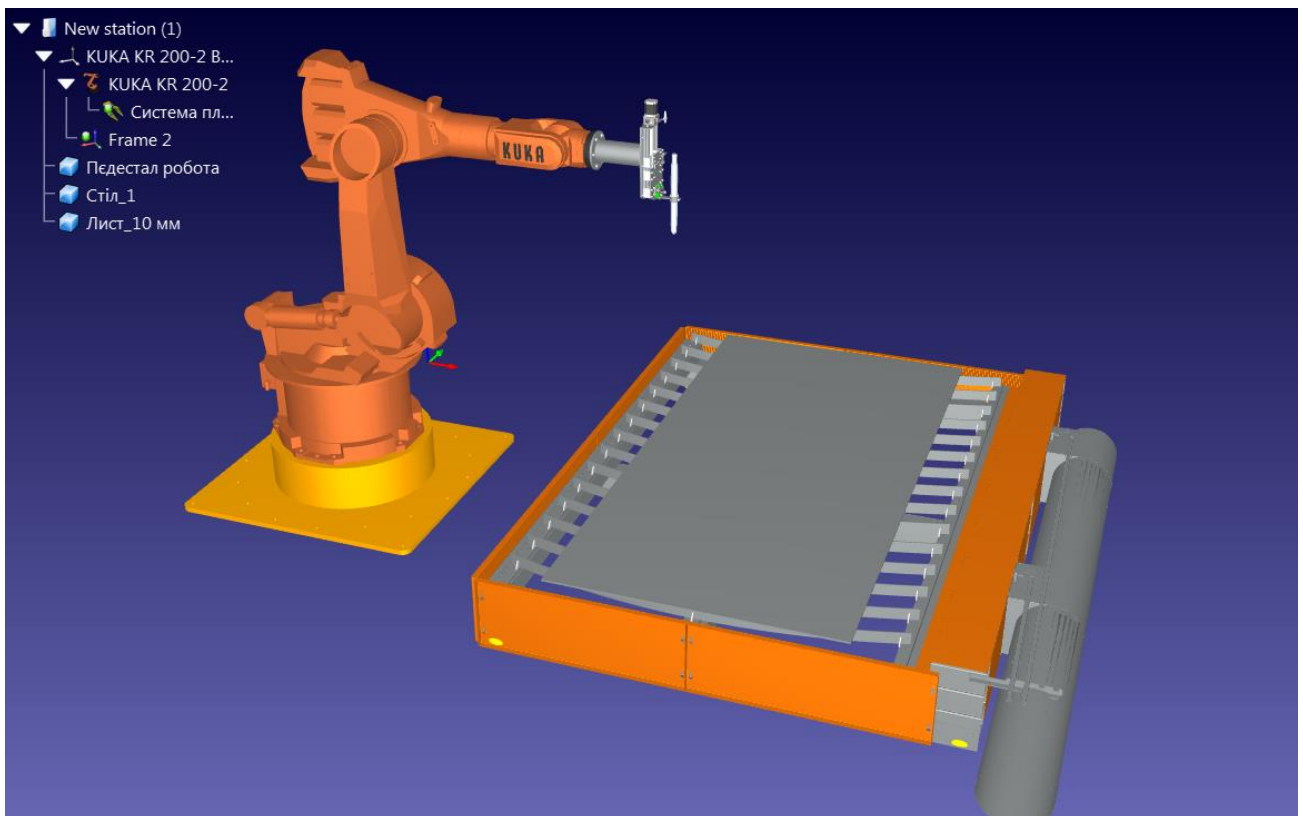


Рисунок 4.1 – Модель системи плазмового різання листового прокату (вихідне положення) в середовищі RoboDK

1 – робот Kuka KR200, 2 – постамент, 3 – плазмовий стіл, 4 – лист металу що ріжеться, 5 – система кріплення та лінійного переміщення плазмотрона

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Стіл обладнаний системою відведення газів, які утворюються в результаті плазмового різання, є шкідливими для людини і містять велику кількість дрібнодисперсного металевого пилю.

На фланці руки робота розміщена система кріплення та лінійного переміщення плазмотрона.

Алгоритм роботи системи плазмового різання листового прокату розглянемо в наступному розділі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 5.1 - Алгоритм роботи системи плазмового різання листового прокату

| № | Етап алгоритму | Сигнал «від» | Сигнал «до» |
|----|---|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Робот знаходиться в вихідному положенні | Система керування роботом | Система керування роботом |
| 2. | подається сигнал на початок роботи | Зовнішня кнопка | Система керування роботом |
| 3. | Визначається положення каретки СКЛП і відповідно плазмотрону. Для цього каретка рухається в напрямку індукційного давача початкового положення | Система керування роботом | Система керування СКЛП |
| 4. | При досягненні індукційного давача початкового положення каретка СКЛП зупиняється (рис. 4.2) і подається сигнал в систему керування роботом. | Система керування СКЛП | Система керування роботом |
| 5. | Робот переміщує плазмотрон в початкову точку траєкторії. Плазмотрон при цьому має бути перпендикулярний до поверхні різання. При досягненні заданої точки подається сигнал в систему керування СКЛП. | Система керування роботом | Система керування СКЛП |
| 6. | Необхідно знайти рівень поверхні різання. Вмикається рух каретки в напрямку цієї площини і коли плазмотрон в неї впреться, слайдер буде рухатися в напрямку каретки поки не спрацює індукційний давач пошуку положення поверхні різання (рис. 4.3). Подається сигнал в систему керування СКЛП | Система керування СКЛП | Система керування СКЛП |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|---|---------------------------|----------------------------|
| 7. | Каретка рухається в напрямку «від поверхні» на відстань пробивки. | Система керування СКЛП | Система керування СКЛП |
| 8. | Плазмова система запалює дугу і пробиває метал | Система керування СКЛП | Система плазмового різання |
| 9. | Затримка руху всіх елементів роботизованої системи на час пробивки металу. | Система керування СКЛП | Система керування СКЛП |
| 10. | Каретка рухається в напрямку «до поверхні» на відстань різання | Система керування СКЛП | Система керування СКЛП |
| 11. | Робот рухає плазмотрон вздовж траєкторії різання | Система керування СКЛП | Система керування роботом |
| 12. | Модулем THC (torch height control), циклічно вимірюється напруга дуги і регулюється висота різання, тобто система керування СКЛП рухає каретку вверх-вниз таким чином, щоб напруга дуги залишалася в заданих межах. | Система керування СКЛП | Система керування СКЛП |
| 13. | В кінцевій точці траєкторії подається сигнал в систему керування СКЛП | Система керування роботом | Система керування СКЛП |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|--|------------------------|----------------------------|
| 14. | Вимикається живлення плазмотрона і якийсь час здійснюється його продування струменем повітря для охолодження | Система керування СКЛП | Система плазмового різання |
| 15. | Каретка СКЛП повертається в початкове положення | Система керування СКЛП | Система керування СКЛП |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

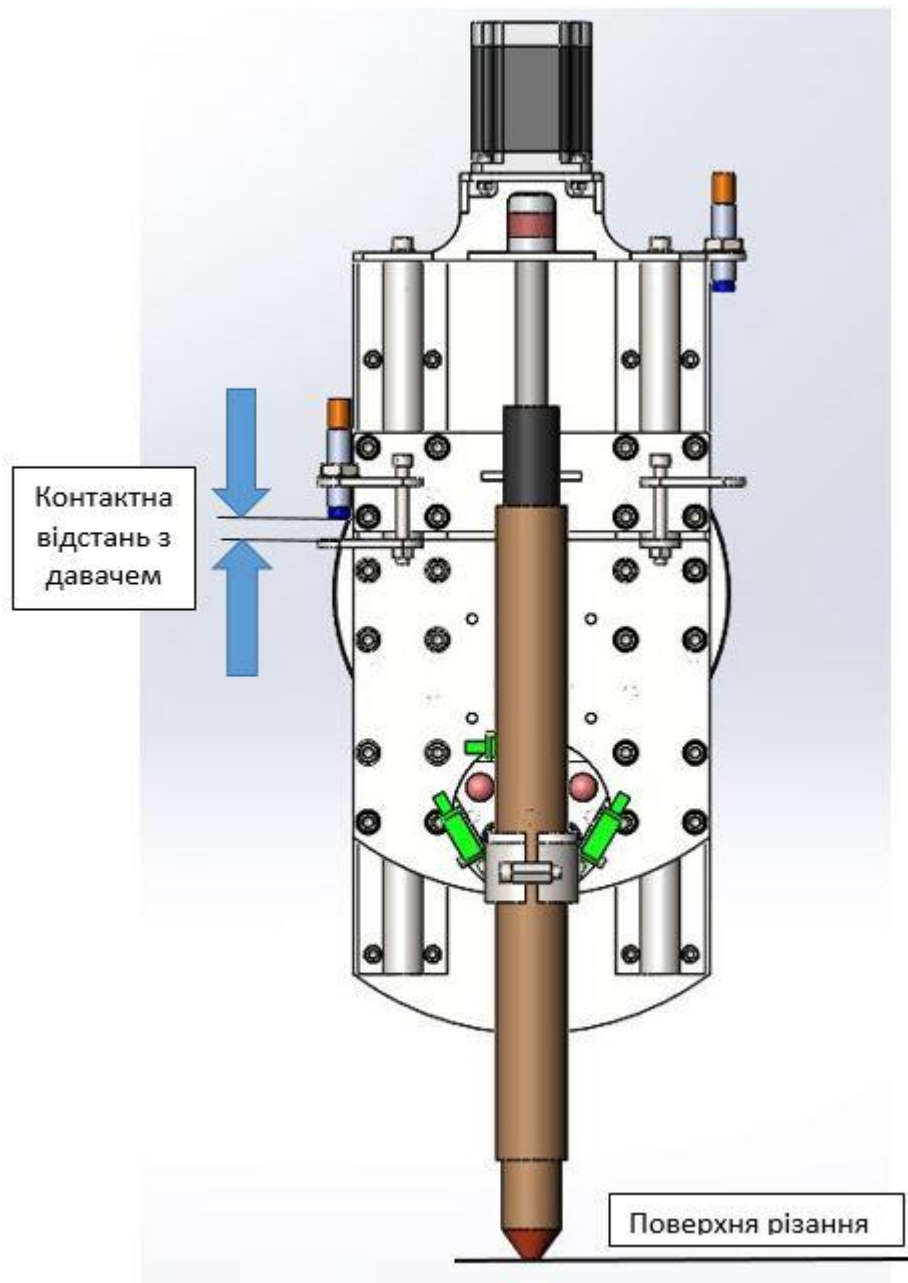


Рисунок 5.2 – Пошук рівня поверхні різання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>МР.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

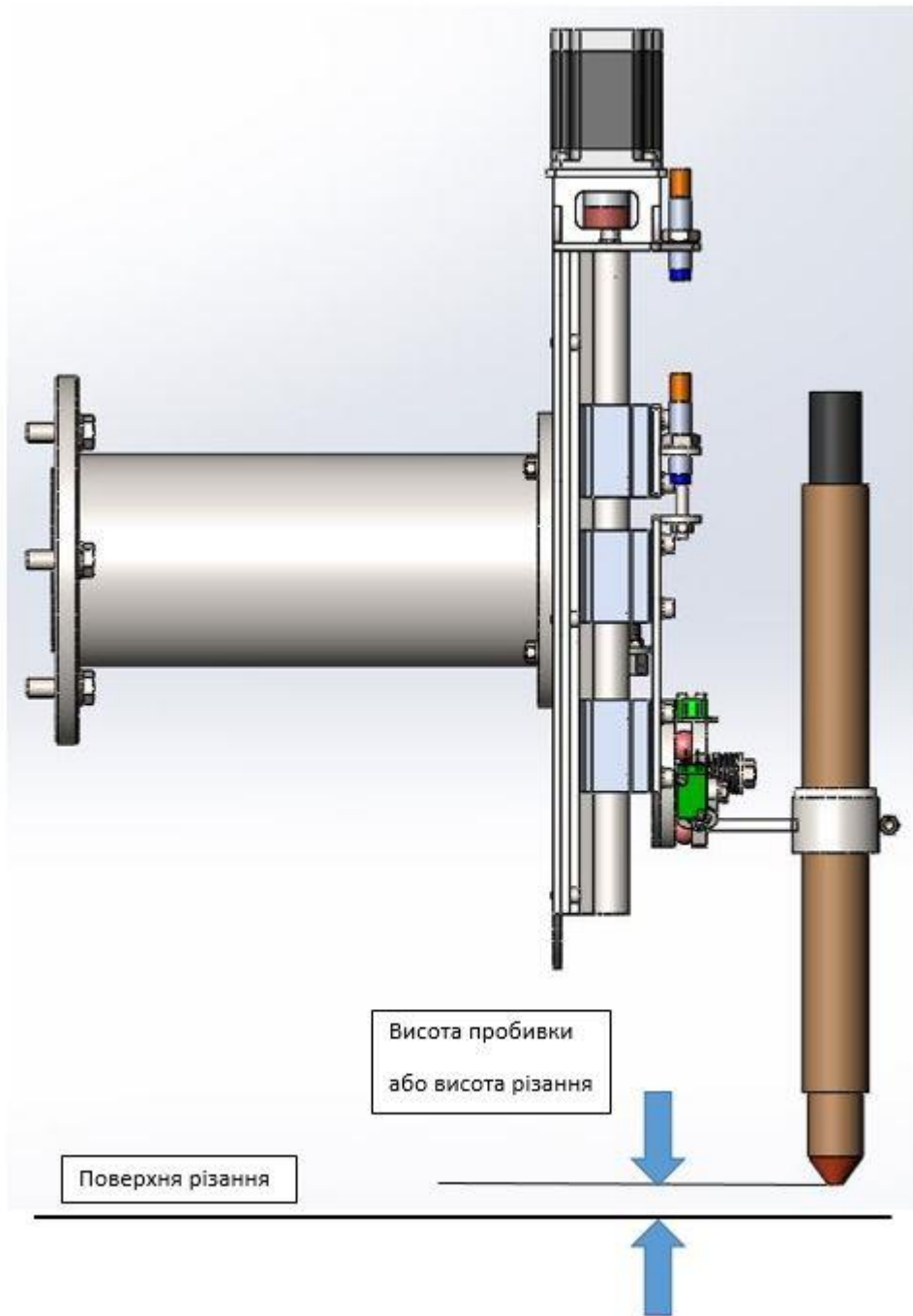


Рисунок 5.3 – Позичіонування каретки СКЛП з плазмотроном на етапі пробивки і різання

Щоб реалізувати цей алгоритм необхідно фізично поєднати систему керування робота, систему керування СКЛП і систему плазмового різання. Розглянемо це поєднання в наступному розділі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>МР.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

6 Система керування роботизованою системою плазмового різання листового прокату

Система керування роботизованою системою плазмового різання листового прокату повинна поєднати три системи керування, а саме:

- систему керування робота;
- систему керування СКЛП;
- систему плазмового різання.

Її ілюстрована блок-схема представлена на рис. 6.1.

Штатну систему керування робота (в нашому випадку це VKRC1) необхідно доповнити додатковим гаджетом – Device Net Wago. Це дозволить додатково задіяти 8 аналогових входів-виходів. Саме через них буде іти обмін сигналами по каналах описаних в попередньому розділі:

- Зовнішня кнопка - Система керування роботом
- Система керування роботом - Система керування СКЛП
- Система керування СКЛП - Система керування роботом

Систему керування СКЛП побудуємо на базі інтерфейсної плати VL-MACH-V1.1. Вона дозволяє підключити до п'яти драйверів керування кроковими або серво двигунами до ПК, оснащеного портом LPT. Вона розподіляє сигнали від виводів LPT на гвинтові клеми, таким чином, полегшуючи підключення драйверів.

Крім того дана плата, має наступні характеристики:

1. Повна підтримка програми MACH3 та інших комп'ютерних програм, призначених для управління верстатом за допомогою паралельного порту.
2. Наявність роздільного живлення цифрової частини (від USB або зовнішнього джерела +5В) та периферійних пристроїв (від зовнішнього джерела +12-24В) захисту комп'ютера.
3. Широкий діапазон входньої напруги для живлення периферійних пристроїв від +12 до +24В, анти-реверсна функція.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4. Оптоізоляція всіх вхідних сигналів захисту комп'ютера.
5. Наявність реле для керування шпинделем. Вихідний порт P17.
6. Оптоізований вихід аналогового перетворювача з напругою 0-10В для керування швидкістю обертання шпинделя. Вихідний порт P1.
7. Наявність 17 портів, які можуть працювати з оптоізованими входами драйверів управління кроковими або серво двигунами.
8. Вихідний порт P1 можна використовувати як вихід ШІМ для керування зі шпинделем з оптоізованим входом.
9. Можна підключати до схем із загальним катодом або загальним анодом і напругою сигналу до +5В

Плата BL-MACH-V1.1 працює з програмою Mach3 яка є однією з найбільш популярних програм управління верстатами з ЧПК, як комерційного, так і аматорського застосування. Вона керує контролерами крокових або серво двигунів, використовуючи сигнали Крок/Напрямок. Завдяки їй можлива реалізація числового керування такими машинами, як: плоттери, фрезерні, гравірувальні, токарні верстати, плазморізи. Програма керує механізмами на основі команд промислового стандарту ISO 6983-1:1982, так званих G-Кодів.

В нашому випадку ми використаєм цю плату і програму Mach3 для реалізації алгоритму плазмового різання. Тобто підвід, відвід і рух по траєкторії плазмотрона буде виконувати робот, а пошук рівня поверхні різання, позиціонування плазмотрона в напрямку «від-до» поверхні різання і вмикання-вимикання джерела плазми буде виконувати система керування СКЛП. Керування роботою процесу плазмового різання буде відбуватись за рахунок штатної системи керування джерела плазми, в нашому випадку це Hypertherm Powermax 65.

Переміщення плазмотрона буде відбуватися за рахунок переміщення каретки кроковим двигуном, який в свою чергу керується драйвером 2DM556 підключеним до інтерфейсної плати.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
| | | | | | <i>MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

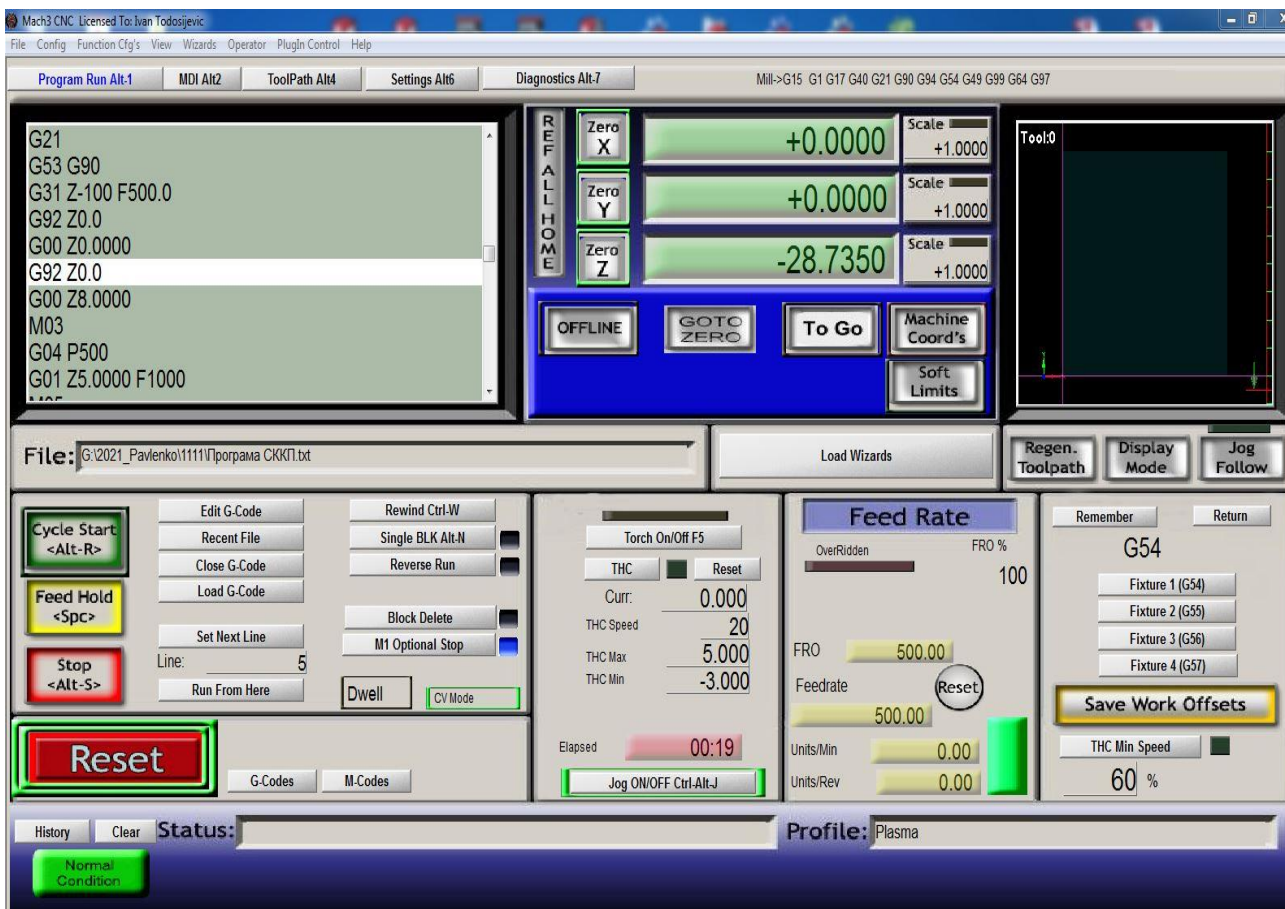


Рисунок 6.3 – Реалізація програми керування СКЛП в середовищі Mach3

Початок роботи системи плазмового різання і її аварійна зупинка відбуваються кнопкою «Пуск-Стоп».

Дана схема поки що тільки у вигляді блок-схеми. Її подальша реалізація буде відбувати в наступних магістерських роботах кафедри КМВ.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | МР.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Висновок

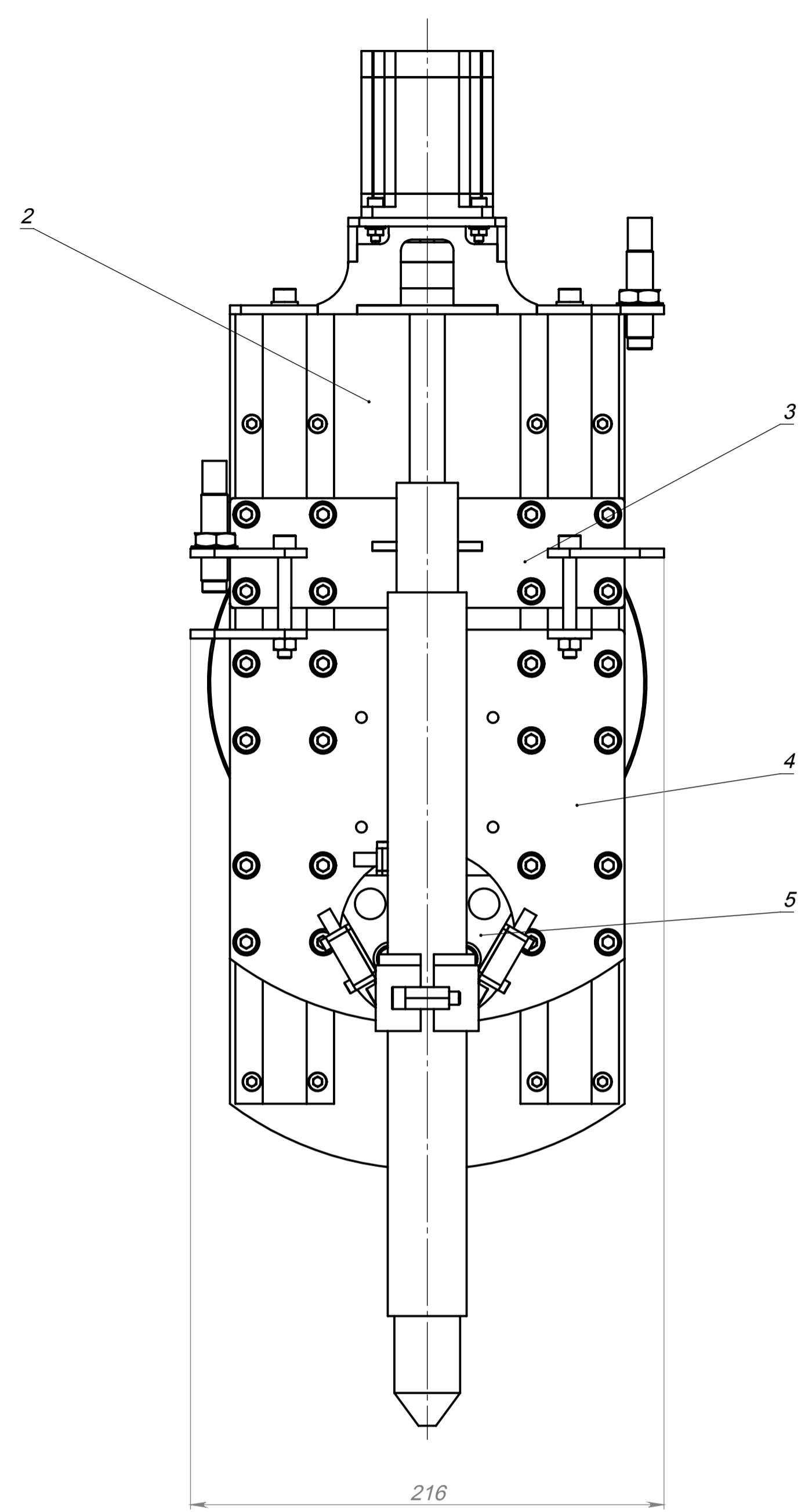
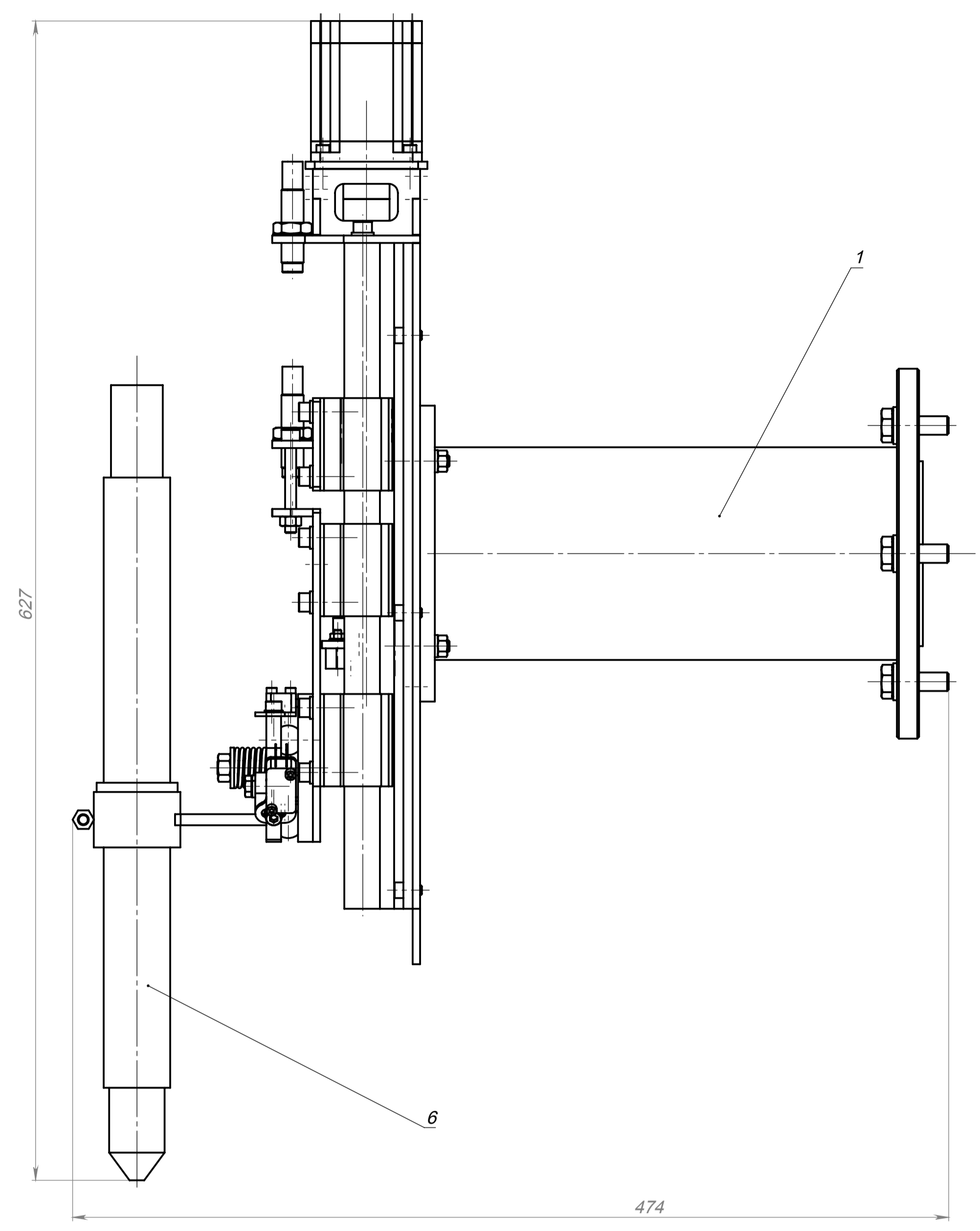
Таким чином в даній роботі була спроба розробки роботизованої системи плазмового різання листового прокату. Розроблена компоновка такої системи, виконано її моделювання в середовищі Robo Dk, детально розроблена конструкція системи кріплення та лінійного позиціонування плазмотрона, а також на рівні блок-схеми розроблена система керування роботизованим комплексом. Дана робота має практичне значення і може бути реалізованою в найближчому майбутньому

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

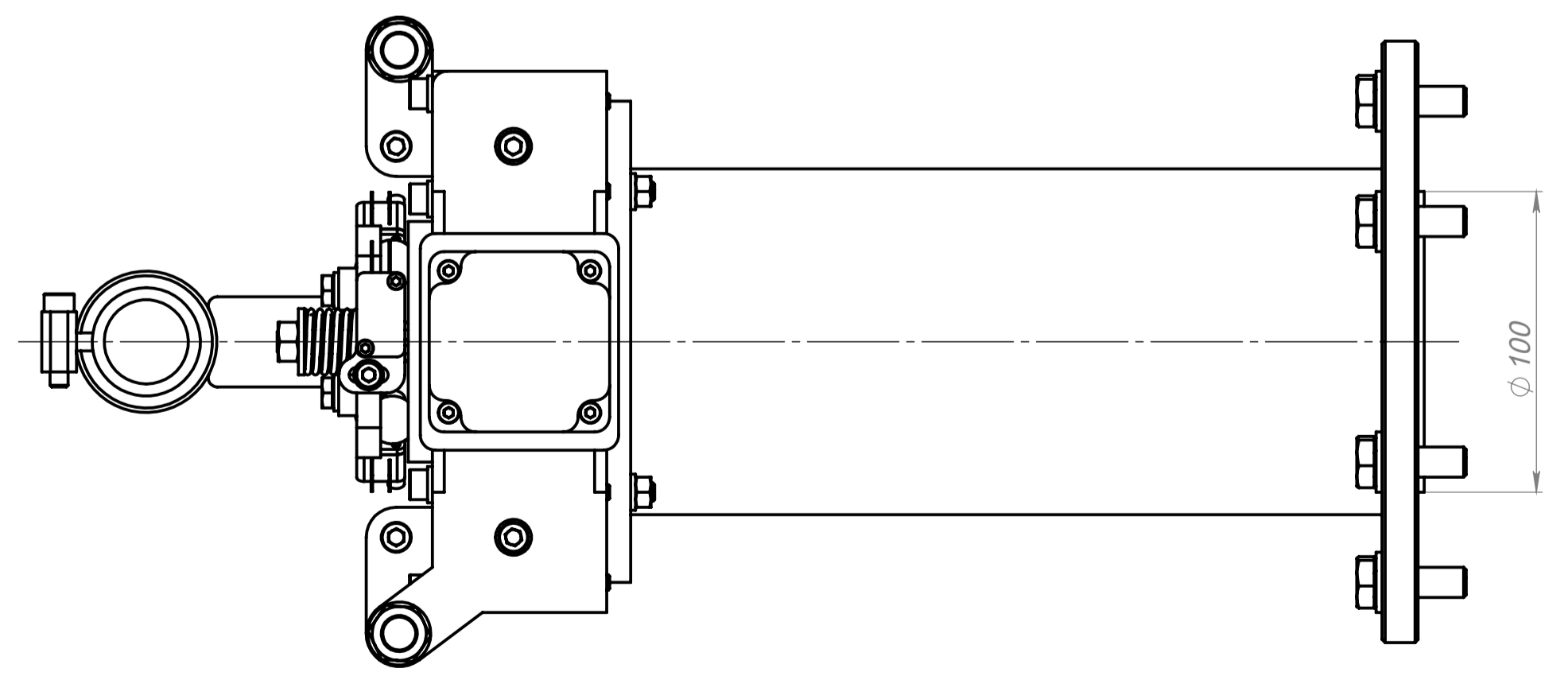
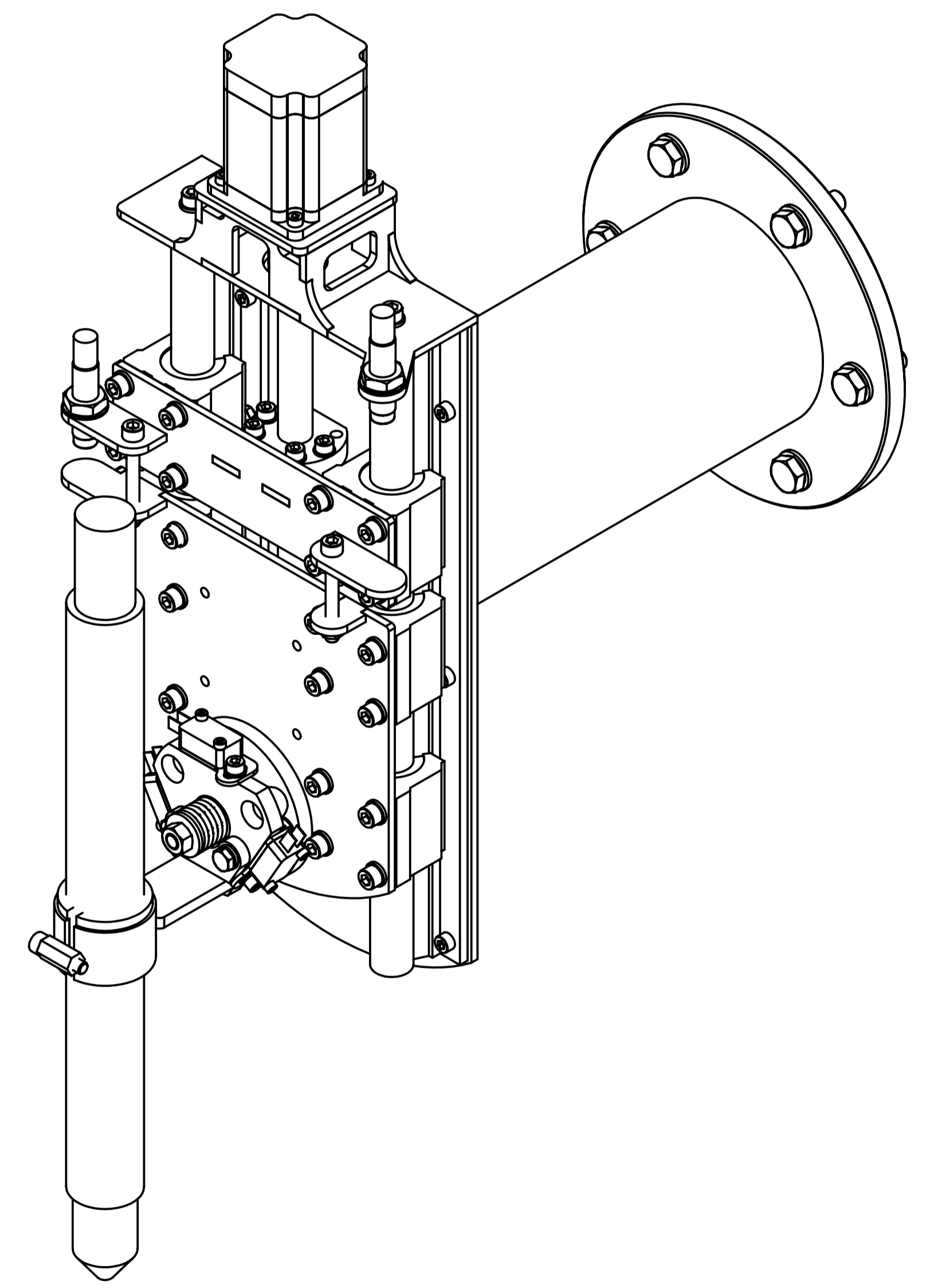
Список використаних джерел

1. Specification KUKA KR125_150_200 EN 03.96.00.
2. SOFTWARE VKR C1 Operación, Programación: Usuario Versión 1.3
3. VW System Software (VSS) Release 5.4. Version: 00. Edicion: 07.09.2007
4. Зварювання дугове і електрошлакове ДСТУ 2456-1994. Г. І. Лащенко, В. І. Пісний, В. С. Очеретний, Р. В. Бойчук
5. Robo DK Documentation EN_[електронний ресурс]. Режим доступу: <https://robodk.com/doc/en/Getting-Started.html>
6. Використання ресурсів та бібліотек програми Robo DK_[електронний ресурс]. Режим доступу: <https://robodk.com>
7. ГОСТ 14792-80 Детали и заготовки, вырезаемые кислородной и плазменно-дуговой резкой. К. В. Васильев, канд. техн. наук; О. Ш. Спектор, канд. техн. наук; 27 марта 1980 г.
8. Технология плазменной резки «Hypertherm». [електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.hypertherm.com/ru/learn/cutting-education/plasma-technology>
9. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи. П. М. Райтер, В. Д. Миндюк, О. М. Григоришин. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2018. - 31 с.
10. Семків С.І. Технологічне забезпечення роботизованого плазмового різання металопрокату-профільної труби. Магістерська робота. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020. - 56 с.
11. Лисканич Р.І. Технологічне забезпечення роботизованого плазмового різання металопрокату – швелера. Магістерська робота. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2020. - 59 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | MP.ПМКм-20-1.129.00.00.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



| ПОЗИЦИЯ | ОБОЗНАЧЕНИЕ | ОПИСАНИЕ | К-ВО |
|---------|----------------------|----------|------|
| 1 | Кронштейн Kuka KR200 | | 1 |
| 2 | Корпус | | 1 |
| 3 | Каретка | | 1 |
| 4 | Слайдер | | 1 |
| 5 | Кронштейн | | 1 |
| 6 | Плазматрон | | 1 |



1. Система предназначена для плазменного резания листового проката в составе роботизованного комплекса на базе робота KukaKr200
2. Кронштейн плазматрона предназначен для крепления плазматрона Digatax

| | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|-------|-------------------------------|----------------------|----------|---------|
| | | | | MP.ПМКМ-20-1.129.00.02 | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Лит. | Масса | Масштаб |
| Разраб. | | Павленко С.С. | | | | | 1:2 |
| Пров. | | Панчук А.Г. | | | | | |
| Т. контр. | | Панчук А.Г. | | | | | |
| Н. контр. | | Панчук А.Г. | | | | | |
| Утв. | | Панчук В.Г. | | | | | |
| | | | | | Лист 1 | Листов 1 | |
| | | | | | ІФНТУНГ ПМКМ-20-1 | | |
| | | | | | Формат А1 | | |

Имя, № подл. Подп. и дата Изм. № Лист, № дубл. Подп. и дата Стр. № Перв. примен.

В

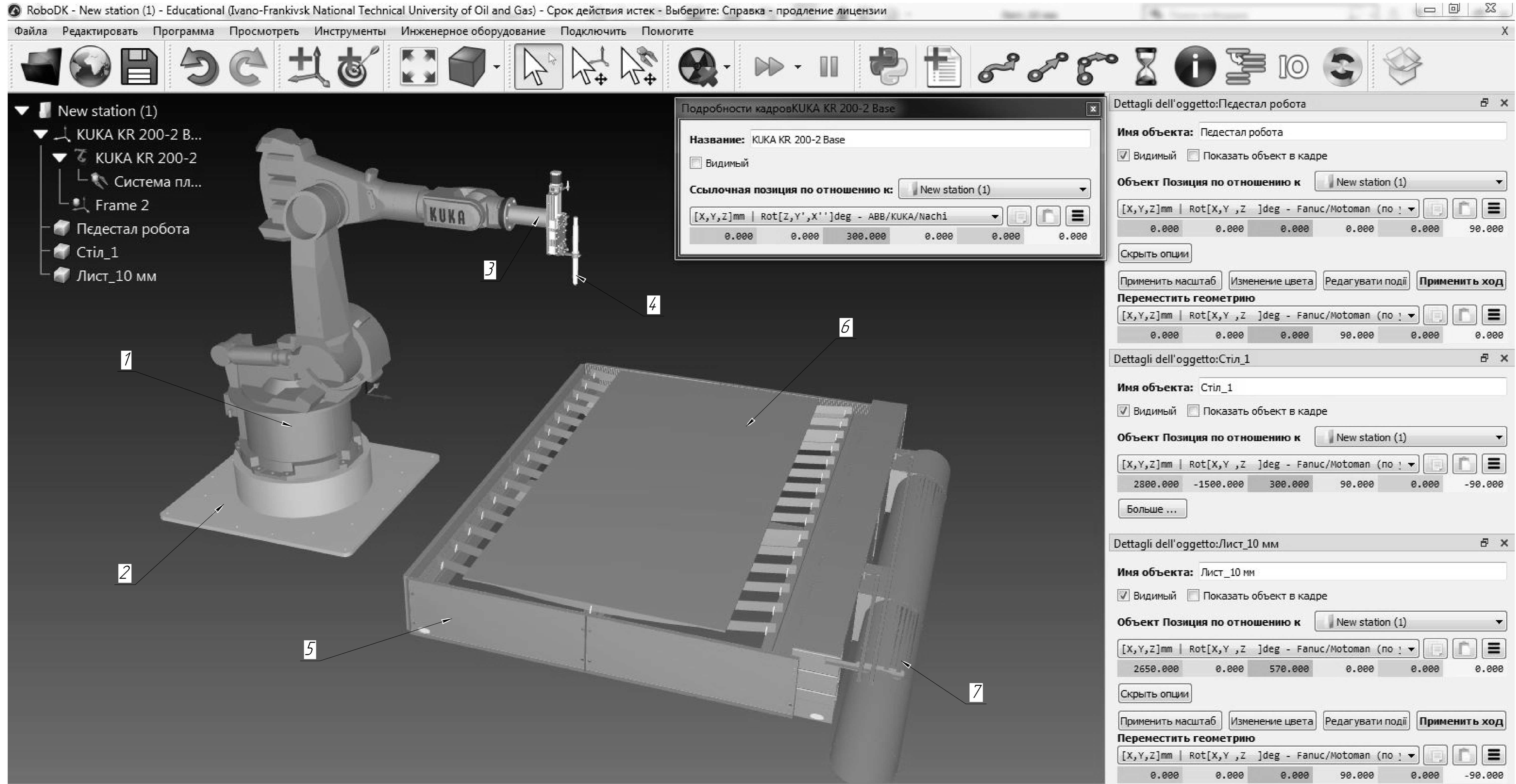
4

3

2

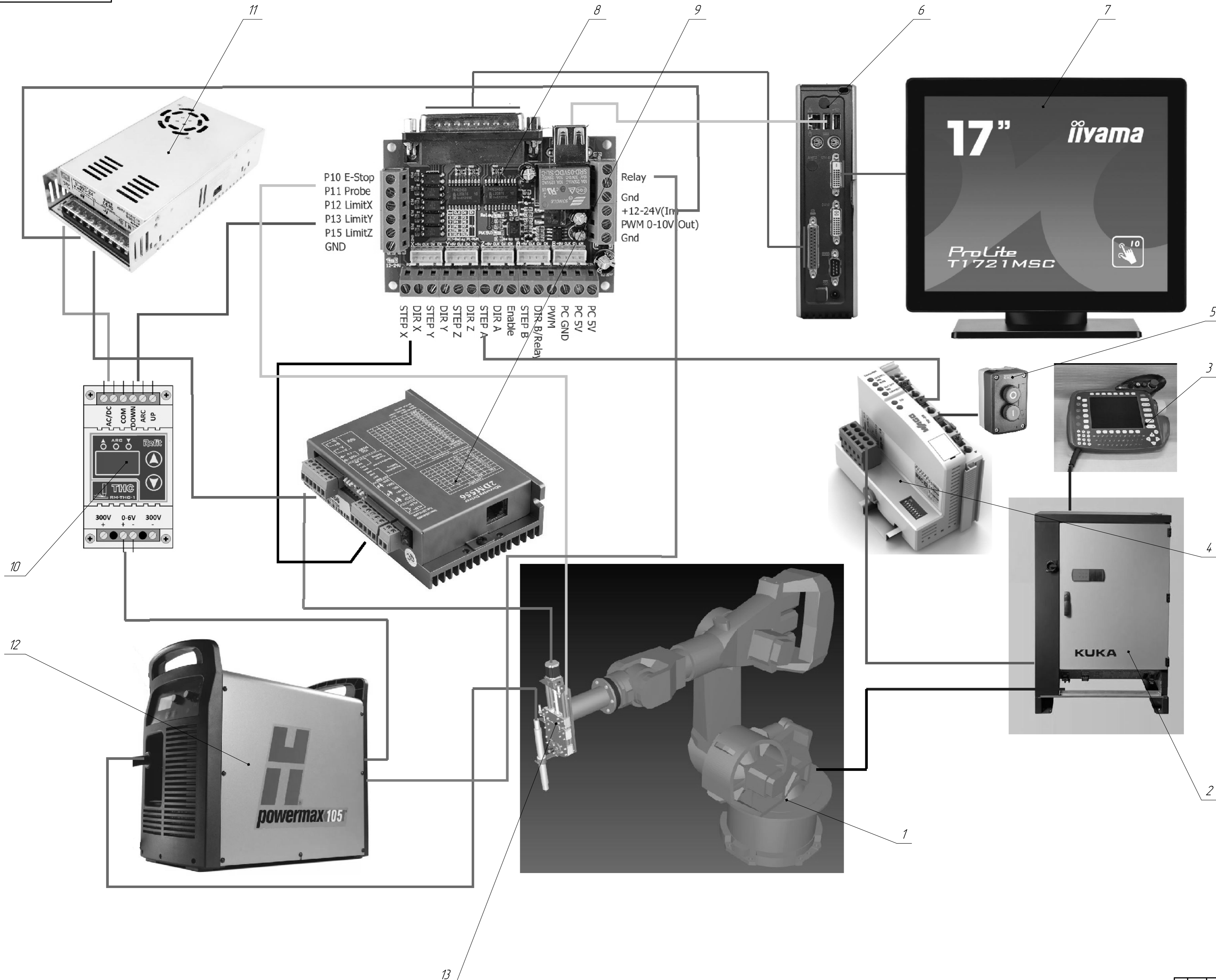
1 Копировал

Файл: Лист 2



- 1 Робот Kuka KR200
- 2 Постамент
- 3 Система кріплення та лінійного переміщення плазматрона
- 4 Плазматрон
- 5 Плазмовий стіл
- 6 Лист що розрізається
- 7 Витяжка

| | | | | | | | |
|-----------|---------------|--------|-------|-----------------------|--|-----------|---------|
| | | | | MP.ПМКМ-20-1129.00.03 | | | |
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата | Моделювання роботизованого комплексу плазмового різання листового прокату в RoboDk | Лист | Масштаб |
| Разраб. | Павленко С.С. | | | | | 1:1 | |
| Проб. | Панчик А.Г. | | | | | | |
| Т.контр. | Панчик А.Г. | | | | | | |
| Иж.контр. | Панчик А.Г. | | | | | Лист | Листов |
| Утв. | Панчик В.Г. | | | | | 1 | |
| | | | | | | ІФНТУНГ | |
| | | | | | | ПМКМ-20-1 | |
| | | | | | | Формат А1 | |



| Поз. | Найменування компонента |
|------|--|
| 1 | Робот Кіка KR200 |
| 2 | Система керування VKRC1 |
| 3 | Пульт VKRC1 |
| 4 | Девайс Net Wago |
| 5 | Кнопка "Пуск-Стоп" |
| 6 | Комп'ютер |
| 7 | Монітор |
| 8 | Інтерфейсна плата VL-MACH-V1.1 |
| 9 | Драйвер 2DM556 |
| 10 | Контролер висоти плазми RM-THC-1 |
| 11 | Блок живлення імпульсний |
| 12 | Плазморіз POWERMAX 65 |
| 13 | Система кріплення та лінійного переміщення плазматрона |

Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20

| | | | | | | |
|------------------------|-------------|---------------|-------|------|-----------|----------|
| MP.ПМКМ-20-1.129.00.04 | | | | Лист | Масса | Масштаб |
| Изм. | Лист | № док. | Подп. | Дата | | |
| Разраб. | Панчик А.Г. | Лавренко С.С. | | | 1:1 | |
| Проб. | Панчик А.Г. | Панчик А.Г. | | | Лист | Листов 1 |
| Т.контр. | Панчик А.Г. | Панчик В.Г. | | | ИФНТУНГ | |
| И.контр. | Панчик А.Г. | | | | ПМКМ-20-1 | |
| Утв. | Панчик В.Г. | | | | Формат А1 | |