

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на тему

Розроблення допоміжного устаткування для вирізання отворів на поверхні круглих труб

Виконав: студента групи ІН-41
спеціальності
131 “Прикладна механіка”
освітньо-професійної програми
“Промисловий інжиніринг”
Саламаха С. В.

Керівник: Гобела В. М.

Рецензент: Гасій О. Б.
(прізвище та ініціали)

м. Львів – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Навчально-науковий інститут інженерної механіки, автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Кафедра лісопромислового виробництва та лісових доріг


Освітній рівень бакалавр

Спеціальність 131 "Прикладна механіка"

Освітньо-професійна програма Іпромисловий інжиніринг

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЛПВЛД

 доц. Бакай Б. Я.

"02" вересня 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Саламасі Сергію Васильовичу

1. Тема роботи 1.5 Розроблення допоміжного устаткування для вирізання отворів на поверхні круглих труб.

керівник роботи Гобела Володимир Миколайович, старший викладач,
затверджені наказом університету від "16" серпня 2024 року № С-508

2. Термін подання студентом роботи 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: на основі даних аналізу процесу плазмового різання розробити: структурну схему; схему алгоритму роботи верстату; циклограму роботи плазмо-різального верстату для прямокутних отворів на поверхні круглих труб; розробити конструкцію допоміжного устаткування для вказаного верстата.

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

1 Особливості виконання різання металу газовою плазмою

2 Розроблення процесу газо-плазмового вирізання отворів на поверхні круглих труб верстатом з ЧПУ

3 Розроблення конструкції плазмо-різального верстату для вирізання фігурних отворів на поверхні круглих труб

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
2 Розроблення процесу газо-плазмового вирізання отворів на поверхні круглих труб (4 арк.)

3 Розробляння конструкції плазмо-різального верстату для вирізання фігурних отворів на поверхні круглих труб (4 арк.)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Гобела В. М., старший викладач	05.05.25	15.05.25
2	Гобела В. М., старший викладач	16.05.25	29.05.25
3	Гобела В. М., старший викладач	30.05.25	10.06.25

7. Дата видачі завдання 02.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Ч. ч.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Особливості виконання різання металу газовою плазмою	05.05.2025-15.05.2025	
2	Розробляння процесу газо-плазмового вирізання отворів на поверхні круглих труб	16.05.2025-29.05.2025	
3	Розробляння конструкції плазмо-різального верстату для вирізання фігурних отворів на поверхні круглих труб	30.05.2025-10.06.2025	
4	Формування розділів та оформлення кваліфікаційної роботи	11.06.2025-16.06.2025	

Студент


(підпис)

Саламаха С. В.

Керівник роботи


(підпис)

Гобела В. М.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня бакалавра: 67 с., 3 ч., 6 табл., 17 рис., 8 дод., 10 джерел.

Тема: «Розробляння допоміжного устаткування для вирізання отворів на поверхні круглих труб».

ПЛАЗМА, СОПЛО, ПЛАЗМОТРОН, КРОКОВИЙ ДВИГУН, КОНТРОЛЕР, ДРАЙВЕР, ІОНІЗОВАНИЙ ГАЗ.

Об'єкт дослідження – верстат плазмової порізки листового металу на верстатах з числовим програмним управлінням.

Мета роботи – покращення процесу управління різання листового прокату на верстаті з числовим програмним управлінням.

Методи дослідження – метод навчання, спостереження, порівняння, моделювання, аналогії як інструмент систематичного підходу дозволив проаналізувати низьку ефективність управління верстатами плазмового різання шлях вдосконалення роботи верстатів.

На основі аналізу особливостей застосування плазмового різання розроблено покращену структурну схему та циклограму роботи верстату.

Розроблено блок-схему алгоритму роботи верстату.

Розраховано робоче та аварійне освітлення цеху.

ABSTRACT

Bachelor's degree graduation thesis: 67 p., 3 ch., 17 bill., 8 add., 10 literature sources.

Thesis topic: Development of auxiliary equipment for cutting holes on the surface of round pipes

PLASMA, NOZZLE, PLASMATRON, STEPPER MOTOR, CONTROLLER, DRIVER, IONIZED GAS.

Study subject – sheet metal plasma cutting machine on CNC machines.

Research objective – improving the control process of cutting sheet metal on a CNC machine.

Research methods – the method of learning, observation, comparison, modeling, analogy as a tool of a systematic approach allowed to analyze the low efficiency of plasma cutting machine control and the way to improve the operation of the machines.

Based on the analysis of the features of the application of plasma cutting, an improved structural diagram and cycle diagram of the machine operation were developed.

A block diagram of the machine operation algorithm was developed. Working and emergency lighting of the workshop was calculated.

РЕФЕРАТ

ЗМІСТ

ВСТУП

1	ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗАННЯ МЕТАЛУ ГАЗОВОЮ ПЛАЗМОЮ НА ПІДПРИЄМСТВІ.....	9
1.1	Умови за яких виникає газова плазма у плазморізальних верстатах.....	9
1.2	Фізична сутність утворення газової плазми.....	12
1.3	Порівняльна характеристика плазмо утворюючих газів.....	13
1.3.1	Повітряно-плазмове різання.....	13
1.3.2	Кисневе плазмове різання.....	14
1.3.3	Плазмове різання з використанням захисних газів.....	14
1.4	Технологічні особливості різання різних видів металів.....	14
1.4.1	Різання сталі газовою плазмою.....	15
1.4.2	Різання кольорових металів газовою плазмою.....	15
1.5	Види газового плазмове різання.....	16
1.5.1	Ручне плазмове різання металів.....	16
1.5.2	Автоматичне плазмове різання металів.....	18
2	РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ГАЗО-ПЛАЗМОВОГО ВИРІЗАННЯ ОТВОРІВ НА ПОВЕРХНІ КРУГЛИХ ТРУБ ВЕРСТАТОМ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ.....	20
2.1	Принцип роботи автоматизованого плазмо різального верстатату з числовим програмним управлінням для різання листового прокату.....	20
2.2	Розроблення конструктивної схеми плазмо-різального верстату для вирізання отворів на поверхні круглих труб.....	21
2.3	Розроблення структурної схеми роботи верстата з ЧПУ для плазмове різання	23
2.4	Розроблення схеми циклограми роботи плазмо-різального верстату під час вирізання отворів складної форми на поверхні труби.....	25
2.5	Складання алгоритму системи управління плазмо-різальним верстатом.....	26
2.6	Вибір складових частин електричної схеми управління плазмо-різальним верстатом.....	27
2.6.1	Плата управління драйверами, які керують плазмо-різальним верстатом з ЧПУ.....	29
2.6.2	Драйвери управління кроковими двигунами.....	29
2.6.3	Бі – полярні крокові двигуни.....	30
2.6.4	Блок живлення для електричної системи управління верстатом.....	31
2.6.5	Джерело плазми – плазмотрон.....	31
2.7	Заходи з покращення охорони праці та техніки безпеки в	

	металообробному цеху.....	31
2.7.1	Розрахунок заземлення для запроєктованого плазморізального верстата.....	31
2.7.2	Розрахунок потрібної потужності для освітлення металообробного цеху.....	37
2.7.2.1	Розрахунок штучного робочого освітлення металообробного цеху.....	37
2.7.2.2	Розрахунок потрібної активної потужності для забезпечення робочого освітлення цеху	40
2.7.2.3	Розрахунок потрібної потужності для забезпечення аварійного освітлення цеху.....	41
2.7.2.4	Визначення сумарної потрібної потужності для освітлення цеху.....	43
2.7.3	Міроприємства з покращення пожежної безпеки в металообробному цеху.....	44
3	3 РОЗРОБЛЯННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПЛАЗМОРІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА ДЛЯ ВИРІЗАННЯ ФІГУРНИХ ОТВОРІВ НА ПОВЕРХНІ КРУГЛИХ ТРУБ.....	45
3.1	Робота існуючої схеми плазморізального верстату для різання прокату	45
3.2	Будова та робота запроєктованої конструктивної схеми плазморізального верстату для вирізання фігурних отворів на на поверхні круглих труб.....	47
3.3	Розрахунок конструктивних елементів привідних вальців для повертання труби.....	49
3.3.1	Розрахунок зусиль, які діють на валець під час повертання труби.....	49
3.3.2	Розрахунок сили опору коченню вальця по трубі.....	52
3.3.3	Розрахунок сили інерції від ваги труби.....	53
3.3.4	Розрахунок потрібної потужності крокового двигуна для повертання валика під час повертання труби.....	54
	ВИСНОВКИ	55
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57
	ДОДАТКИ	58

ВСТУП

На сьогоднішній день використовують різні способи різання прокату але різання з допомогою газової плазми є найбільш ефективним способом різання в порівнянні з газокисневим, лазерним та гідро абразивним різанням.

Під час плазмового різання застосовують великі швидкості різання з отриманням хорошої якості поверхні різі. Таким способом можна різати сталь, кольорові метали, вуглецеві і леговані сталі. Плазмове різання має переваги навіть перед лазерним різанням в тому, що дає можливість обробляти заготовки значно більшої товщини, яка може досягати до 70,0 міліметрів з і давати при цьому хорошу якість різі.

Газокисневе різання також значно поступається плазмовому.

Газову плазму вперше відкрили у США в 1929 році вчені фізики Ірвінг Ленгмур і Леві Тонко. Вони отримали газорозрядній трубці іонізований газ , який. Тоді вчені з отриманням електричного розряду в трубці з розрідженим повітрям відкрили матерію, яка стала четвертим станом речовини.

Збільшуючи температуру газу, його атоми перетворюються на іони і електрони і в силу цього частка вільних іонів і електронів в суміші газу різко зростає.

Фахівці військово-промислового комплексу США в 1941 році відкрили новий процес зварювання металів. Це так званий TIG або GTAW процес, заснований на подачі інертного газу через електричну дугу. Вчені встановили, що із збільшенням потоку газу і зменшенням отвору в газовому соплі утворюються умови для виникнення плазмового струменя, яким можна різати матеріали. Після вдосконалення процесу подачі газу із середини минулого століття плазму почали використовувати для різання металу, і на сьогодні цей вид різання матеріалів за популярністю перевершує всі інші види різання.

1 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗАННЯ МЕТАЛУ ГАЗОВОЮ ПЛАЗМОЮ НА ПІДПРИЄМСТВІ

1.1 Умови за яких виникає газова плазма у плазморізальних верстатах

На сьогоднішній день застосовують різні способи різання металевого прокату. Серед цих способів чільне місце займає термічний спосіб різання металу. Термічні способи різання поділяються на газокисневе, лазерне та плазмове. Ці способи термічного різання застосовують для вирізання заготовок із сталі, сплавів на основі сталей, нержавіючих сталей, кольорових металів, залізобетону та різних пластмас. Вказані способи мають свої переваги і недоліки в результаті чого мають обмежене застосування. На сьогодні найбільш перспективним способом для різання листового прокату товщиною від трьох до семи десяти міліметрів зарекомендувало себе плазмове різання, яке показало себе значно кращим ніж газокисневе різання.

Різання газовою плазмою забезпечує високі швидкості різання і хорошу якість поверхні різку під час різання вуглецевих сталей, високо легованих сталей різними металами, нержавіючих сталей і кольорових металів.

Під час різання металу газовою плазмою прокат проплавляється потужним струменем газової плазми, яка має високу температуру і сконцентрована на відносно малій ділянці поверхні прокату, який ріжуть. Із зони різання метал, який розплавлений, видувається газовим струменем з високою швидкістю. Інструментом під час плазмового різання служить струмінь плазми. Для якісного різання газова плазма повинна мати температуру від 10000 до 50000 градусів. Величина температури плазми залежить від складу ріжучого газу, витрат плазмо-утворюючого генератора і ступеня обтискання плазмового струменя.

В каналі сопла струмінь іонізованої плазми пропускають через калібрований отвір в результаті чого стовп іонізованої дуги отримує малий поперечний діаметр. В результаті цього збільшується напруженість електричного поля і в плазмовій частині стовпа, на виході із сопла різко зростає температура, особливо в центральній частині струменя. Питома потужність плазмового струменя досягає $10^4 - 10^6$ кВт/см². Такої потужності абсолютно достатньо для плавлення заготовки виготовленої із будь якого матеріалу.

Плазмо утворюючими газами можуть: аргон (Ar); гелій (He); азот (N₂). Для утворення плазми можна використовувати суміші з водню (H₂); водню і азоту (H₂ + N₂); аргону, водню, азоту (9Ar + H₂ + N₂); водяну пару; стиснуте повітря та інші гази. Хімічний склад плазмо утворюючого суттєво впливає на основні технологічні параметри процесу різання, механічні характеристики та якість поверхні різі. Від хімічного складу газу залежить напруженість поля стовпа дуги, щільність струму в дузі, температура теплового потоку в зоні різі, швидкість перетворення в іонізованій дузі електричної енергії в теплову, що дозволяє в широких межах регулювати кількість теплової енергії, яка виділяється. Від величини та інгредієнта температури та ступеня іонізації плазмо утворюючого середовища залежить термодинамічний процес протікання реакцій з металом заготовки, а це впливає на хімічний склад поверхневих шарів металу на крайках різі, змінює механічні властивості розплавленого металу під час різання.

До основних параметрів процесу плазмового різання відносять: точність, продуктивність і економічність. Ці параметри в свою чергу залежать від розмірів та властивостей металу, який різеться і особливо плазмо утворююче середовище. Плазмо утворююче середовище для різання відповідних матеріалів вибирають виходячи з умови забезпечення потрібної швидкості різання та мінімального негативного впливу процесу різання на форму поверхні різі, властивості і структуру металу.

Серед найважливіших параметрів, які визначають продуктивність процесу плазмового різання є швидкість різання. Досліджуючи процес плазмового різання науковці запропонували рівняння для розрахунку оптимальної швидкості плазмового різання в залежності від товщини металу, коефіцієнту тепло провідності металу, напруги і сили струму.

Логіка рівняння ґрунтується на оцінюванні складових енергетичного балансу і на припущенні, що рідкий метал, який знаходиться в межах температури плавлення, здувається потоком плазми з крайок металу під час різання. Швидкість різання v металу товщиною s і щільністю γ з утворенням порожнини різку шириною h , з тепловою дією дуги напругою U і силою струму I можна визначити з виразу:

$$v = 0,24IU\eta - q_T \gamma hs \Delta Q$$

де η - ефективний коефіцієнт корисної дії плазмової дуги; ΔQ - приріст теплової енергії в металі; q_T - інтенсивність теплопередачі від дуги в метал.

Проаналізувавши вказане рівняння то можна говорити про деякі загальні закономірності технологічного процесу плазмового різання.

По перше - швидкість плазмового різання визначається потужністю дуги. Ця відмінність надає великі переваги в продуктивності плазмового різання в порівнянні із кисневим, швидкість різання якого пов'язана швидкістю хімічних перетворень в металі. Але також потрібно сказати, що перевага плазмового різання по швидкості не є безперечною, в силу того, що швидкість плазмового різання падає значно швидше із збільшенням товщини металу, що ріжеться, ніж швидкість кисневого різання.

По друге - швидкість плазмового різання прямо пропорційна потужності дуги і обернено пропорційна товщині і об'ємній вазі металу, який ріжеться.

По третє - потужність ріжучої дуги $0,24IU\eta$ повинна бути рівною або більшою деякої критичної величини, яка забезпечує проплавлення металу відповідної товщини із врахуванням втрат qt від теплопередачі в прокат. За інших умов збільшення швидкості різання в певний момент часу може привести до припинення наскрізного прорізання металу.

По четверте - за інтенсивністю впливу на швидкість різання сила струму і напруга не є рівноцінні. Експериментальними дослідженнями встановлено, що збільшення напруги більш ефективно впливає на швидкість різання, ніж збільшення сили струму. Величина напруги визначає глибину занурення плазмової дуги в метал. Збільшуючи напругу в ріжучій дузі можна досягнути різання металів так званою “жорсткою” ріжучою дугою з великою витратою газу через вузьке сопло, що сприяє підвищенню швидкості та якості різання під час різання металу великої товщини.

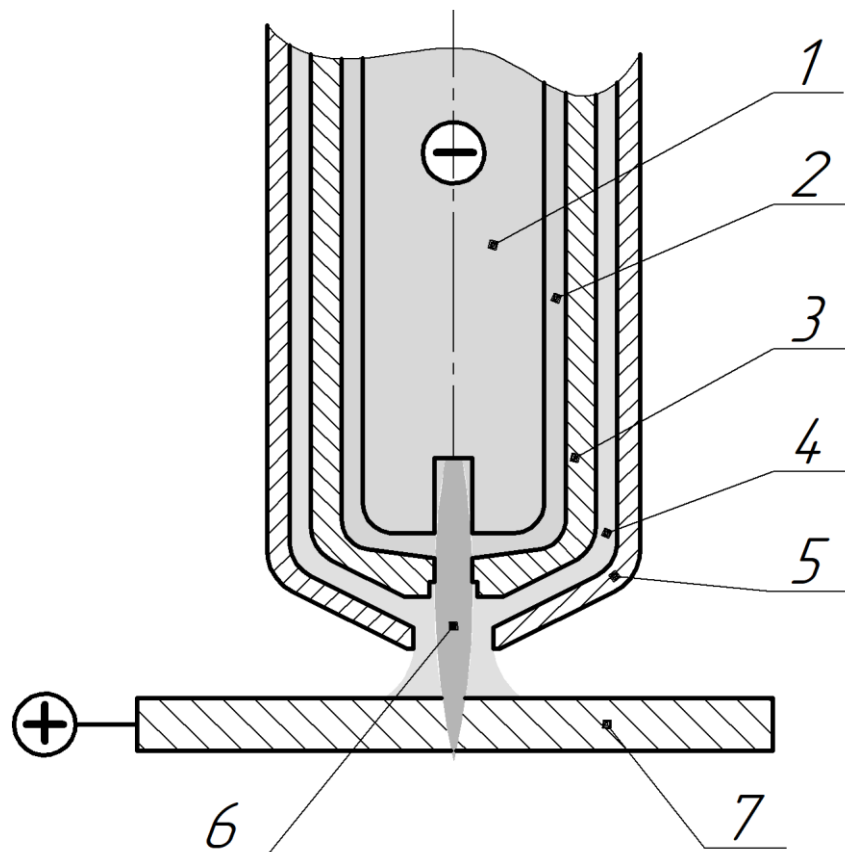
Хімічний склад газу з якого утворюється плазмовий струмень, його температура, технологічні параметри процесу плазмового різання, конструкція плазмотрону суттєво впливають на рівень насичення стінок різучого газу, глибину газонасиченого шару, структуру крайок різучого газу.

1.2 Фізична сутність утворення газової плазми

Газ перетворюється у плазму під час дуже швидкого його нагрівання до високої температури завдяки чому атоми газу іонізуються. За рахунок того, що електрони газу під дією високої температури швидко рухаються, газова плазма проводить електричний струм.

В промислових установках газ перетворюють на плазму безпосередньо у соплі різача. Сам процес утворення плазми проходить наступним чином. В соплі між електродом і металом, який ріжуть, під дією струму високої напруги запалюють електричну дугу. Після цього, в зону горіння дуги подають плазмо утворюючий газ під тиском 6 – 8 атмосфер. Під час взаємодії газу з електричною дугою останній нагрівається до температури 10000 –

50000 градусів Цельсія і перетворюється на струмінь плазми. Схема будови сопла приведена на рисунку 1.1.



1 – електрод; 2 – плазмо утворюючий газ; 3 – сопло; 4 – захисний газ; 5 – захист сопла; 6 – дуга плазми; 7 – заготовка (катод).

Рисунок 1.1 – Схема будови сопла плазмової установки:

1.3 Порівняльна характеристика плазмо утворюючих газів

1.3.1 Повітряно-плазмове різання

Під час повітряно-плазмового різання в якості плазмо утворюючого газу використовують повітря. Вважають, що різання повітрям є найдешевший варіант плазмового різання. Повітрям ріжуть майже всі метали: чорну сталь,

неіржавіючу сталь, мідь, латунь та інше. Різання повітрям забезпечує середні показники по якості та швидкості різання і підходить для використання у більшості установок для плазмового різання.

1.3.2 Кисневе плазмове різання

Кисень використовують у професійних системах плазмової різки для отримання найкращої якості і найбільшої швидкості різання. Використання кисню дає чіткі геометричні розміри та перпендикулярність різку, мінімальну кількість шлаку з нижньої сторони заготовки яка вирізається.

1.3.3 Плазмове різання з використанням захисних газів

Застосування газів для захисту плазмової дуги дозволяє наблизити якість різання заготовок товщиною до 70 міліметрів до якості лазерного різання.

Такі технології процеси застосовуються у передових професійних плазмово-різальних системах. В ролі ріжучого газу використовують: кисень (O_2), Азот (N_2), Аргон (Ar) і повітря. В певних пропорціях ці ж гази можуть використовуватися в якості захисних.

Для охарактеризування режимів плазмового різання найбільш часто використовують такі показники: товщина металу; діаметр плазмового струменя; швидкість плазмового різання (250 – 10000 мм/хв); тиск газу (5 – 12 атмосфер); сила струму плазмового різання (20 – 800 А);.

1.4 Технологічні особливості різання різних видів металів

Плазмове різання можна застосовувати для різання майже не всіх металів, але різання кожного виду металу і має свої технологічні особливості.

1.4.1 Різання сталі газовою плазмою

В конструкціях використовуються сталі різних марок з різними легуючими присадками, але визначальним значення для плазмового різання є вміст в сталі вуглецю. Саме цей параметр є головним під час вибору параметрів різання сталі плазмою.

Для плазмового різання, найкраще підходить низько вуглецева сталь. Саме на характеристики такої сталі орієнтуються виробники плазмо різальних верстатів створюючи конструкції верстатів та карти різання визначаючи потрібні значення струму та швидкості різання для різних товщин сталі.

Високо вуглецева сталь (в тому числі оцинкована сталь) піддається плазмовому різанню, але для отримання якісного різу потрібне точне налаштування устаткування та проведення попередніх експериментальних досліджень для виявлення потрібних режимів різання.

Леговані сталі також різуть плазмою і в тому числі – нержавіючу сталь. В силу того, що леговані сталі використовуються в металевих конструкціях набагато рідше ніж вуглецеві то табличних показників параметрів для їхнього різання виробники плазмо різальних верстатів не надають. В загальному, можна приймати, що показники параметрів різання легованих сталей відрізняються від параметрів різання низьковуглецевих сталей, в межах $\pm 20\%$.

Високолеговану сталь товщиною до 70 міліметрів рекомендують різати не повітрям, а сумішшю газів: азоту, аргону і в деяких випадках воднем, щоб не пошкодити структуру металу навколо різу.

1.4.2 Різання кольорових металів газовою плазмою

Для отримання якісного різу під час різання прокату з алюмінію, міді, титану в якості плазмо утворюючого газу використовують суміш газів: азоту,

аргону і водню. Це зв'язано з високою вартістю кольорових металів – не якісний розкрій яких може призвести до істотним фінансових втрат у вигляді бракованих заготовок. Якщо різати вказані метали з використанням повітря то отримаємо заготовки із середньою якістю крайок.

1.5 Види газового плазмового різання

1.5.1 Ручне плазмове різання металів

Ручне плазмове різання виконують портативними (мобільними) апаратами з газо плазмовим різанням. Як правило, такі апарати складаються із основного апарату; силового кабелю живлення; з'єднувального шланг-пакету; плазмотрона.

В склад основного апарату входить трансформатор і випрямна підстанцію.

Шланг-пакет з'єднує основний апарат і плазмовий пістолет. В шланг-пакет входить рукав для проходження повітря або газу і силовий кабель.

В переносних портативних установках плазмотрон це пістолет сопло в якому відбувається формування плазми.

Розрізняють два основні способи ручного плазмового різання:

непряме різання струменем плазми; пряме різання струменем плазми.

Непряме різання струменем плазми використовують для різання не металевих матеріалів. Під час непрямого різання електрична дуга, яка формує плазму, горить між електродом і соплом плазмотрона.

Тобто, матеріал який ріжуть, не приймає участі у формуванні плазми, а різання здійснюється плазмовим газовим струменем, який виходить із сопла різача.

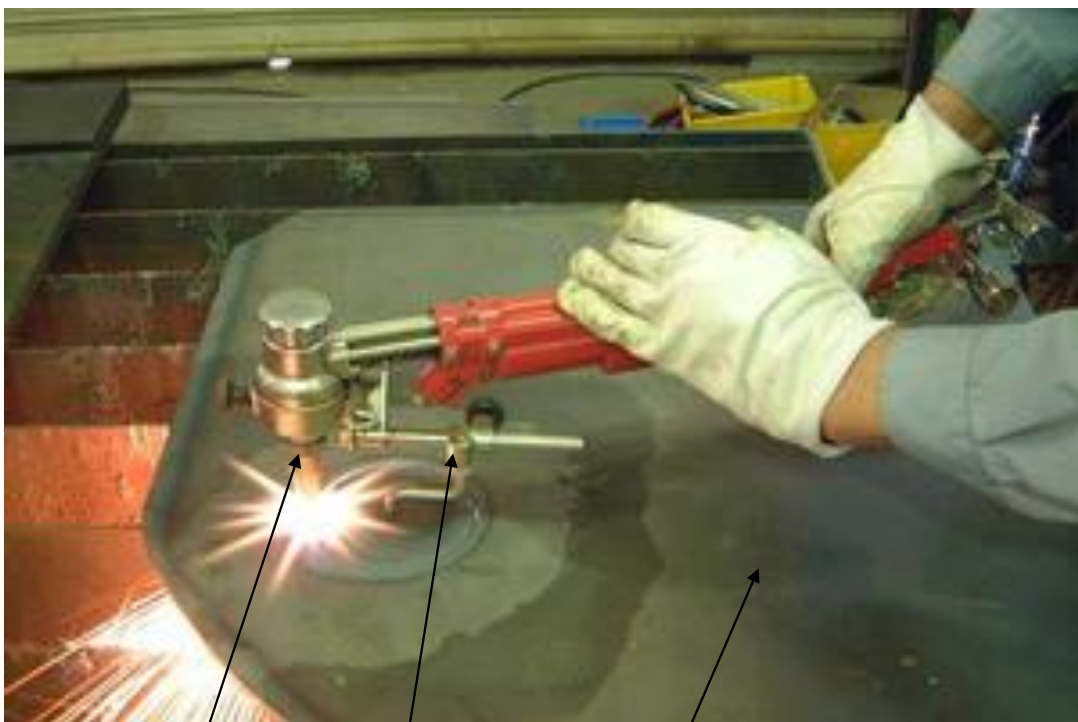
Пряме різання струменем плазми використовується для різання металів у ручних і в механізованих верстатах плазмового різання.

Під час прямого різання струменем плазми електрична дуга горить між електродом і металом, який ріжуть. Дуга поєднуючись зі швидкісним потоком повітря утворює плазму.

Ручне плазмо-дугове різання зарекомендувало себе з кращої сторони і зараз застосовується на багатьох підприємствах, які мають не великі цехи металообробки.

До основних переваг ручних плазмових апаратів відносять: мобільність та портативність тому, що ручні апарати малої і середньої потужності мають вагу від 10 до 25 кілограм; доступність використання так, як вони працюють від 220 V, а сила струму залежить від потужності апарату; їхня універсальність з можливістю різання всіх видів металів; доступна ціна.

Фрагмент ручного плазмового різання приведена на рисунку 1.2.



2

3

1

1 –

листовий прокат; 2 – газорізальне сопло; 3 – приспособлення для вирізання кругів.

Рисунок 1.2 – Фрагмент ручного плазмового різання:

1.5.2 Автоматичне плазмове різання металів

Паралельно з появою ручного плазмового різання цю технологію почали використовувати у верстатах з числовим програмним управлінням (ЧПУ).

Використання верстатів з числовим програмним управлінням в поєднанні із плазмовим різакон дозволяє виконувати розкрій листового металу з високою точністю, яка становить $\pm (0,25 - 0,35 \text{ мм})$ і швидкістю до 4-х метрів за хвилину.

Плазмоні різальні апарати середньої потужності ріжуть листовий метал до 30 мм. Більш потужні апарати можуть розрізати листи до 70 мм з високою якістю.

Один і той же апарат плазмового різання може використовуватися як для ручного різання, так і для автоматичного розкрою, за винятком плазмотронів, які поділяються на ручні і механізовані.

Для різання з ЧПУ використовуються більш потужні плазмові апарати, ніж для ручного різання. Найбільш поширені апарати, які в найбільшій мірі застосовуються працюють на струмі з силою від 65 до 125 А і напругою 380 В.

Схема автоматизованого плазмового різання верстатами з ЧПУ приведена на рисунку 1.3.



1 2

1 – прокат; 2 – плазмо різальне сопло

Рисунок 1.3 – Схема автоматизованого плазмового різання верстатами з

ЧПУ:

Взірець деталей вирізаних із листового прокату плазмо різальним верстатом приведений на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 - Візірець деталей вирізаних із листового прокату плазмо різальним верстатом.

2 РОЗРОБЛЯННЯ ПРОЦЕСУ ГАЗО-ПЛАЗМОВОГО ВИРІЗАННЯ ОТВОРІВ НА ПОВЕРХНІ КРУГЛИХ ТРУБ ВЕРСТАТОМ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ

2.1 Принцип роботи автоматизованого плазмо різального верстатату з числовим програмним управлінням для різання листового прокату.

Автоматичне плазмове різання на сьогодні це найефективніший вид різання металу. Під час використання цього різання в якості ріжучого інструменту застосовується струмінь плазми. Струмінь плазми дозволяє здійснювати різання листового прокату з високою точністю оброблення і фігурне різання, по заздалегідь підготовленим кресленням.

На сьогоднішній день використовуються плазмо різальні автомати які мають швидкість переміщення плазмо різального сопла біля 4000 міліметрів за хвилину і можуть обробляти листи прокату шириною 2000 міліметрів, довжиною 6000 міліметрів і товщиною 0,8 -70 міліметрів.

Фрагмент роботи автоматизованого плазмо різального верстатату з ЧПУ приведений на рисунку 2.1.

Як бачимо із рисунка 2.1 верстат складається із стола 1 на якому розміщають прокат 2. Стіл 1 оснащений поздовжніми направляючими 3 по яких переміщається візок 4 на якому закріплені поперечні направляючі 5. По направляючих 5 переміщається каретка 6 на якій закріплений корпус 7 із соплом 8. До візка 4 прикріплено пульт управління 9 і дисплей 10 комп'ютера, яким оснащений верстат.

Спрощена схема роботи верстату, проходить наступним чином. Лист прокату 2 краном або тельфером встановлюють на стіл 2 верстату. По команді оператора каретку 4, з допомогою електродвигунів крокового типу, переміщають в потрібне запрограмоване місце, положення нульової лінії. Після цього по команді оператора, по поперечних направляючих 5, в потрібну нульову точку переміщають каретку 6. Після цього оператор запускає в

роботу комп'ютер, який по заданій програмі запалює плазму в соплі і переміщує візок 4 по направляючих 3 та каретку 6 по направляючих 5. В результаті цього корпус 7 із соплом 8 буде переміщатися над листом прокату 2, а плазма буде вирізати із нього заготовки.

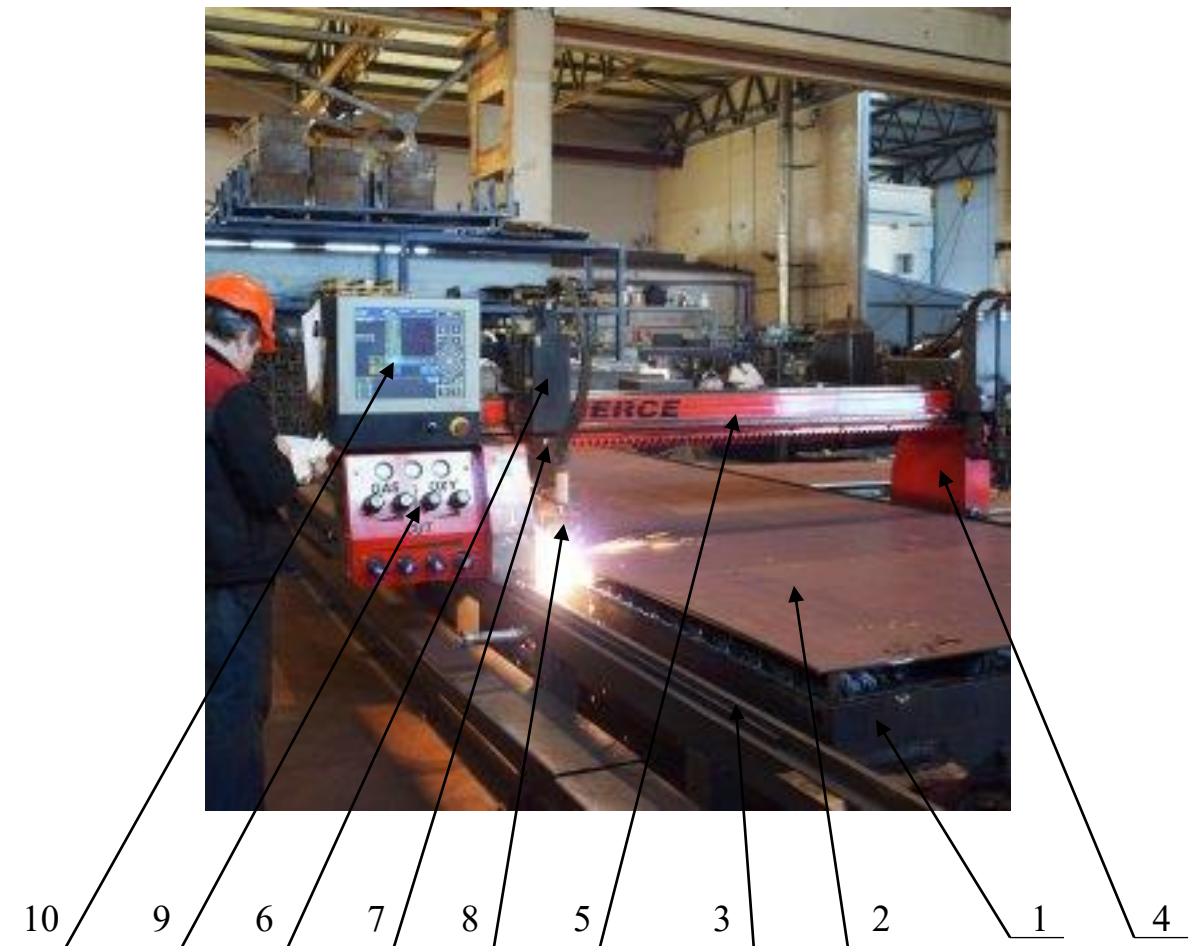


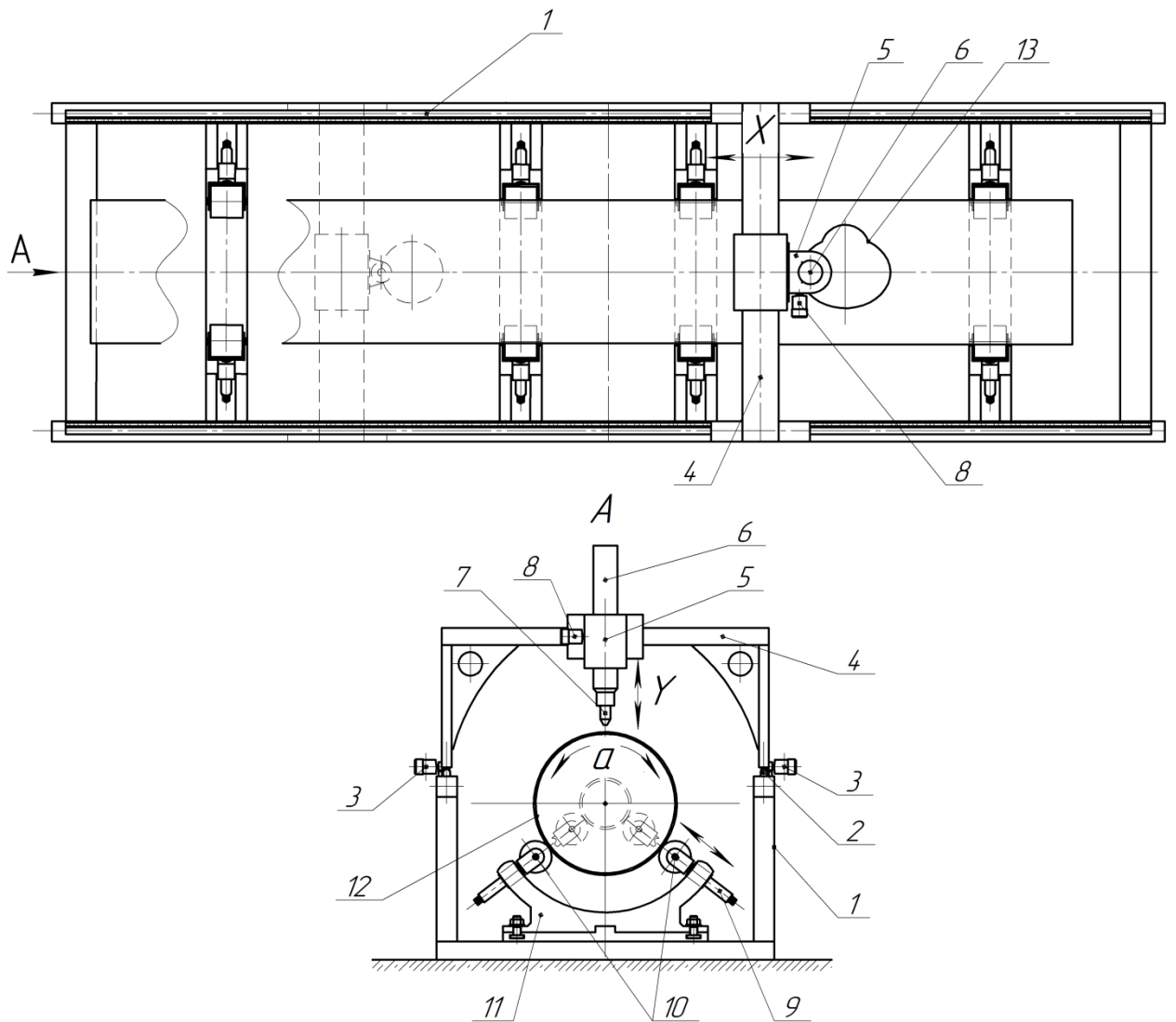
Рисунок 2.1 – Фрагмент роботи автоматизованого плазми різального верстатату з числовим програмним управлінням для різання листового прокату.

2.2 Розробляння конструктивної схеми плазми-різального верстатату для вирізання отворів на поверхні круглих труб

На сьогодні немає плазми-різальних верстатів для різання труб круглого сечення і особливо для вирізання фігурних отворів їхній поверхні.

В цій роботі я розробив конструктивну схему плазморізального верстату для вирізання складних фігурних отворів на поверхні круглих труб.

Схема верстата приведена на рисунку 2.2.



1 – рама верстата; 2 – поздовжні направляючі; 3 – крокові двигуни; 4 – візок; 5 – кріплення; 6 – направляюча; 7 – сопло; 8 – кроковий двигун; 9 – вальці; 10 – корпус; 11 – труба 12 – фігурний отвір .

Рисунок 2.2 – Конструктивна схема плазмо-різального верстату для вирізання отворів на поверхні круглих труб:

Плазмо-різальний верстат, схема якого приведена на рисунку 2.2, працює наступним чином. Трубу 11, яку обробляють, краном або тельфером

встановлюють на вальці 9, кожен із яких має привід від крокового двигуна. В результаті повертання вальців 9 буде повертатися труба 11.

Візок 4, на якому рухомо закріплено плазмо-різальне сопло 7, переміщається в горизонтальній площині по осі X з допомогою крокових двигунів 3.

Плазмо-різальне сопло 7 закріплено на направляючій 6, яка завдяки кроковому двигуну 8 переміщається у вертикальній площині і виставляється на певній відстані від поверхні труби під час різання. Після того як сопло 7 виставлено в робоче положення запалюють плазмову дугу, яка ріже метал. Переміщаючи візок 4 із соплом 7 по осі X і одночасно повертаючи трубу вальцями 9 сопло 7 буде вирізає фігурні отвори 12 на поверхні труби 11.

2.3 Розроблення структурної схеми роботи верстата з ЧПУ для плазмового різання

Структурна схема роботи складається із елементарних ланок верстата і верстата вказує на наявність взаємозв'язків між ними.

До елементарної ланки відносять частину об'єкта системи управління, яка виконує певну елементарну заплановану функцію.

Така схема показує загальну структуру управління верстатом, його основних блоків та вузлів і зв'язок між ними.

На структурній схемі показують, які пристрої використовуються в управлінні роботою верстату, яку функцію виконує той чи інший пристрій під час роботи верстату, як взаємодіють пристрої між собою.

Структурна схема роботи верстата плазмового різання приведена на рисунку 2.3.

Як бачимо із рисунка, сигнал із завданням від комп'ютера подається до блоку логіки (контролера), тут він обробляється і стає зрозумілим для блоку драйверів куди він передається у вигляді логічних сигналів STEP/DIR. У

драйверах сигнали генеруються і передаються до крокових двигунів, в нашому випадку це №1...№11, які переміщують сопло по осі X і повертають трубу по заданій програмі.

Сигнали управління положенням плазмо-різального сопла над поверхнею труби передаються на блок стабілізації дуги. Сигнал, який засвідчує

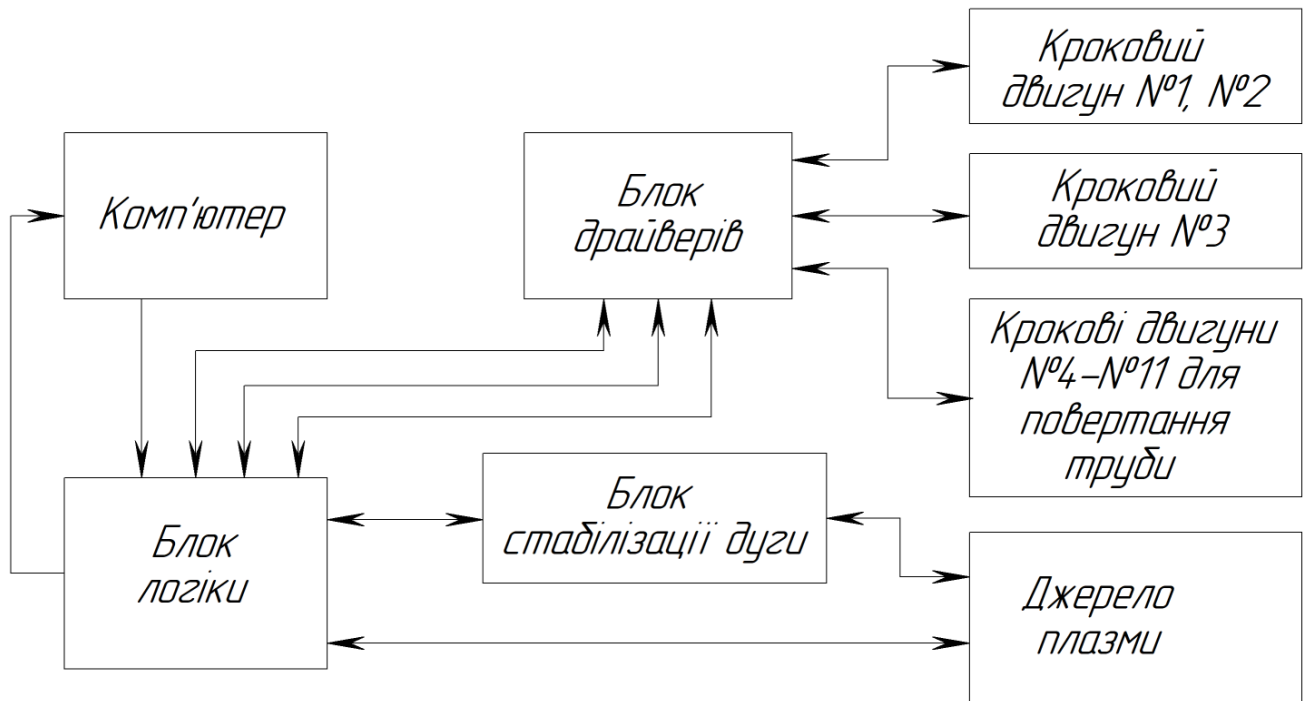


Рисунок 2.3 – Структурна схема роботи верстата плазмового різання листового прокату.

наявність дуги, передається на комп'ютер, який передає команду двигунам на рух сопла по осі x і поворот труби.

Під час плазмового різання напруга в плазмовій дузі, постійно, контролюється і порівнюється з напругою встановленою оператором і у випадку не відповідності коригується блоком логіки. Після закінчення вирізання контуру програма різання відмикає блок плазми.

2.4 Розроблення схеми циклограми роботи плазмо-різального верстату під час вирізання отворів складної форми на поверхні труби

Діаграма на якій графічно показують протікання циклічного процесу називають циклограмою.

Циклограми наглядно показують роботу верстату в цілому і зокрема, показують послідовність та тривалість вмикання і вимикання електродвигунів та апаратури управління в циклах роботи окремих механізмів.

Циклограми побудовані графічним способом дозволяють визначати стан не тільки гідравлічної, пневматичної, електричної та командної апаратури, а і стан та роботу інших механізмів та апаратури, які входять у верстат.

Схема циклограми роботи верстату під час вирізання на поверхні труби деталі у форму квадрату приведена на рисунку 2.4.

Принцип роботи циклограми:

1 - оператор або програма виводить сопло плазмового різача по осі X в початкове положення (0);

2 - крокові двигуни №4...№11 повертають трубу на заданий кут $\alpha = 0$;

3 - з комп'ютера подається сигнал на пошук поверхні металу. Після цього сопло плазмового різача рухається вниз по осі Z до тих пір поки не торкнеться поверхні труби;

4 - після визначення поверхні, сопло піднімається на задану висоту над поверхнею металу, приблизно на 3,0 мм, і після цього вмикається плазмова дуга.

5 - сигнал для управління висотою положення плазморізального сопла над поверхнею труби передається на блок стабілізації дуги, а сигнал про наявність дуги передається на комп'ютер і після цього починається рух плазмового різача по осі X і поворот труби по заданих параметрах;

6 - у процесі різання напруга плазмової дуги постійно порівнюється із напругою, яка виставлена оператором і в разі не відповідності коригується блоком логіки.

7 - після закінчення вирізання контуру деталі програма вимикає блок плазми, і подає команду на піднімання різачка у верхнє положення.

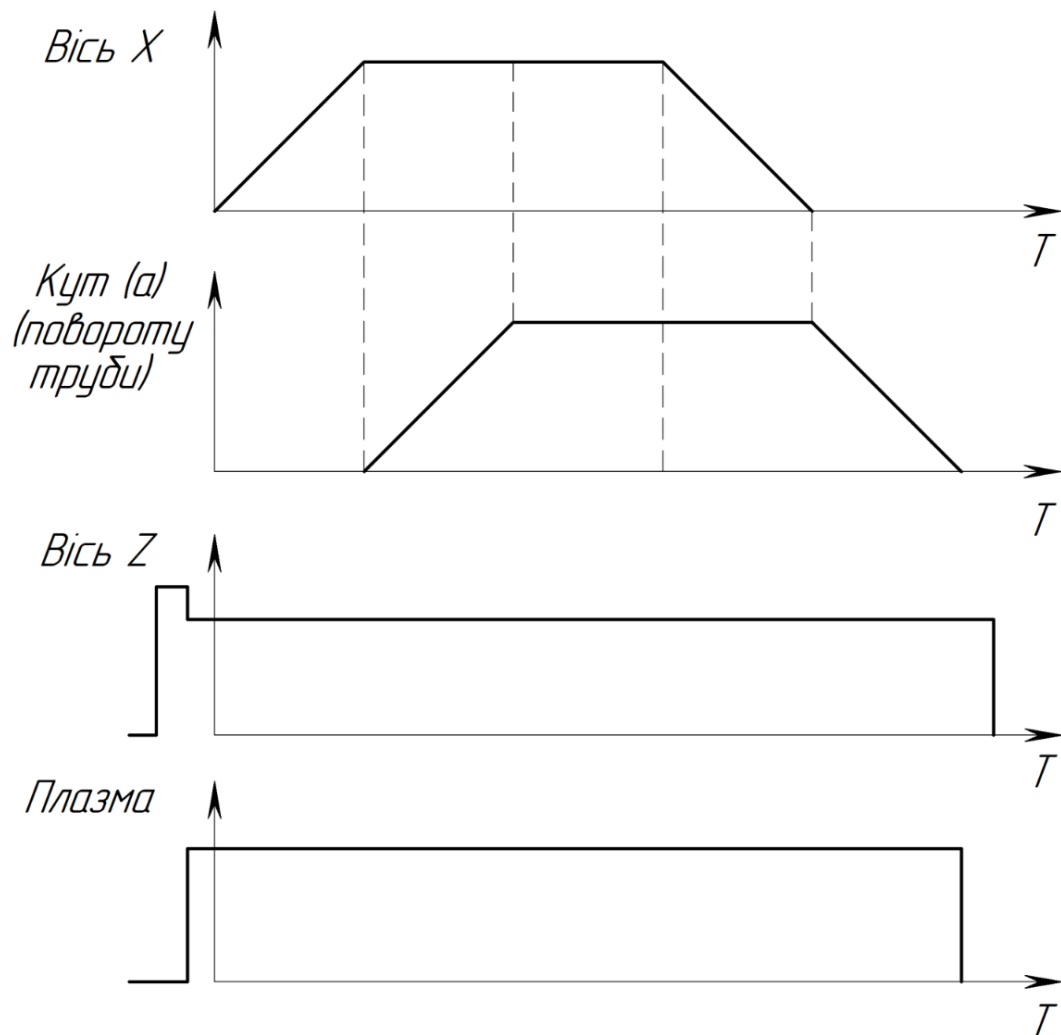


Рисунок 2.4 – Схема циклограми роботи верстату під час вирізання на поверхні труби отвору у формі квадрату.

2.5 Складання алгоритму системи управління плазмо-різальним верстатом

Алгоритм системи управління це – Комплекс команд і вказівок які описують порядок дій виконавчого органу в процесі роботи називається алгоритм системи управління роботою верстату.

В алгоритм для комп'ютерних програм входить перелік деталізованих вказівок та інструкцій, які спонукають виконувати процеси вичислення через послідовність логічних станів системи та окремих її елементів від початкового стану до завершення кінцевим станом.

Для наочності алгоритмів роботи верстатів часто розробляють блок-схеми.

Приклад блок-схеми алгоритму роботи верстату для вирізання отворів на поверхні труби приведений на рисунку 2.5.

Першим кроком даного алгоритму є переміщення сопла по осі X в початкову точку та поворот труби на кут $\alpha = 0$. Після цього сопло по осі Z починає рух вниз, до упору в поверхню труби. Доторкнувшись до металу сопло переміщається по осі Z вгору на висоту задану в програмі. Переважно це висота рівна товщині металу труби. Коли сопло вийшло на відповідну висоту утворюються плазмовий потік і вмикається віртуальний таймер на пропалювання металу, час якого становить 1 секунду.

По закінченню віртуального таймера завдяки кроковим двигунам сопло починає рухатися по осі X, а труба повертатися на відповідні кути α . Враховуючи те, що заданий отвір має форму квадрату то операції будуть практично однаковими. Відмінність тільки у прямому та зворотному напрямку переміщення сопла.

2.6 Вибір складових частин електричної схеми управління плазморізальним верстатом

Для управління плазморізальним верстатом застосовують: плату для управління верстатом з ЧПУ яка може управляти п'ятьма драйверами;

драйвери для управління кроковими двигунами; крокові двигуни; блок живлення для електричної системи управління верстатом; генератор плазми.

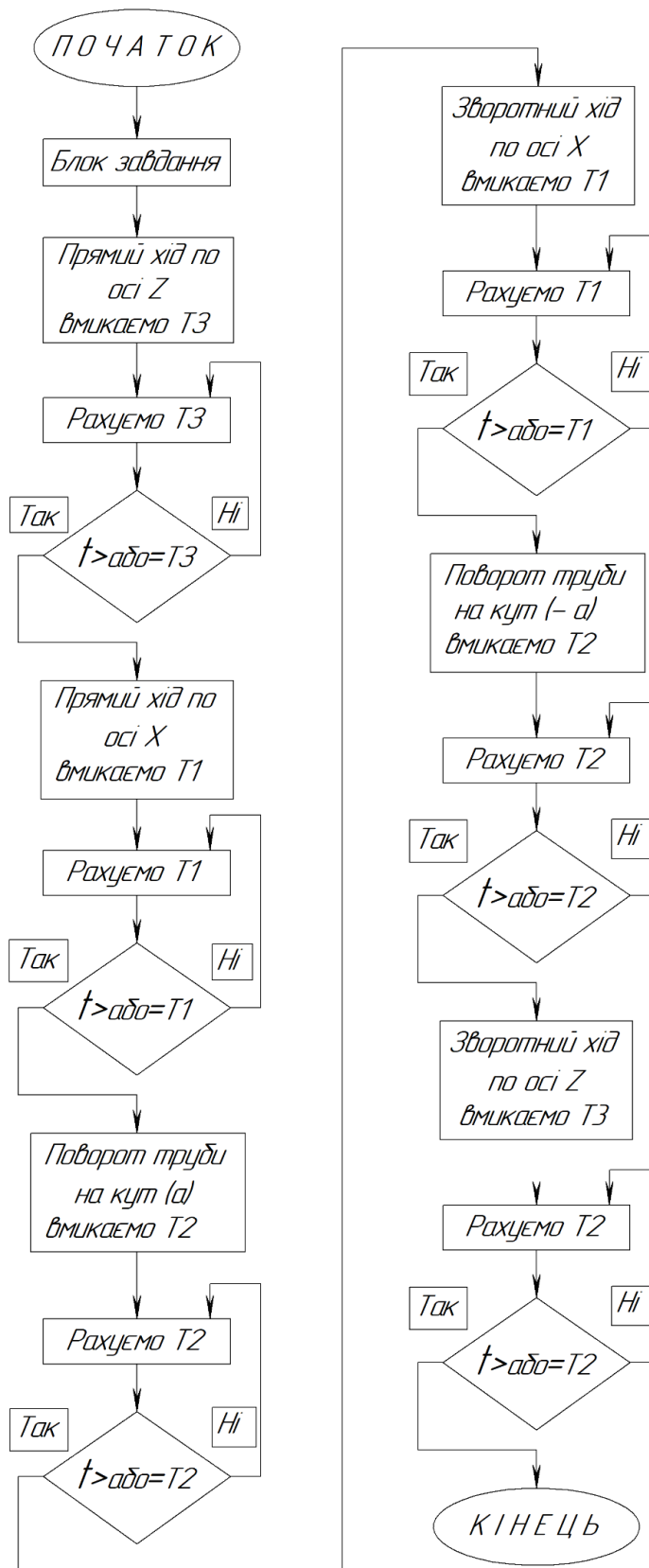


Рисунок 2.5 – Блок-схема алгоритму роботи плазмо-різального верстату під час вирізання отворів на поверхні труби.

2.6.1 Плата управління драйверами, які керують плазмо-різальним верстатом з ЧПУ

Плата об'єднує промислові драйвери, які управляють плазмо-різальним верстатом з ЧПУ. Ця плата має портал для під'єднання будь-яких п'ятьох драйверів.

Роботу цієї плати можуть забезпечувати програми: “MACH 3”, “EMC 2”, “КСАМ 4”.

Плата управління драйверами з повною оптичною розв'язкою порту “LPT” включає; портал для підключення ручного пульта; портал для управління програмою “Ncstudio”; портал для підключення кінцевих датчиків.

Для управління плазмо-різальним верстатом, в нашому випадку, використовуються тільки три порти, які управляють трьома драйверами. Драйвери управляють переміщенням сопла в горизонтальній площині по осі X та у вертикальній площині по осі Z і поворотами труби.

Застосування портала для ^а підключення пульта ручного керування забезпечує зручність управління кроковими двигунами.

Наявність портала для підключення датчиків кінцевих положень забезпечує безпеку роботи верстата.

2.6.2 Драйвери управління кроковими двигунами

Управління кроковими двигунами є набагато складніше в порівнянні із звичайними колекторними електродвигунами. Управління цими двигунами заключається в тому, що в певний час з певною послідовністю потрібно перемикаєти напругу струму в обмотках статора двигуна з одночасним

контролюванням сили струму в обмотках ротора. Тому для управління кроковими двигунами розроблені спеціальні драйвери типу КД.

Драйвер типу КД дозволяє керувати повертанням ротора двигуна у відповідності до сигналів, які надходять з блоків управління і ділити, електричним способом, фізичний крок повертання ротора двигуна на дискретні більш дрібні кроки.

В області управління крокових двигунів стандартними є сигнали “STEP”; “DIR”; “ENABLE”. Сигнал “STEP” – це сигнал вибору кроку повертання ротора, “DIR” - це сигнал вибору напрямку повертання ротора, “ENABLE” – це сигнал включення драйвера.

Крім вказаних сигналів крокові двигуни мають багато додаткових функцій таких наприклад як контроль перевантажень по струму і та інше.

Для запроектованого верстату для керування кроковими двигунами приймаємо драйвер MD – 430. Це компактний, біполярний драйвер з робочим струмом 3А. Драйвери MD – 430 прості в підключенні, мають стабільні робочі характеристики.

Драйвер працює на базі мікросхеми “Toshiba TB6560AHQ” і може управляти 4, 6, 8 дротовими кроковими двигунами.

2.6.3 Бі – полярні крокові двигуни

Електродвигун крокового типу це двигун, в якому імпульсне живлення електричним струмом яке керується відповідним драйвером, змушує його ротор повертатися на заданий кут.

Кут повороту ротора крокового двигуна залежить від кількості поданих на нього імпульсів струму, а кутова швидкість повертання ротора відповідає частоті імпульсів помноженій на кут повороту ротора за один цикл роботи двигуна.

Величина кута повороту ротора крокового двигуна від одного імпульсу може мати різні значення, в залежності від конструкції двигуна. Як правило,

кут повороту ротора може становити від декількох градусів до декількох десятків градусів. Крокові двигуни, В залежності від призначення, в крокових двигунах ротор може повертатися від частки оберту за хвилину, до декількох тисяч обертів за хвилину.

2.6.4 Блок живлення для електричної системи управління верстатом

Для живлення електричної системи управління верстатом застосовуємо блок живлення 36V 11A 400W. Прийнятий блок живлення це економний блок живлення в захисному кожусі застосовується з метою енергозабезпечення електроприладів з постійною напругою 36 В. У корпусі блоку вмонтований вентилятор для його охолодження.

Блок живлення постійного струму 36V 11A 400W захищає електричні схеми від перевантаження, перенапруження та короткого замикання. Блок працює в широкому діапазоні температур від 0 ° до + 50 ° С.

3.6.5 Джерело плазми – плазмотрон

На сьогодні у плазмо-різальних верстатах застосовують апарат для плазмової різки металу Powermax 105, який успішно замінив Powermax 1650. У порівнянні з Powermax 1650 цей плазмотрон має висоту прорізання металу до 70 міліметрів та суттєво збільшену швидкість різки. У плазмотроні використані блоки стійкості яких в новій серії ризиків Duramax на 20 – 30% вища ніж у попередньої.

Сучасна модель Powermax 105 є більш компактною та легкою і забезпечує високу ефективність і більш швидкісні режими роботи.

2.7 Заходи з покращення охорони праці та техніки безпеки в металообробному цеху

2.7.1 Розрахунок заземлення для запроектованого плазмо-різального верстата

Для плазмо-різального верстату приймаємо в якості заземлення заземлюючий контур.

Для розрахунку заземлення плазморізального верстату приймаємо, що: за класом вибухонебезпечності цех відноситься до вибухонебезпечних; за ступенем враження струмом відноситься до цехів з підвищеною небезпекою; напруга в силовій мережі становить 380 В.

Приймаємо, що заземлювальний контур складається із забитих в землю вертикальних електродів, які виготовлені із круглої сталі діаметром $d_E = 30$ мм загальною довжиною $l_E = 2,0$ м. Відстань між електродами рівна довжині електрода $l_1 = l_2 = l_1 = l_E$. Горизонтальна з'єднувальна смуга виконана із сталюї полоси шириною $a = 50$ мм і товщиною $b = 20$ мм. З'єднувальна горизонтальна смуга закладена на глибині $h = 0,6$ м.

Враховувавши, що підприємство знаходиться у Львові, а територія розміщення Львова відноситься до третьої кліматичної зони і той факт, що металообробний цех побудований на суглинку однорідного складу нормальної вологості то для наступних розрахунків приймаємо, що питомий опір ґрунту становить $\rho_{гр} = 140,0$ Ом·м, а коефіцієнт сезонності для вертикальних електродів заземлюючого контуру становить $K_C^B = 1,3$, коефіцієнт сезонності для з'єднувальної горизонтальної смуги $K_C^Г = 2,0$.

Приймаємо також, що допустимий нормативний опір розтіканню струму в заземленні згідно правил улаштування електроустановок (ПЕУ – 76) повинен бути не більше $R_D \leq 4,0$ Ом·м.

Розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних електродів заземлюючого контуру визначимо за формулою

$$\rho_{роз}^B = \rho_{гр} \cdot K_C^B$$

$$\rho_{\text{роз}}^B = 140,0 \cdot 1,3 = 182,0 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Розрахунковий питомий опір ґрунту для з'єднувальної горизонтальної смуги заземлюючого контуру визначимо за формулою

$$\rho_{\text{роз}}^\Gamma = \rho_{\text{ґр}} \cdot K_C^\Gamma$$

$$\rho_{\text{роз}}^\Gamma = 140,0 \cdot 2,0 = 280,0 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Опір розтіканню струму в ґрунті від вертикального електрода визначимо за формулою

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{\rho_{\text{роз}}^B}{l_E} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l_E}{d_E} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot t + l_E}{4 \cdot t - l_E} \right)$$

де t – відстань від поверхні землі до середини вертикального електрода м.

$$t = h + \frac{l_E}{2}$$

$$t = 0,6 + \frac{2}{2} = 1,6 \text{ м}$$

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{182,0}{2} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,03} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 1,6 + 2}{4 \cdot 1,6 - 2} \right) = 42,4 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Потрібну кількість вертикальних електродів для заземлюючого контуру визначимо за формулою

$$N_E = \frac{R_E}{R_B \cdot \eta}$$

де η – коефіцієнт використання вертикальних електродів. Для електродів розташованих в один ряд $\eta = 0,48$.

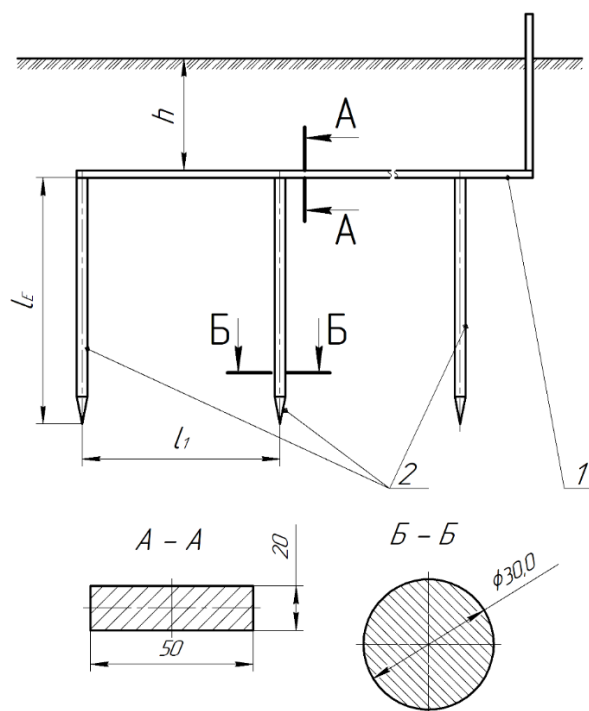
Визначимо потрібну кількість електродів без врахування коефіцієнта їх використання.

$$N_E = \frac{42,4}{4 \cdot 1} = 10,58 \text{ шт}$$

Потрібна кількість вертикальних електродів з врахуванням коефіцієнта η буде рівна.

$$N_E^1 = \frac{42,4}{4 \cdot 0,48} = 22,12 \text{ шт}$$

Розрахункова схема заземлення приведена на рисунку 2.6.



а - з'єднувальна горизонтальна смуга; електроди.

Рисунок 2.6 – Розрахункова схема заземлюючого контуру:

Загальний розрахунковий опір розтіканню струму від вертикальних електродів без врахування впливу з'єднувальної смуги визначимо за формулою

$$R_E^{\text{роз}} = \frac{R_B}{N_E \cdot \eta}$$

$$R_E^{\text{роз}} = \frac{42,4}{10,57 \cdot 0,48} = 3,45 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Відстань між вертикальними електродами із врахуванням, що $l_1 = l_2 = l_I = l_E$ становить $l_I = 2 \text{ м}$.

Довжину з'єднувальної смуги визначимо за формулою

$$l_C = 1,05 \cdot l_I \cdot (N_E^1 - 1)$$

$$l_C = 1,05 \cdot 2 \cdot (22,12 - 1) = 44,14 \text{ м}$$

Опір розтіканню струму в горизонтальній з'єднуючій смугі визначимо за формулою

$$R_C = 0,366 \cdot \frac{\rho_{\text{роз}}^{\Gamma}}{l_C} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_C}{a \cdot b}$$

$$R_C = 0,366 \cdot \frac{280}{44,14} \cdot \lg \frac{2 \cdot 44,16}{2 \cdot 5} = 4,23 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги під час розміщення вертикальних електродів в один ряд, враховуючи рівність $l_1 = l_2 = l_1 = l_E$ і потрібній кількості електродів $N_E^1 = 22,12$ шт становить $\eta_\Gamma = 0,31$.

Розрахунковий опір розтіканню струму в горизонтальній з'єднувальній смугі визначимо за формулою

$$R_C^{\text{роз}} = \frac{R_C}{N_C \cdot \eta_C}$$

де N_C – кількість з'єднувальних смуг. В нашому випадку використовується одна смуга.

$$R_C^{\text{роз}} = \frac{4,24}{1 \cdot 0,31} = 13,67 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Сумарний, розрахунковий опір розтіканню струму в заземлюючому контурі із врахуванням з'єднувальної смуги, визначимо за формулою

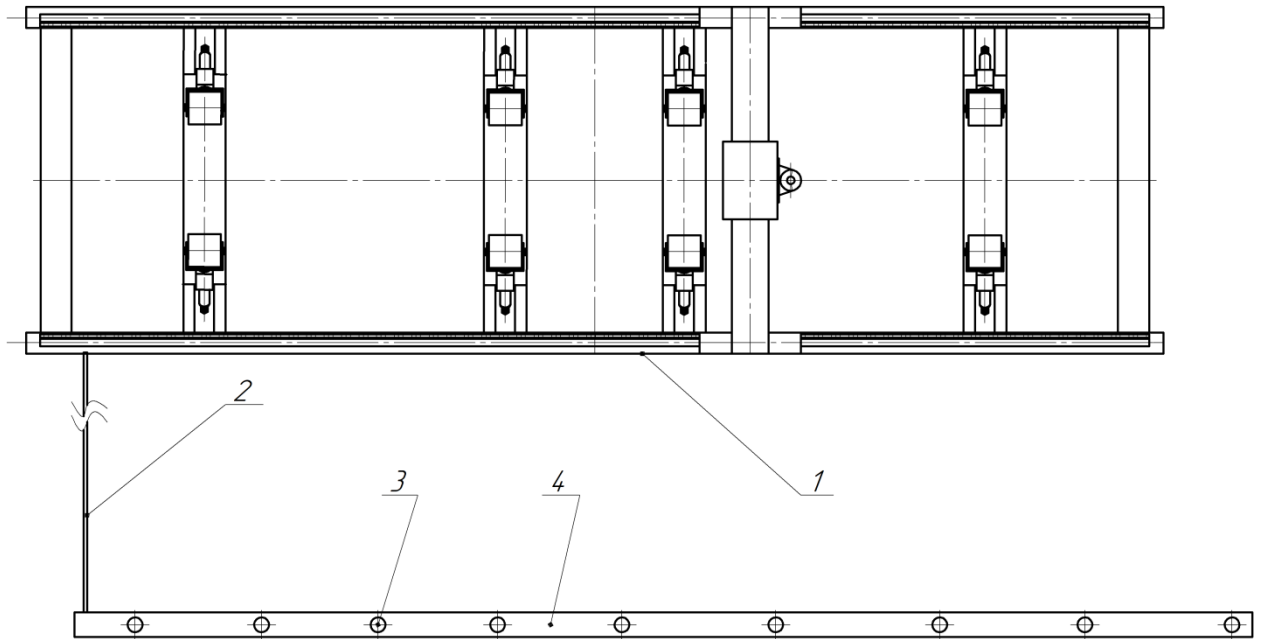
$$R_3^{\text{роз}} = \frac{R_E^{\text{роз}} \cdot R_C^{\text{роз}}}{R_E^{\text{роз}} + R_C^{\text{роз}}}$$

$$R_3^{\text{роз}} = \frac{3,45 \cdot 4,23}{3,45 + 4,23} = 2,74 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$2,74 < 4,0 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Елементи та розміри заземлення підібрано правильно.

Схема верстату із заземленням приведено на рисунку 2.7.



1 – плазморізальний верстат; 2 – вертикальний електрод; 3 – горизонтальна з'єднувальна смуга.

Рисунок 2.7 – Схема заземлення верстату:

2.7.2 Розрахунок потрібної потужності для освітлення металообробного цеху

Для безперебійної роботи цеху проектуємо штучне робоче та аварійне освітлення.

2.7.2.1 Розрахунок штучного робочого освітлення металообробного цеху

Для розрахунку потрібного робочого освітлення в металообробному цеху застосуємо розрахунок за методом світлового потоку.

Потрібний загальний світловий потік для робочого освітлення цеху від електроламп які вмонтовані у світильниках визначимо за формулою

$$\Phi_p = \frac{E_{min} \cdot K_3 \cdot F \cdot z}{\eta}$$

де K_3 – коефіцієнт запасу по освітленні ; E_{min} – мінімально допустиме освітлення, лк; F - площа цеху, яку потрібно освітлити, м²; Z – коефіцієнт, який враховує нерівномірність освітлення; η – коефіцієнт, який вказує на використання світлового потоку.

Величина коефіцієнту використання світлового потоку η залежить від виду світильників, які проєктуються та коефіцієнта $\rho_{ст}$, який залежить від виду покриття стін та його здатності відбивати світло, коефіцієнта ρ_c , який залежить від виду покриття стелі та його властивості відбивати світло, коефіцієнта ρ_p , який враховує здатність робочої поверхні відбивати світло і від показника індексу приміщення i , який залежить від співвідношення його геометричних розмірів.

Для розрахунків приймаємо: $\rho_{ст} = 0,3$; $\rho_c = 0,1$; $\rho_p = 0,1$; $K_3 = 1,8$; $E_{min} = 200,0$ люкс; $z = 1,15$; $\eta = 0,74$.

Потрібну площу цеху, яку потрібно освітити, визначимо за формулою

$$F = A \cdot B$$

де A – довжина цеху, м; B – ширина цеху, м.

У нашому випадку довжина цеху становить 42, 0 м, а ширина 24,0 м.

$$F = 42.0 \cdot 28.0 = 1008,0, \text{ м}^2$$

Показник індексу приміщення визначимо за формулою

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}$$

де h – відстань від світильника до розрахункової робочої поверхні, м.

Відстань від світильника до робочої поверхні визначимо за формулою

$$h = H - h_c - h_p$$

де H – висота цеху від підлоги до перекриття, м; h_p – висота робочої поверхні над підлогою; h_c – відстань між світильником і перекриттям.

В нашому випадку висота цеху становить $H = 8,0$, м.

Приймаємо, що висота робочої поверхні над підлогою становить $h_p = 0,9$ м.

Відстань між світильником і перекриттям становить $h_c = 0,3$ м.

$$h = 8,0 - 0,9 - 0,3 = 6,8 \text{ м.}$$

Коефіцієнт індексу приміщення становить

$$i = \frac{42.0 \cdot 28.0}{6.8 \cdot (42.0 + 28.0)} = 2.47$$

Для освітлення цеху, в якості освітлювальних ламп, вибираємо лампи типу LED T1 – У – Е – 128 – 610, з потоком освітлення $\Phi_{л} = 16000$ люменів.

Потрібний, розрахунковий світловий потік для робочого освітлення цеху становить:

$$\Phi_p = \frac{200,0 \cdot 1,8 \cdot 1008,0 \cdot 1,15}{0,74} = 563935,14 \text{ лм}$$

Розрахункову кількість світильників потрібну для освітлення цеху визначимо за формулою

$$N_{\text{св}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{л}}}$$

$$N_{\text{св}} = \frac{563935,14}{16000,0} = 35,24 \approx 36 \text{ шт}$$

2.7.2.2 Розрахунок потрібної активної потужності для забезпечення робочого освітлення цеху

Лампи LED T1 – У – Е – 128 – 610 мають потужність 125 Вт і живляться струмом 4 А з $\text{tg}\varphi = 0,2$.

Потрібну активну потужність робочого освітлення в цеху визначимо за формулою

$$P_{\text{осв}} = N_{\text{св}} \cdot P_{\text{л}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{пра}}$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність однієї лампи В т; $K_{\text{п}}$ – електричний коефіцієнт попиту; $K_{\text{пра}}$ – коефіцієнт який враховує втрати потужності в пусковій апаратурі.

$$P_{\text{осв}} = 36 \cdot 0,125 \cdot 0,85 \cdot 1,25 = 4,78 \text{ кВт.}$$

Реактивну потужність освітлювального навантаження визначимо за формулою

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \cdot \text{tg}\varphi$$

$$Q_{\text{осв}} = 4,78 \cdot 0,2 = 0,956, \text{ кВт.}$$

Потрібну сумарну потужність робочого освітлення в цеху визначимо за формулою

$$P_{\text{ро}} = \sqrt{P_{\text{осв}}^2 + Q_{\text{осв}}^2}$$

$$P_{\text{ро}} = \sqrt{4,78^2 + 0,956^2} = 4,87 \text{ кВт}$$

2.7.2.3 Розрахунок потрібної потужності для забезпечення аварійного освітлення цеху

Для розрахунків приймаємо, що під час аварійного освітлення величина світлового потоку становить в межах 5 % від норми робочого освітлення але не менше п'яти і не більше тридцяти люкс.

Для аварійного освітлення застосовуємо лампи розжарення В 125 – 135 – 15.

Величину світлового потоку потрібну для аварійного освітлення цеху визначимо за формулою

$$\Phi_{\text{ав}} = 0,05\Phi_{\text{р}}$$

$$\Phi_{\text{ав}} = 0,05 \cdot 563935,14 = 28196,76$$

Визначимо потрібну кількість ламп за формулою

$$N_{\text{л}}^{\text{I}} = \frac{\Phi_{\text{ав}}}{\Phi_{\text{л}}^{\text{I}}}$$

де $\Phi_{\text{л}}^{\text{I}}$ – величина світлового потоку від однієї лампи лк.

Згідно з технічною характеристикою лампи В 125 – 135 – 15 величина її світлового потоку становить 13500,0 лк.

$$N_{л}^I = \frac{28196,76}{13500,0} = 2,08 \approx 2$$

Потрібну активну потужність аварійного освітлення в цеху визначимо за формулою

$$P_{осв}^I = N_{л}^I \cdot P_{л}^I \cdot K_{п} \cdot K_{пра}$$

$$P_{осв}^I = 2 \cdot 0,125 \cdot 0,85 \cdot 1,25 = 0,265 \text{ кВт.}$$

Потрібну реактивну потужність аварійного освітлення в цеху визначимо за формулою

$$Q_{осв}^I = P_{осв}^I \cdot \text{tg}\varphi$$

$$Q_{осв}^I = 0,265 \cdot 0,2 = 0,053 \text{ кВт.}$$

Сумарну потужність аварійного освітлення визначимо за формулою

$$P_{ро}^I = \sqrt{(P_{осв}^I)^2 + (Q_{осв}^I)^2}$$

$$P_{ро}^I = \sqrt{0,265^2 + 0,053^2} = 0,271 \text{ кВт}$$

2.7.2.4 Визначення сумарної потрібної потужності для освітлення цеху

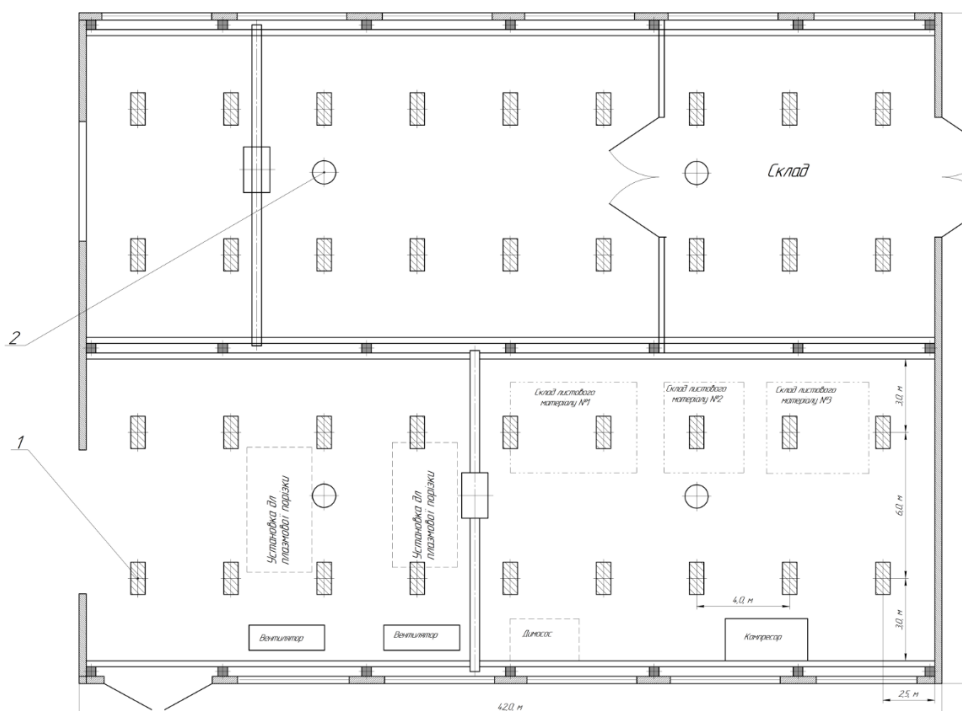
Потрібну сумарну потужність для освітлення цеху визначимо за формулою

$$\sum P_{po} = \sqrt{(P_{po})^2 + (P_{po}^I)^2}$$

$$\sum P_{po} = \sqrt{4,87^2 + 0,271^2} = 4,877 \text{ кВт.}$$

Розрахунки показують, що для освітлення цеху в темний період часу потрібна потужність 5 кВт.

Схема розміщення світильників робочого та аварійного освітлення в металообробному цеху приведена на рисунку 2.8.



1 – світильники робочого освітлення; 2 – світильники аварійного освітлення.

Рисунок 2.8 – Схема розміщення світильників для робочого та аварійного освітлення в металообробному цеху:

2.7.3 Міроприємства з покращення пожежної безпеки в металообробному цеху

Виникнення пожеж в металообробних цехах може бути через недотримання протипожежного режиму це: куріння в недозволених місцях, несправність контактних груп, що приводить до їхнього іскріння, неправильне зберігання або користування легкозаймистими речовинами і газами, перевантаження або несправність електроприводів, пошкодження ізоляційного захисту електроживлення та інші неполадки електросистеми. Для запобігання вказаних недоліків потрібно в цеху систематично проводити профілактичні заходи які передбачають виявлення та усунення причин виникнення пожеж, а також на ліквідацію пожеж у випадку їх виникнення.

Для запобігання пожеж в цеху потрібно виконувати наступні вимоги:

- не проводити вогнебезпечних робіт в цеху без спеціальних підготовчих робіт;
- забезпечити цех засобами пожежогасіння та слідкувати за їх вчасним поновленням;
- в місцях де зосереджені блоки газових балонів не дозволено проводити роботи з появою іскріння, вогню та мастил.

Джерелом виникнення пожеж в цеху може бути неправильна експлуатація і влаштування електроустановок. Пожежна безпека в цеху забезпечується перш за все правильним підбором кабелів електроживлення, електродвигунів, систем освітлення, вимикачів, пускачів, протипожежних датчиків. В цеху, необхідно регулярно перевіряти стан електрообладнання і електромереж. На випадок виникнення пожежі в цеху повинні бути інструкції по боротьбі з пожежами, а цех оснащений пожежною сигналізацією. В цеху, на видному місці, повинен бути прямий телефонний або радіозв'язок з пожежною частиною м. Львова. Цех повинен бути оснащений протипожежним інвентарем: вогнегасниками, відрами, лопатами, ящиками з піском, сокирами, баграми та іншим інвентарем.

3 РОЗРОБЛЯННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПЛАЗМОРІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА ДЛЯ ВИРІЗАННЯ ФІГУРНИХ ОТВОРІВ НА ПОВЕРХНІ КРУГЛИХ ТРУБ

3.1 Робота існуючої схеми плазмо-різального верстату для різання прокату

Різання металевого прокату плазмо-різальними верстатами із використанням газової плазми, на сьогодні є найбільш продуктивним, економічним і ефективним методом різання сталевого прокату, прокату кольорових металів, композитних матеріалів і деяких пластмас. Плазмо-різальні верстати ріжуть листові матеріали товщиною до 70 мм з високою швидкістю, якістю та точністю до 0,1 мм і в результаті економлять матеріал в процесі його різання. До основних технологічних параметрів плазмо-різальних верстатів належать такі показники як: діаметр сопла плазмотрона, сила струму та напруга в плазмовій дузі, витрата плазмо-утворюючого газу, швидкість переміщення сопла по площині різання, середню ширину різі.

Схема механічної частини плазмо-різального верстату для різання прокату приведена на рисунку 3.1.

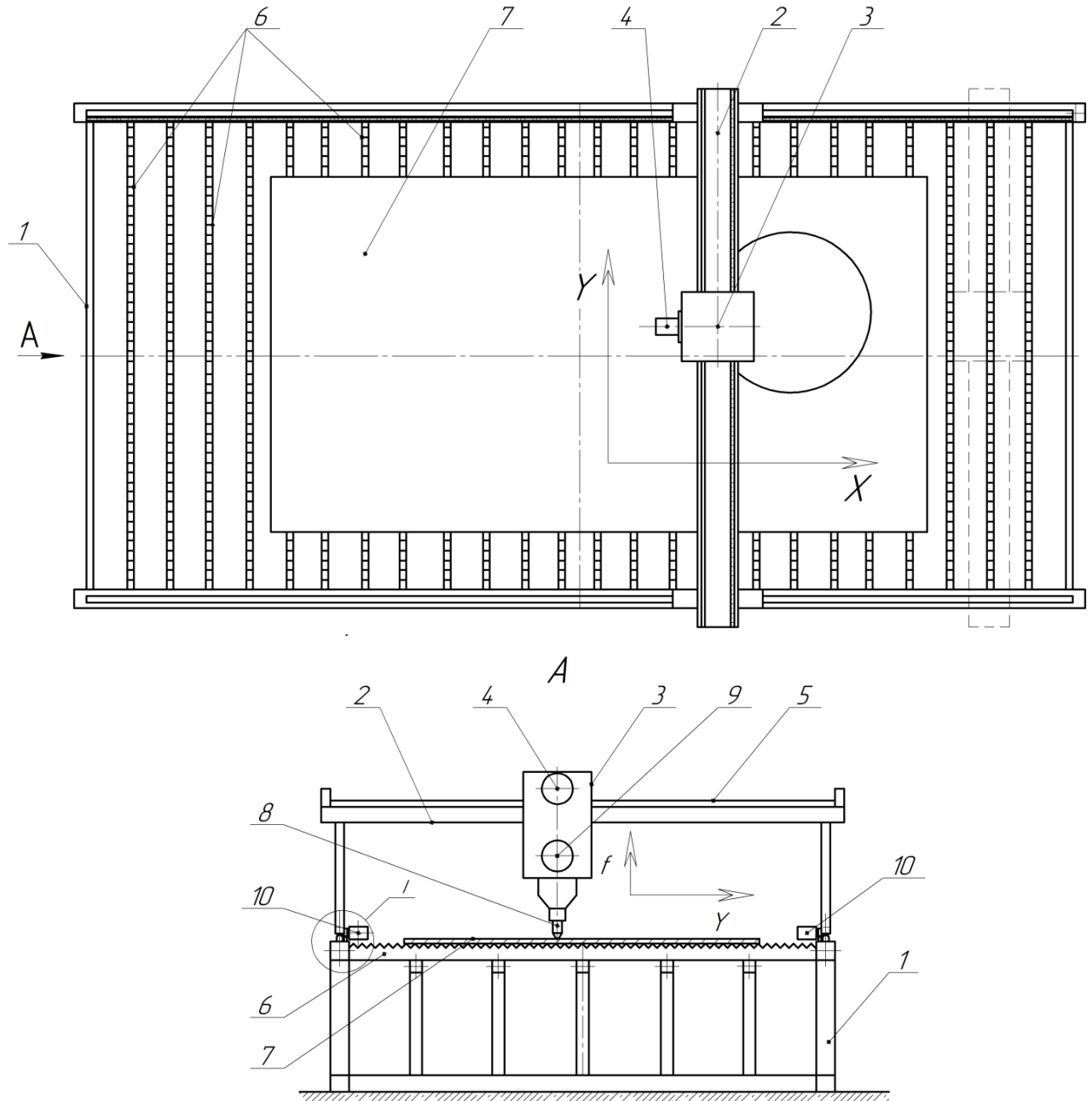
Верстат складається із: основної рами 1; візка 2; каретки 3; електродвигуни з кроковим повертанням типу 4, 9, 10; направляючої з рейкою 5 для каретки 3; поперечин 6; плазмо-різального сопла 8.

Робота конструктивної схеми плазмо-різального верстата проходить наступним чином.

Прокатний лист сталі 7 укладають на поперечини 6 базової рами 1.

За командою драйверів які управляють кроковими двигунами 4 і 10 наводять сопло 8 у визначену програмо точку над листом сталі 7. Кроковим двигуном 9 переміщують сопло 8 до літа після його контакту із листом сопло піднімають над листом на висоту різання. Вмикають плазмову дугу, яка проходить через сопло 8 на лист 7 і прорізає його. У відповідності до

програми крокові двигуни 4 і 10 переміщують сопло 8 в площині по осях X та Y в результаті чого сопло 8 вирізає із листа потрібні заготовки. Після закінчення різання, по команді програми, гасне плазма, а сопло 8 кроковим двигуном 9 піднімається у вихідне положення.



1 - основна рама; 2 - візок; 3 - каретка; 4, 9, 10 – крокові електродвигуни; 5 - направляюча з рейкою; 6 - поперечини; 8 - ріжуче сопло.

Рисунок 3.1 - Схема механічної частини плазмо-різального верстату для різання прокату:

3.2 Будова та робота запроєктованої конструктивної схеми плазморізального верстату для вирізання фігурних отворів на поверхні круглих труб

В трубчастих рамах, гідроприводах, будівельних та інших трубних конструкціях присутні місця стикування та перетину круглих труб під різними кутами та площинами перетину.

На сьогоднішній день існуючі конструкції плазморізальних верстатів не дозволяють різати труби круглого січення і особливо вирізати фігурні отвори їхній поверхні.

В цій роботі я запропонував, розроблену мною, конструктивну схему плазморізального верстату для вирізання складних фігурних отворів на поверхні круглих труб.

Запопонувана конструктивна схема плазморізального верстата приведена на рисунку 3.2.

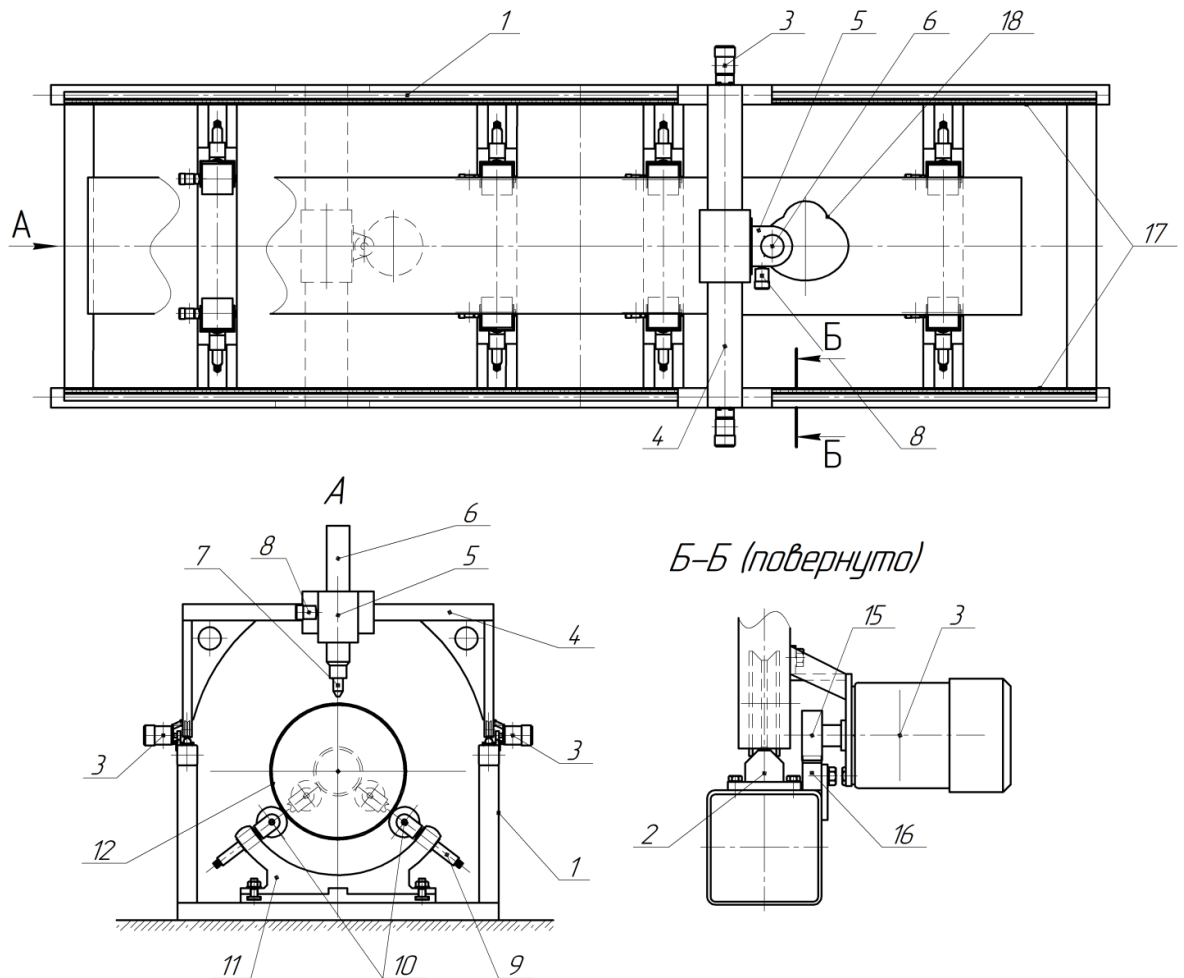
Плазморізальний верстат, схема якого приведена на рисунку 3.2, працює наступним чином. Трубу 12, яку обробляють, краном або тельфером встановлюють на вальці 10, кожен із яких має привід від свого крокового двигуна. В результаті повертання вальців 10 повертається відносно поздовжньої осі труба 12.

Візок 4 переміщається по направляючих 2, які закріплені на поздовжніх балках 17 рами 1. Переміщення відбувається з допомогою крокових двигунів 3 на роторах яких закріплені привідні шестерні 15, які контактують із шестеренними рейками 2 закріпленими на поздовжніх брусах 17.

Плазморізальне сопло 7 закріплено на направляючій 6, яка завдяки кроковому двигуну 8 переміщається у вертикальній площині і виставляється на певній висоті від поверхні труби під час різання. Після того як сопло 7 виставлено в робоче положення запалюють плазмову дугу, яка ріже метал, переміщують візок 4 із соплом 7 по осі X і одночасно повертають трубу 12

вальцями 10, ортаються кроковими двигунами 13, сопло 7 буде вирізати фігурні отвори 18 на поверхні труби 12.

В потрібне положення трубу 12 виставляється вальцями 10, які перемішаються по висоті гвинтами 9.



1 – рама; 2 – поздовжні направляючі; 3 – крокові двигуни; 4 – візок; 5 – кріплення; 6 – направляюча; 7 – сопло; 8 – кроковий двигун; 9 – гвинт; 10 – привідні вальці; 11 - корпус вальців; 12 – труба; 13 – привідні двигуни вальців; 14 – рама; 15 - привідна шестерня; 16 – зубчаста рейка; 17 – фігурний отвір.

Рисунок 3.2 – Конструктивна схема плазмо-різального верстату для вирізання отворів на поверхні круглих труб:

3.3 Розрахунок конструктивних елементів привідних вальців для повертання труби

3.3.1 Розрахунок зусиль, які діють на валець під час повертання труби

З рисунка 2.2 видно, що труба повертається навколо своєї поздовжньої осі вісьмома вальцями, які закріплені на корпусах 11. Корпуси вальців 11 закріплені на основній рамі 1 з допомогою болтового з'єднання. Відстань між середніми вальцями становить 0,5 м, а між крайнім лівим і середнім лівим становить 1,8 м. Відстань між правим середнім і правим крайнім становить 3,5 м. Нерівномірність відстаней між корпусами вибрана для того, щоб на вальці завантажувати труби довжиною від 0,5 м до 8,0 м.

Для розрахунків приймаємо, що верстат обробляє трубу зовнішнім діаметром $D = 1000$ мм з товщиною стінки 12 мм.

Вагу труби визначимо за формулою

$$G_{\text{Тр}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h \cdot l \cdot \rho$$

де $G_{\text{Тр}}$ – вага труби, Н; h – товщина стінки труби, м; l – довжина труби, м; ρ – об'ємна вага металу із якого виготовлена труба. У нашому випадку це сталь.

$$G_{\text{Тр}} = \frac{\pi \cdot 1,0^2}{4} \cdot 0,012 \cdot 8,0 \cdot 85000,0 = 6405,6 \text{ Н}$$

Корпуси вальців розміщені на рамі верстату не рівномірно. Це зроблено для того, щоб можна було обробляти труби різної довжини від 500 до 8000 міліметрів. Схема розміщення корпусів вальців на рамі верстату приведена на рисунку 3.3.

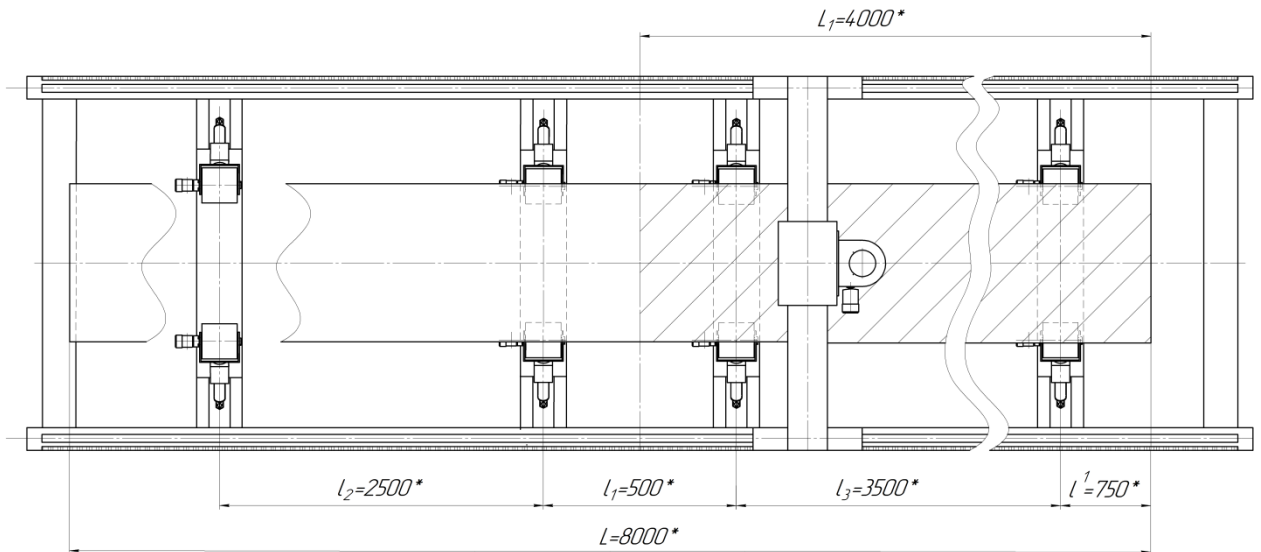


Рисунок 3.3 - Схема розміщення корпусів вальців на рамі верстату.

Для розрахунку максимального зусилля з яким труба діє на корпус вальців визначимо виходячи з того, що на праві середні і праві крайні вальці завантажена труба довжиною 4,5 метра. На рисунку 3.3 труба показана штриховкою.

Знаючи вагу труби довжиною 8,0 метрів, вагу труби довжиною 4,5 метрів визначимо із виразу

$$G_{\text{ТР}}^1 = \frac{6405,6}{8} \cdot 4,5 = 3603,15 \text{ Н}$$

Як бачимо із схеми приведеної на рисунку 3.3 найбільш завантаженим буде крайній правий корпус. Для визначення зусилля із яким труба діє на корпус, приведена на рисунку 3.4 схема дії сил від ваги труби.

Силу з якою труба діє на правий крайній корпус визначимо із рівняння суми моментів дії сил відносно точки А (середнього правого корпусу), яке запишемо у вигляді

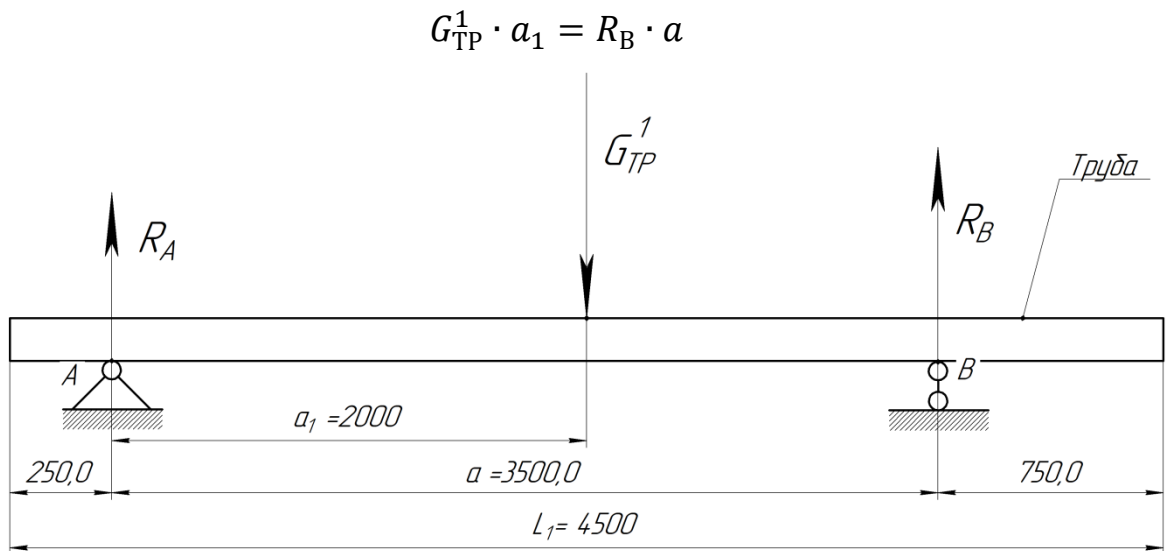


Рисунок 3.4 – Схема дії сил на корпусі від ваги труби.

$$R_B = \frac{G_{TP}^1 \cdot a_1}{a} = \frac{3603,16 \cdot 2,0}{3,5} = 2058,9 \text{ Н}$$

Силу, з якою труба діє на привідний валець у крайньому правому корпусі визначимо із схеми приведеної на рисунку 3.5.

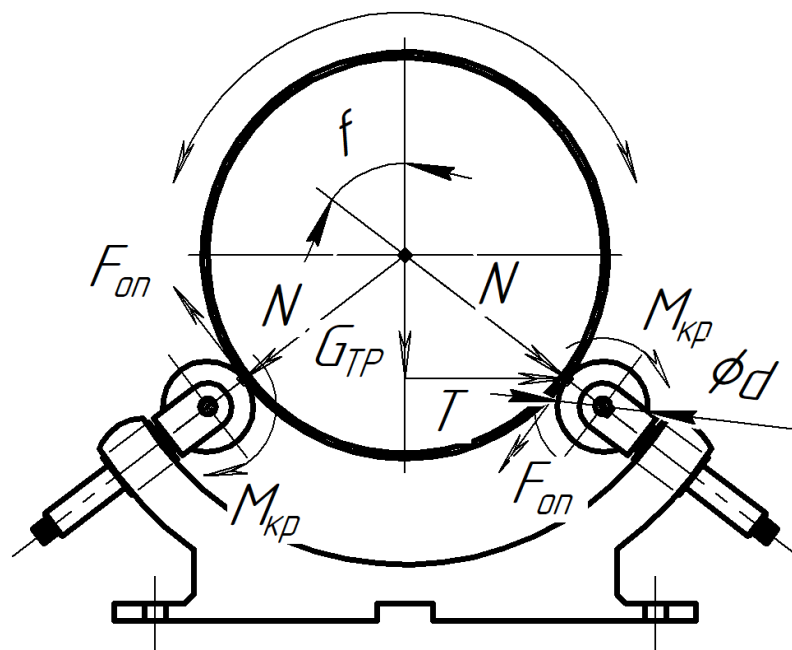


Рисунок 3.5 – Схема дії сил на привідний валець. (На схемі $G_{TP} = R_B$).

Як бачимо із схеми труба утримується двома вальцями, які через гвинти закріплені в корпусі. Кут нахилу осі вальця до вертикалі f становить 45° . Тоді силу яка діє на валець визначимо за формулою

$$N = \frac{R_B \cdot k}{\cos f}$$

де k -коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілення сили R_B між двома вальцями.

Враховуючи момент нерівномірності розподілення сили R_B між двома вальцями, для розрахунків приймаю, що $k = 0,6$.

$$N = \frac{2058,9 \cdot 0,6}{\cos 45^{\circ}} = \frac{2058,9 \cdot 0,6}{0,7071} = 1747,05 \text{ Н}$$

3.3.2 Розрахунок сили опору коченню вальця по трубі

Як видно із рисунка 3.5 силу опору коченню вальця по трубі визначимо за формулою

$$F_{\text{оп}} = N \cdot k \cdot \varphi$$

де φ коефіцієнт кочення вальця по поверхні труби. Якщо врахувати, що у нашому випадку вальці футеровані гумою то коефіцієнт опору кочення буде становити 0,22.

$$F_{\text{оп}} = 1747,05 \cdot 0,22 = 384,35 \text{ Н}$$

3.3.3 Розрахунок сили інерції від ваги труби

Плазмо-різальні верстати мають велику швидкість переміщення сопла тобто швидкість різання. В п.п.2.1 цієї роботи приведена спрощена технічна характеристика плазмового різання, де сказано, що швидкість різання становить до 4000 міліметрів за хвилину або 66,6 мм/с, або 0,066 м/с.

Для розрахунків приймаємо, що труба розганяється і уповільнюється протягом 0,5 секунди. Тоді силу інерції від розгону повертання труби визначимо за формулою

$$F_I = G_{TP}^1 \cdot a_t$$

де a_t – тангентальне прискорення під час розгону труби.

Тангентальне прискорення визначимо за формулою

$$a_t = \frac{dV}{dt}$$

$$a_t = \frac{0,066}{0,5} = 0,132$$

$$F_I = 2058,9 \cdot 0,132 = 15597,7 \text{ Н}$$

Враховуючи, що розганяють трубу 4 вальці на один валець припадає сила інерції

$$F_I^1 = \frac{F_I}{4} = \frac{15597,7}{4} = 3899,4 \text{ Н}$$

3.3.4 Розрахунок потрібної потужності крокового двигуна для повертання валика під час повертання труби

Потрібну потужність крокового двигуна привідного вальця визначимо за формулою

$$N = (F_{\text{оп}} + F_{\text{I}}) \cdot V$$

де V – лінійна швидкість привідного вальця, м/с. Лінійна швидкість вальця рівна лінійній швидкості труби і в нашому випадку $V = 0,066$ м/с.

$$N = (384,35 + 3899,4) \cdot 0,066 = 282,72 \text{ Вт}$$

Враховуючи можливість виникнення динамічних навантажень, які не передбачені розрахункам приймаємо потужність привідного двигуна 0,5 кВт.

ВИСНОВКИ

У першому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи охарактеризовано передумови утворення та властивості газової плазми. Описано фізична сутність утворення плазми в соплі різачка. Охарактеризовано склад газів і їх сумішей, які використовують у плазмотронах. Описані параметри плазмової дуги яких залежить продуктивність та якість різання. Визначені деякі закономірності технологічного процесу різання плазмою, приведена формула за якою визначають потрібну швидкість різання матеріалів. Описаний принцип роботи плазмо утворюючого сопла та приведена схема його конструкції. Охарактеризовано процеси плазмового різання з плазмою утвореною із повітря, кисню та суміші газів. Також описано особливості технологічних процесів розкрою різних видів сталі, кольорових металів, їх сплавів.

У другій розділі мною розроблено структурну схему управління плазмо різальним верстатом з ЧПУ для вирізання отворів складної форми на поверхні круглих труб. На даній схемі показано виконавчі та логічні блоки і взаємозв'язок між ними під час управління технологічним процесом різання. Приведено циклограму роботи крокових двигунів та джерела плазми під час вирізання на поверхні труби отвору квадратної форми.

Зроблено опис порядку роботи блоку логістики та драйверів під час вирізання отвору у формі квадрату.

Розроблено алгоритм управління роботою верстату та приведена блок-схема його роботи, вибрано окремі елементи електричної схеми, показано послідовність використання програм для запуску в роботу плазмо різального верстату для вирізання отворів на поверхні круглих труб.

Розраховано параметри заземлюючого контуру для плазмо різального верстату.

Зроблено розрахунок потрібного основного та аварійного освітлення металообробного цеху. Розраховано електричне навантаження від

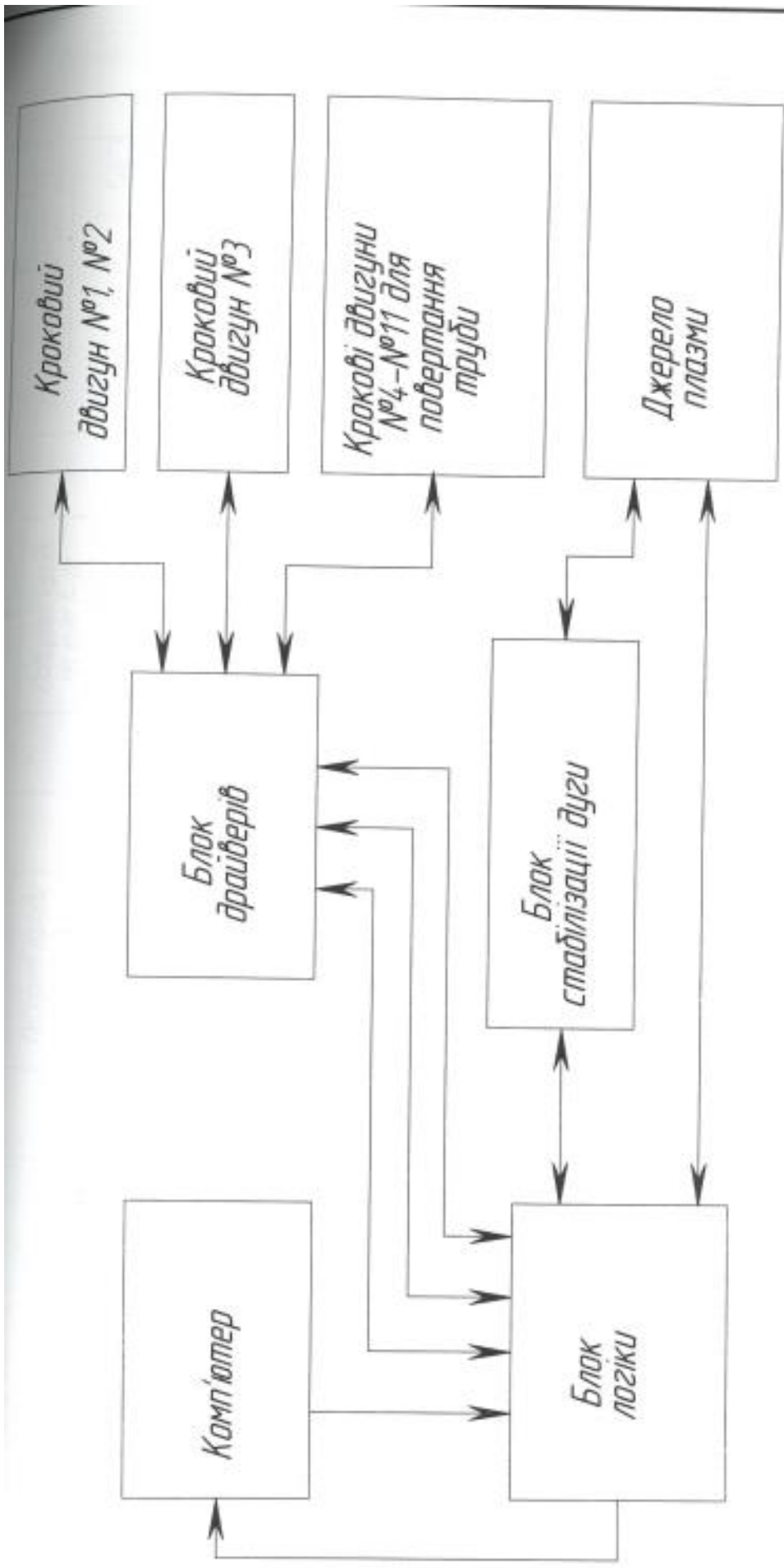
освітлювальних приладів в цеху. Для основного та аварійного освітлення підбрано відповідні типи світильників та визначено потрібну їхню кількість.

В третьому розділі приведено конструктивну схему запропонованого плазмо різального верстату. Розраховано деякі конструктивні елементи. Визначено потрібна потужність крокового двигуна для повертання валика під час повертання труби на поверхні якої вирізають отвори.

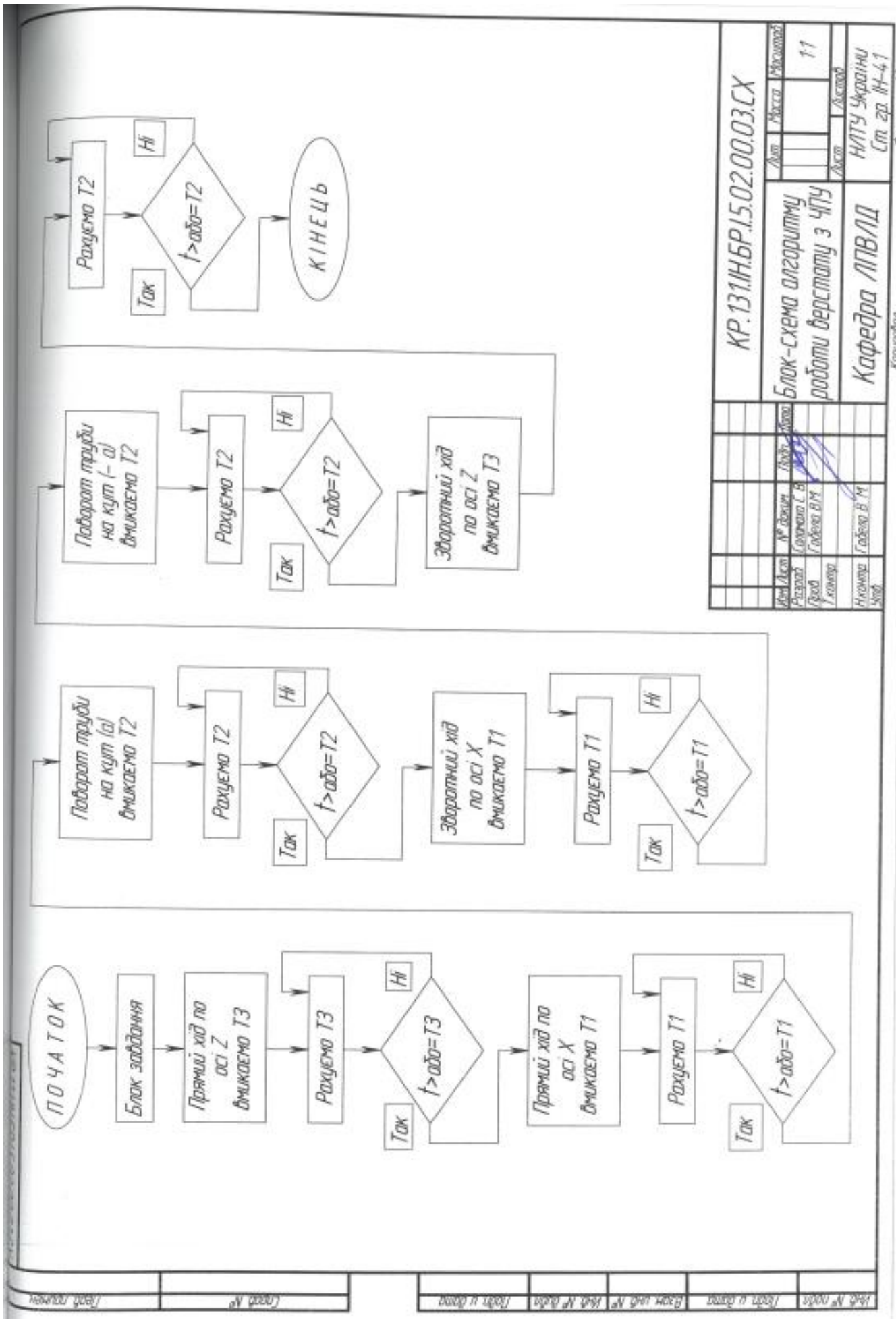
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Методичні вказівки та завдання до курсового проектування з курсу „Електропостачання промислових підприємств” для студентів спеціалізації „Електропостачання промислових підприємств” / Укл. М.А. Денисенко, О.І. Соловей, Є.М. Іншеков. – К.; КПІ, 1994. – 64 с.
- 2 Шестеренко В.Є. „Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств”. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656с.
- 3 ДСТУ-Н В.2.5-80:2015 Настанова з проектування систем електропостачання підприємств.
- 4 Довідкова книга зі світлотехніки. Айзенберг Ю.Б. (Ред.) 1983
- 5 Электронный каталог ООО «ЛБЮ-Тех» [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://lbu-tech.com.ua/p215230730-svetodiodnyj-svetilnik-128.html>
- 6 Каталог електротехнічної продукції ТОВ «Укрелектроапарат». – Режим доступу: <http://www.uea.com.ua/categories/suhie-transformatory>
- 7 Каталог електротехнічної продукції ОАО «НВА» – Режим доступу: nvacontact.com
- 8 Каталог електротехнічної продукції «КЭАЗ» – Режим доступу: <https://profsector.com/media/catalogs/55e8a2633a968.pdf>
- 9 Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. 148 с.
- 10 Федоров А. А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. Москва: Энергофтомиздат. 1987. 368с.

ДОДАТКИ



КР.131.Н.БР.15.02.00.01СХ			
Структурна схема роботи верстату з ЧПУ		Лист	Масштаб
		11	1:1
Кафедра ЛПВ/ЛД		Лист	Листов
		НЛТУ України	
		Ст. зр. ІІІ-41	



КР.131.Н.БР.15.02.00.03.СХ

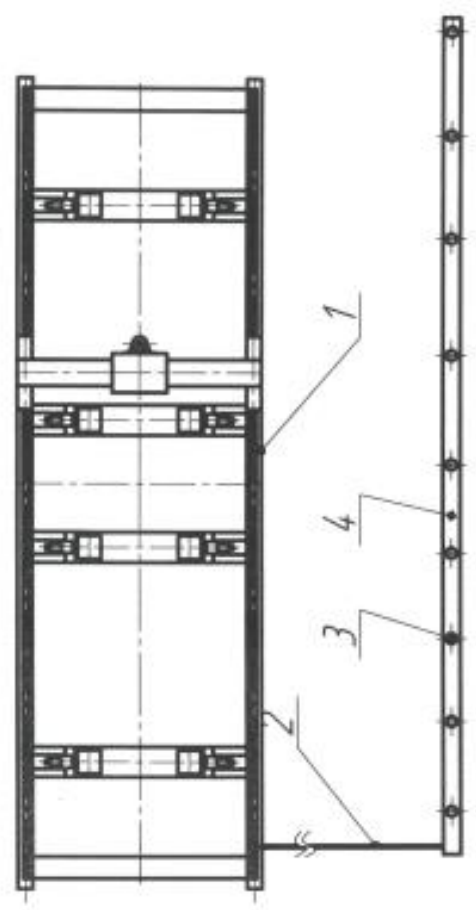
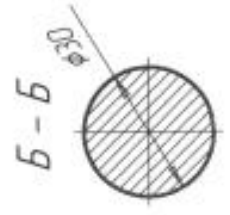
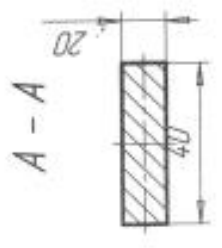
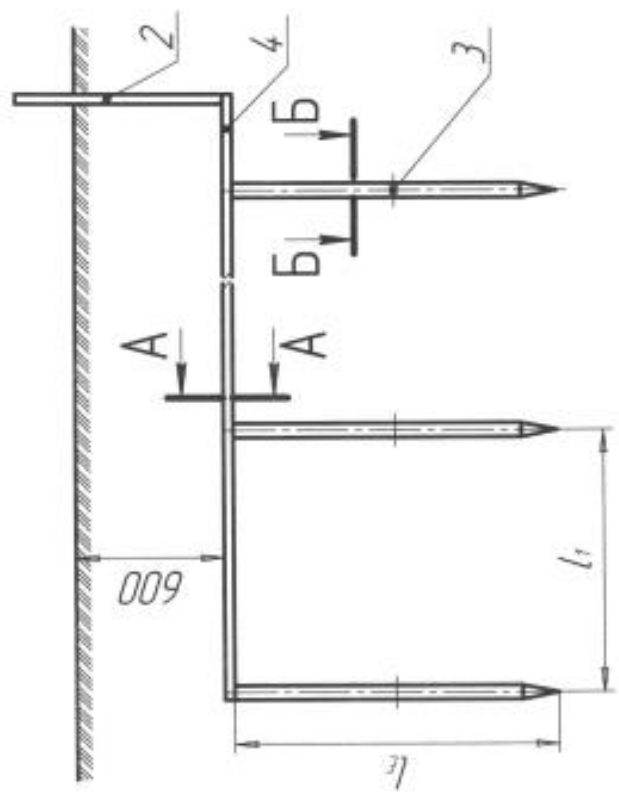
Блок-схема алгоритму роботи верстату з ЧПУ

Кафедра ЛПВ/ЛД

НІТУ України
Ст. зр. Н-4-1
Формат А3

№ п/п	№ докум.	Лист	Масштаб
1	1	1	1:1
2	1	1	1:1
3	1	1	1:1
4	1	1	1:1
5	1	1	1:1
6	1	1	1:1
7	1	1	1:1
8	1	1	1:1
9	1	1	1:1
10	1	1	1:1
11	1	1	1:1
12	1	1	1:1
13	1	1	1:1
14	1	1	1:1
15	1	1	1:1
16	1	1	1:1
17	1	1	1:1
18	1	1	1:1
19	1	1	1:1
20	1	1	1:1

КР.13104.Н.БР.15.02.00.04.СХ



№	НАЗВА	К-ТЬ	ПРИМ
1	Плазмарізальний верстат		
2	З'єднувальна шина		
3	Заземлюючий стержень		
4	З'єднувальна полого		
КР.13104.Н.БР.15.02.00.04.СХ			
Схема заземлення		Лист	Листів
плазмарізального верстату			11
Кафедра ЛПВЛД		Лист	Листів
		НЛТУ України	
		Ст зр. ІН-41	

№ докум
Розроб
Додат
Г. Канюка

№ докум
Лист
Листів

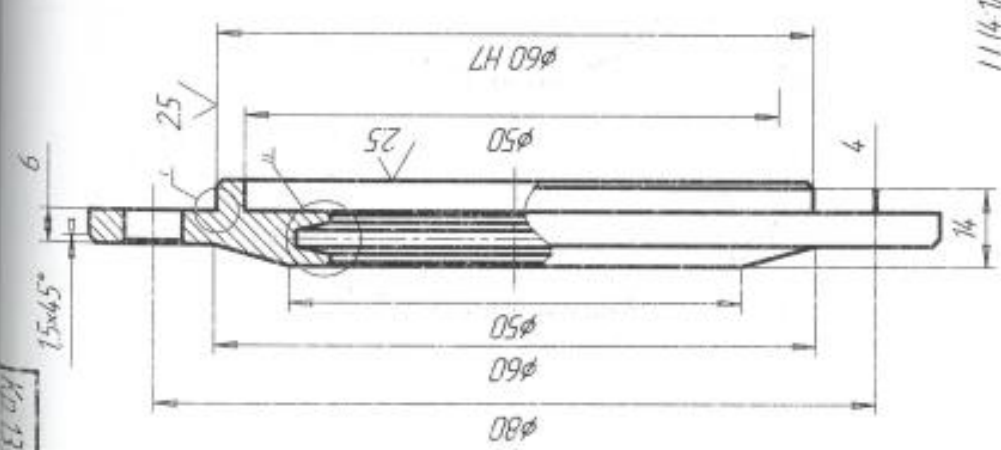
Габарити
Габарити В-Н

Нікитина
Чуб

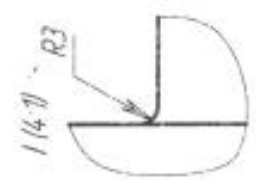
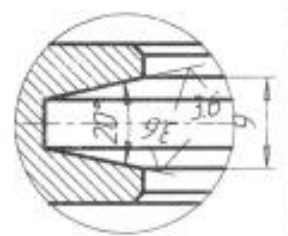
Котлярів А.І.

Лист № 00000 / Листів 11 / Версія 1 / Назва: КР.13104.Н.БР.15.02.00.04.СХ / Категорія: Схематичні документи / Статус: Проект

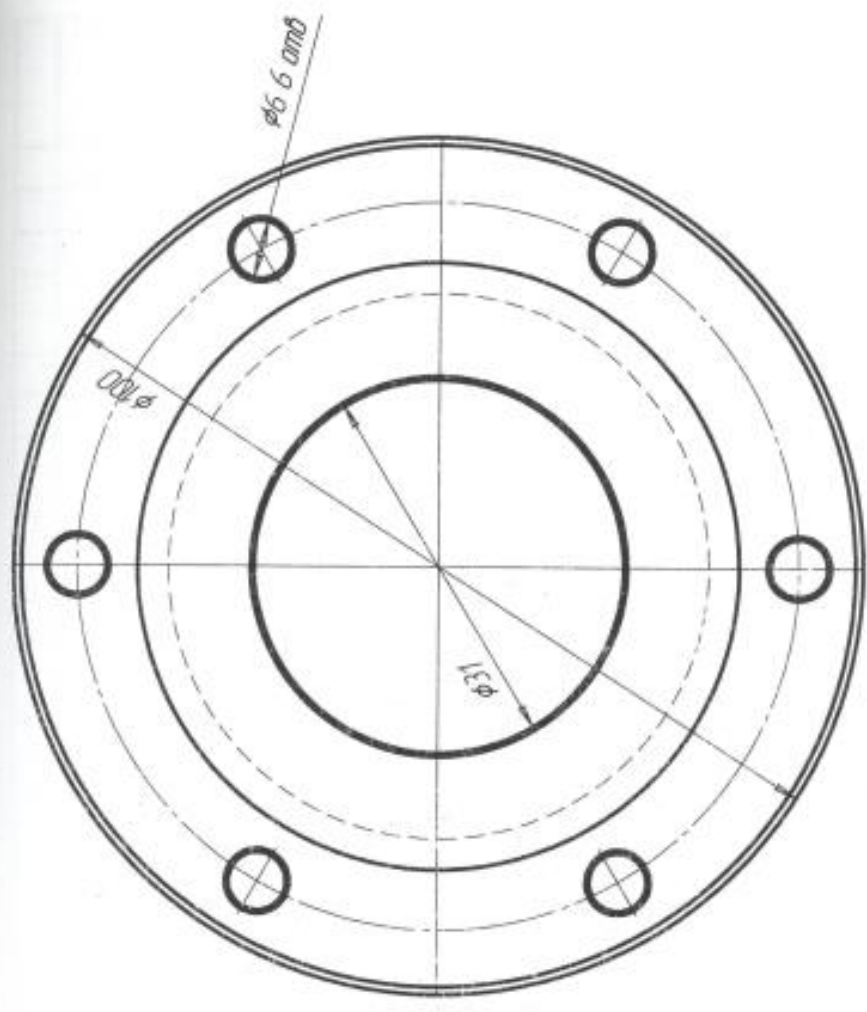
Кр. 131.04.ІН.1.03.00.21



114.11



6.3 (✓) (✓)



1. Невказані граничні відхилення розмірів Н14, н14, f14, /2
2. Невказані фаски радіуси 15*45

Кр. 131.04.ІН.1.03.00.21		Дат.	Класиф.	Масштаб
Кришка наскрізна		Дат.	Класиф.	1:1
Ст.3 ГОСТ 380-88		Дат.	Класиф.	НПТУ України ІН-41
Мед. Вказ.	Пр. Вказ.	Дат.	Дат.	
Розроб.	Сторожко С.В.			
Вір.	Габрета В.М.			
Голов.				
Начальн.	Габрета В.М.			
Вір.				

			Позначення	Назва	К-сть	Прим.
				<u>Документація</u>		
			КР.131.04.ІН.1.5.03.00.00.СК	<u>Складальне креслення</u>		
			КР.131.04.ІН.1.5.03.00.00	<u>Збірні одиниці</u>		
	1		КР.131.04.ІН.1.5.03.01.00	Рама		
	2		КР.131.04.ІН.1.5.03.02.00	Направляюча		
	3		КР.131.04.ІН.1.5.03.03.00	Електродвигун		
	4		КР.131.04.ІН.1.5.03.04.00	Рухома рама		
	5		КР.131.04.ІН.1.5.03.05.00	Корпус		
	6		КР.131.04.ІН.1.5.03.06.00	Направляюча		
	7		КР.131.04.ІН.1.5.03.07.00	Сопло		
	8		КР.131.04.ІН.1.5.03.08.00	Кроковий двигун		
	9		КР.131.04.ІН.1.5.03.09.00	Гвинт		
	10		КР.131.04.ІН.1.5.03.10.00	Опора в зборі		
				<u>Деталі</u>		
	11		КР.131.04.ІН.1.2.03.07.11	Основа		
	12		КР.131.04.ІН.1.2.03.07.12	Труба		
	15		КР.131.04.ІН.1.2.03.07.15	Шестерня		
	16		КР.131.04.ІН.1.2.03.07.16	Рейка		
	17		КР.131.04.ІН.1.2.4.03.07.17	Каток		
	18		КР.131.04.ІН.1.2.03.07.18	Стопорна пластина		
	19		КР.131.04.ІН.1.2.03.02.19	Палець		
	20		КР.131.04.ІН.1.2.03.02.20	Втулка		
	21		КР.131.04.ІН.1.2.03.02.21	Кришка		
	22		КР.131.04.ІН.1.2.03.02.22	Болт		
	23		КР.131.04.ІН.1.2.03.08.23	Втулка		
	24		КР.131.04.ІН.1.2.03.08.24	Втулка		
	25		КР.131.04.ІН.1.2.03.08.25	Шайба		
				КР.131.04.ІН.1.5.03.00.00.ПЗ.		
	Архиви	№ докум.	Підп.	Дат		
	Розробив	Саламаха С. В			Літер	Маса
	Перевірів	Гобела В. М.				Мірва
	Н. Контр.				НЛТУ України Ст.гр. ІН-41	
					Плазмо-різальний верстат	