

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« ____ » червня 2021 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ
ЛАЗЕРНОГО ВЕРСТАТА**

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Михайло АМЕЛІН

Керівник

Борис СТУПІН

Нормоконтроль

Юлія ДЕНИСЕНКО

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЛАЗЕРНИХ ГРАВІРУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ	4
1.1 Призначення лазерних гравірувальних верстатів	4
1.2 Технологічні можливості лазерних гравірувальних верстатів	7
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	14
2.1 Службове призначення верстата	14
2.2 Структурна схема верстата	15
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	20
3.1 Технологія складання базового вузла	20
3.2 Технологія складання моторного вузла	22
3.3 Технологія складання лазерного вузла	24
3.4 Система ЧПК верстата	28
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ...	30
ВИСНОВКИ	34
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	35
Додаток А	37
Додаток Б	38
Додаток В	42

					<i>ТМ19510103ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проектування технологічного процесу складання лазерного верстата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Амелін М. М.</i>						<i>2</i>	<i>46</i>
<i>Перев.</i>	<i>Ступін Б. А.</i>					<i>СумДУ, ТМ-71-9</i>		
<i>Реценз.</i>	<i>Евтихов А. В.</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Денисенко Ю. О.</i>							
<i>Затв.</i>								

ВСТУП

Верстатобудування є однією з базових галузей машинобудування, від технічного стану якої залежить рівень розвитку всієї економіки країни. Воно забезпечує обладнанням всі підприємства машинобудівного комплексу. У світі випускається безліч моделей верстатів на сотнях підприємств. За останні роки спостерігається значне збільшення випуску продукції верстатобудування у Японії, Німеччині, Китаї, Італії, Південній Кореї. Збільшення конкуренції на світовому ринку металорізального обладнання змушує компанії впроваджувати інновації та адаптуватися до новітніх технологій відповідно до їх змінних стандартів. Автоматизація процесів, підвищення продуктивності виробництва та зниження загальних витрат, розширення можливостей верстата шляхом впровадження сучасних пристроїв, розробка якісного інструмента, підвищення довговічності та якості верстатів є основними тенденціями розвитку галузі на сьогоднішній день. Саме такі тенденції стимулюють зростання попиту на сучасне металорізальне обладнання з системами числового програмного керування (ЧПК). Високотехнологічні галузі покладаються на верстати з ЧПК, оскільки вони потребують продукції високої точності та якості.

Розглянемо один з найбільш перспективних напрямків сучасного верстатобудування, лазерні гравірувальні верстати з ЧПК.

									Арк.
									3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ19510103ПЗ

1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЛАЗЕРНИХ ГРАВІРУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

1.1 Призначення лазерних гравірувальних верстатів

Надійні і універсальні лазерні гравірувальні верстати здатні задовольнити величезний діапазон виробничих потреб. Їх активно використовують для рекламних компаній, виробників сувенірів, дизайнерів, пакувальників, продукції для штампів та печатей. Сфера застосування лазера залежить від потужності випромінювача і габаритів робочої поверхні. Поверхневі роботи потребують меншої потужності лазера, ніж наскрізна порізка. Для ювелірної справи або ручної роботи існують портативні верстати, а для розкрою габаритних виробів, роботи з тканинами, листовими матеріалами – більші моделі, аж до величезних розкрійних комплексів. Виробництво зовнішньої і інтер'єрної реклами, меблів, поліграфія, сувенірний бізнес, підприємства легкої промисловості та багатьох інших галузей не обходяться без високопродуктивних і точних лазерних граверів.

Безконтактний спосіб нанесення зображення підходить для роботи, як з ніжними, так і з високоміцними, твердими поверхнями. Лазер з легкістю може відображати на заготовках будь-які тексти, картинки, фотографії.

Лазерні гравірувальні верстати підходять і для виконання наскрізного різання, фігурного розкрою, виконання перфорації, отворів складної конфігурації. Лазер здатний різати майже всі неметалеві матеріали, його можливості обмежуються тільки товщиною заготовки. Він є ідеальним інструментом для різання м'яких, пористих, крихких і тонких матеріалів, наприклад, текстилю, паперової продукції, поролону.

Лазерний гравірувальний верстат – це пристрій, який значно покращує та забезпечує процес нанесення зображень на поверхневі вироби. Такий метод декорування та ідентифікації речовин застосовується ще з давності.

Відповідно критичні і некритичні похибки як і раніше періодично виникали навіть при використанні техніки.

									Арк.
									4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

TM19510103ПЗ

Справжнім проривом у роботі лазерних гравірувальних верстатів стала поява фрезерного обладнання, керованого системою числового програмного керування. Невеликі настільні верстати взяли на себе весь обсяг роботи і виконували її на порядок швидше і якісніше. Кількість помилок і неточності звелися до мінімуму, з'явилася можливість поставити випуск виробів на потік, так як фрезер з ЧПК міг не тільки швидко працювати, але і наносити зовсім ідентичне гравіювання, слідуючи закладеної в програмі траєкторії руху.

Фрезерні гравірувальні верстати з ЧПК забезпечують високу якість роботи, але за ступенем деталізації і швидкості їх нанесення поступаються лазерним верстатам.

Однак недоліки у такого обладнання все-таки є, що не заважає йому досі залишатися затребуваним. В першу чергу мова йде про те, що якою б тонкою і гострою не була фреза, вона не може ідеально чітко відтворити всі нюанси і контури складних зображень. Похибка в роботі фрезерного гравера становить близько 0,5 мм, тому відтворювати з його допомогою мініатюрні малюнки або дрібні написи неможливо.

Лазерний гравірувальний верстат - пристрій з програмним управлінням, який до сих пір відноситься до розряду нових технологій, а період його більш-менш масового використання налічує буквально 5-10 років.

З появою на ринку такого обладнання як: 3D принтерів, токарно-фрезерних обробних центрів, лазерних гравірувальних верстатів, обробних систем з числовим програмним керуванням значно знизили вартість розробки прототипу та вихід на ринок окремих нескладних апаратних проєктів [7]

Використання системи ЧПК підвищує ефективність лазерних гравірувальних верстатів, дозволяючи використовувати прості алгоритми для вибору та(або) редагування об'єктів, що потребують оброблення. Це сприяє скороченню витрат часу на оброблення [8].

Набуло широкого поширення застосування систем вимірювання на основі лазерів [9], забезпечуючи інженера точною кількісною інформацією про геометричні розміри, форму та положення об'єктів контролю. Зокрема, у

									Арк.
									5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ19510103ПЗ				

роботі [10] наведено лазерні системи TL, що забезпечують безконтактне вимірювання довжини та діаметра інструменту, форму окремих зубів, а також знос при його обертанні з номінальною швидкістю у двох координатах: $\pm X$, $+Z$ та $\pm Y$, $+Z$. У дослідженні [11] реалізовано спосіб вимірювання і корегування зносу інструменту. Це досягається завдяки лазерному приладу на основі кібер-інтегрованої інформаційно-вимірювальної системи активного контролю виробництва деталей штампів. В основі запропонованого рішення використання оптичного методу вимірювання та автоматичного управління корегуванням оброблення деталей. Відмінністю є застосування каналу активного лазерного приладу.

Експериментальним шляхом визначено, що при використанні волоконного лазера з варійованою тривалістю імпульсів видаляються лакофарбові покриття з поверхні літальних апаратів. Змінюючи вихідну потужність лазера можна отримати різний ступінь очищення для варійованої кількості лакофарбових покриттів [12].

Діаметр лазерного променя настільки малий, що ширина прорізів між деталями або отворами, створених ним, часто не перевищує товщину людської волосини. І це тільки початок у величезному списку плюсів лазерної техніки, причому, одним з достоїнств можна назвати відсутність недоліків. З деякою натяжкою єдиним мінусом може стати поки що не дуже бюджетна вартість таких апаратів. Проте навіть в домашніх майстернях мініатюрні лазерні верстати вже перестали бути диковиною. Якість лазерного гравірування настільки бездоганне, що її використовують навіть для виготовлення штампів і печаток [1]. Лазерний гравірувальний верстат і універсальний, все ж призначений для виконання вузькоспеціалізованих робіт. Лазерний варіант цього інструменту не контактує безпосередньо з деталлю, а випалює матеріал високоенергетичним променем. Цим інструментом виконується:

Гравірування по каменю, дереву, металу і навіть скла. Подібні операції роблять при виготовленні, наприклад, сувенірної продукції. У цангу

					<i>TM19510103ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

затискається відповідна насадка і лазерним гравірувальним верстатом можна малювати на різних матеріалах.

Видалення покриттів, наприклад, ошкурювання фарби і шліфування дрібних виробів або важкодоступних місць за допомогою насадок у вигляді повстяних кіл, наждачного паперу і абразивних кілець.

Виконання тонких пропилів, прецизійне різання по деревині і металам. Інструмент поширений у ювелірів, так як дозволяє виконувати точну обробку матеріалів.

Лазерним гравером наносять маркування, зокрема на металеві деталі, виготовляють печаті, ударні штампи, кліше [2].

1.2 Технологічні можливості лазерних гравірувальних верстатів

Гравірувальні верстати, що використовують у своїй роботі лазерний промінь замість металевого ріжучого інструменту, за всіма параметрами залишають далеко позаду своїх конкурентів по ремеслу. Основними аргументами для такого твердження служать наступні [1]:

- висока швидкість гравіювання до 700 мм/с;
- якість готового зображення в діапазоні $\pm 0,01$ мм
- контури малюнка не втрачають своєї чіткості;
- широкий асортимент матеріалів, доступних для декорування;
- лазер не робить фізичного впливу на матеріали, широкий асортимент матеріалів, доступних для декорування;
- комп'ютерне управління всім процесом економить час;
- висока ступінь деталізації при нанесенні невеликих зображень або тих, які мають велику кількість дрібних елементів;
- вироби не потребують фіксації, що економить кошти на придбання кріпильних пристроїв;
- висока ступінь деталізації;
- ідеально гладкі краї і стінки зображення після однократного проходу променя;

									Арк.
									7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

TM19510103ПЗ

перспективним з огляду на збільшення швидкості різання, що сприяє підвищеній ефективності енергоспоживання. Швидкості, на яких працюють лазерні гравірувальні верстати, здебільшого застосовуються для різання тонколінійних матеріалів, особливо алюмінію [4].

Прямі діодні лазерні технології використовують діоди безпосередньо для процесу різання, DDL, можливо, є майбутнім галузі лазерного різання, оскільки виключає середній процес всіх інших лазерних різаків. Однак до недавнього часу DDL можна було використовувати лише для різання тонких металів через низький рівень потужності близько 2000 Вт, що обмежує його використання в металургійній промисловості. Завдяки останнім розробкам DDL, платформа зараз має потужність близько 8000 Вт, що розширює спектр її видатних можливостей і дозволяє їй прорізати більш товсті матеріали.

Технологія DDL пропонує три ключові переваги перед CO₂, волоконними та дисковими лазерами; ефективність, швидкість різання та вища якість різання. Дослідження показують, що DDL ріже приблизно на 15% швидше для всіх застосувань і має на 30% більшу швидкість різання порівняно з алюмінієвими в порівнянні з різанням диска або волокна. Одним із найпомітніших досягнень DDL є якість різання, якого вона здатна досягти. Завдяки своїй унікальній довжині хвилі та формі лазерного променя він забезпечує надрізи вищої якості порівняно з іншими джерелами лазера.

Хоча DDL пропонує високі швидкості різання, використання технологій для ринку лазерного різання все ще вдосконалюється, без автоматизації, швидкість лазера стає майже несуттєвою.

Технологічний прогрес у лазерній обробці за думкою Cutting tool engineering [5].

Джерела зазначають, що зміни в лазерній обробці наступають швидко. Показники потужності зростають, тоді як ціни залишаються незмінними або навіть знижуються. Середня потужність системи волоконного лазерного різання кілька років тому становила 3 кВт або 4 кВт. Зараз він становить від 6 кВт до 8 кВт, очікується, що діапазон буде від 10 кВт до 12 кВт через 5 років.

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ19510103ПЗ				

Аналіз показує, що розподіл енергії по перетину променя лазера робить істотний вплив на характер відбитка на матеріалі. Структура розподілу енергії в пучку Yt-лазера відрізняється від розподілу в пучку Nd: YAG-лазера. У пучку Yt-лазера енергія по плямі розподілена більш рівномірно (рис.1.2). Важливою характеристикою оптичної системи, що впливає на геометричні характеристики відбитка, є глибина фокусування використовуваних лазерів [6].

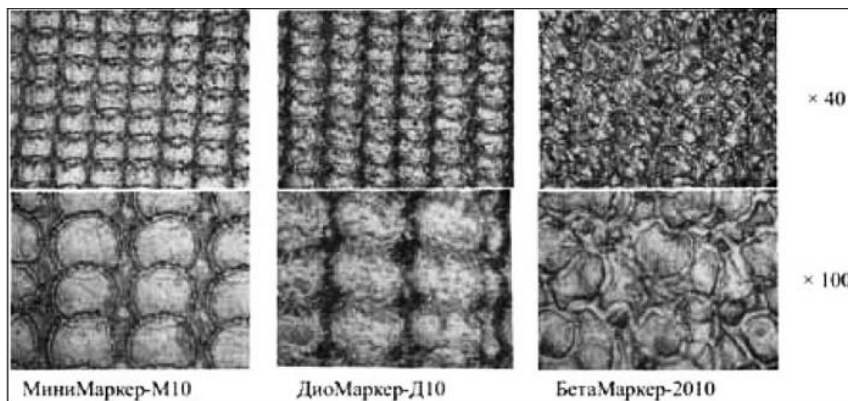


Рисунок 1.2 – Поверхнева структура металу після обробки лазерним випромінюванням

Перетворений оптичною системою лазерний промінь має в області фокусування вид каустики, гіперболоїда обертання з діаметром d_0 перетяжки пучка. Чим більше глибина фокусування оптичної системи, тим вище ймовірність додатки максимальної потужності до поверхні матеріалу, яка визначається діаметром відбитка. Форма пучка і глибина різкості b при його фокусуванні (рис.1.3) розрізняються для різних типів лазерів.

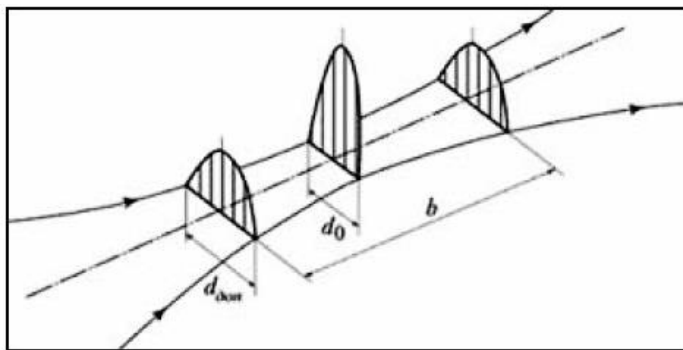


Рисунок 1.3 – Розподіл інтенсивності в різних перетинах каустики лазерного пучка b - глибина фокусування, $b_{доп}$ - діаметр пучка на кордонах глибини різкості, b_0 - діаметр пучка в перетягуванні

Однак тоді не вдається отримати кольорові структури на поверхні матеріалів. Обробка матеріалів, що володіють низькою температурою плавлення (свинець), призводить до абляції, а не до формування оксидного шару. Формування зразків з тестовими таблицями проводили, виходячи з:

- певних теплофізичних властивостей матеріалів;
- технологічних особливостей лазерних установок;
- поєднання обох факторів.

Згідно з ними і в залежності від завдань експерименту, вибирався лазерний комплекс, варіювалися потужність випромінювання, частота проходження імпульсів і швидкість обробки. Потужність регулювалася за допомогою зміни технологічних параметрів лазерних установок. Сформовані програми управління з тестовими таблицями для обробки металевої поверхні лазерним випромінюванням із заданими параметрами впливу лазерного променя передавалися для виконання на лазерні комплекси. Обробка металевої поверхні проводилася в кисневому середовищі (на повітрі) при кімнатній температурі. Результати експериментальних досліджень дали можливість в певній мірі зрозуміти особливості впливу імпульсного лазерного випромінювання різної генерації на створення кольорових оксидно-вмістних структур на поверхні металів і виробити рекомендації по використанню того чи іншого обладнання.

Результати експериментальних досліджень дали можливість в певній мірі зрозуміти особливості впливу імпульсного лазерного випромінювання різної генерації на освіту кольорових оксидно-вмістних структур на поверхні металів і виробити рекомендації по використанню того чи іншого обладнання. Показано, що на різних лазерних комплексах можна підібрати такі технологічні параметри, щоб потужність випромінювання, від якої залежить формування кольорових структур, була однаковою. Крім того, були отримані аналітичні залежності еквівалентних технологічних параметрів установок [6].

					<i>TM19510103ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Службове призначення верстата

Лазерні верстати мають великий потенціал роботи, що дозволяє їм успішно вирішувати широкий спектр різних завдань. Сучасне обладнання даного класу складається з високотехнологічних елементів та вузлів, які виготовляються з якісних матеріалів. В ньому широко використовуються програмні методи управління і регулювання параметрів. Все це дозволяє таким пристроям працювати в тривимірному просторі і виконувати найскладніші операції. Всі виконувані роботи на даному обладнанні відрізняються високою якістю і максимальною точністю. Верстат може виконувати складну графіку у вигляді різноманітних зображень за допомогою програми обробки. Виготовлення сувенірної продукції, гравірування та оформлення контурів. Крім того для неперервної роботи верстата, передбачена система управління верстатом за допомогою комп'ютера. Зокрема, на верстаті можна запрограмувати завдання на виготовлення художнього гравірування, написи, малюнка в графічному форматі 3D. Даний верстат призначений для роботи із деревом, фанерою, пластиком, пінопластом, полікарбонатом, воском, текстолітом, кольоровими металами. На верстаті можливе гравіювання кольорових металів, скла, а також каменю. Для ефективного використання лазерного верстата необхідно визначити його технічні характеристики (табл. 2.1).

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ19510103ПЗ

отвори планки, нагвинчуються гільзи, встановлюються колеса з підшипниками та загвинчуються гайками.

Переміщення забезпечується кроковим двигуном змінного струму (рис. 2.4), який приводить в дію обертання вал, на якому знаходиться муфта. Через муфту розміщується еластичний ремінь та відбувається переміщення моторного вузла, який у свою чергу переміщує лазерний вузол.

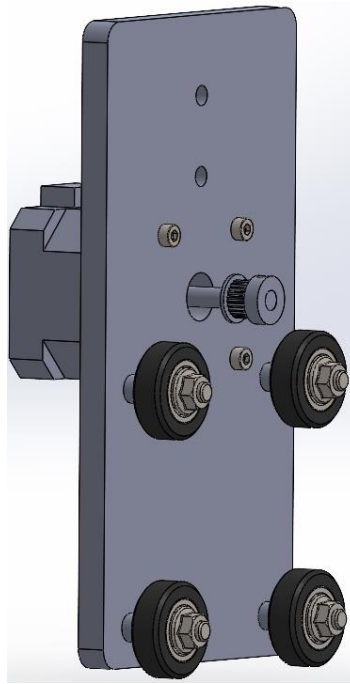


Рисунок 2.3 – Моторний вузол

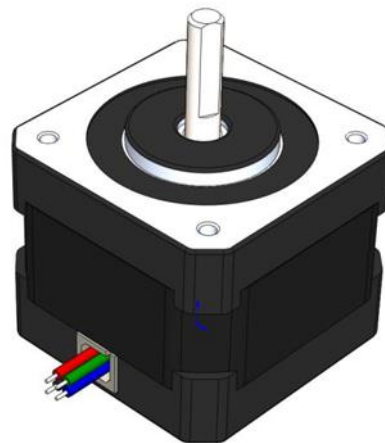


Рисунок 2.4 – Кроковий двигун

Кроковий двигун – це безщітковий двигун постійного струму, який перетворює електричну енергію в механічну. Основна відмінність цих двигунів в точності, швидкості та потужності. Стандартна частота обертання

					<i>TM19510103ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

вала електродвигуна 200 кроків/оберт. Це означає, що за кожен повний оберт на 360° , один повний оберт вала двигуна потрібно 200 кроків. Така система застосовується для верстатів із ЧПК, щоб точно визначати кількість кроків, яка нам потрібна. За один крок вал здійснює обертання на $1,8^\circ$. Даний двигун з'єднується з ходовими гвинтами за допомогою з'єднувальної втулки (муфти), яка служить для з'єднання приводного гвинта з валом крокового двигуна. Основним завданням муфти є передача крутного моменту з ротора двигуна на приводний гвинт.

Лазерний вузол являє собою корпус із мікросхемою, призначений для реалізації основної роботи верстата та його переміщення по осі X (рис. 2.5). Оснащений драйвером для можливості управління потужністю випромінювання по TTL каналу, кнопкою включення тестового підсвічування, вентилятором охолодження. Лазерний вузол базується по направляючим рухомого модуля, основною конструкторською базою є колеса.

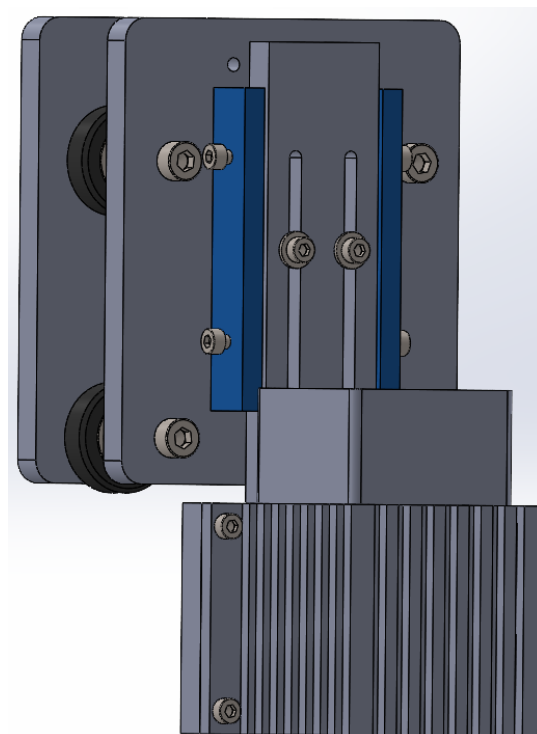


Рисунок 2.5 – Лазерний вузол

Загальний вид верстата зображений на рисунку 2.6 з усіма вузлами.

					<i>TM19510103ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

профільним втулкам (рис. 3.3) здійснюється орієнтація та кріплення гвинтами кутників трапецеподібної форми до одинарного профілю. У свою чергу кутники забезпечують квадратовидну конструкцію базового вузла лазерного верстата (рис. 3.4).

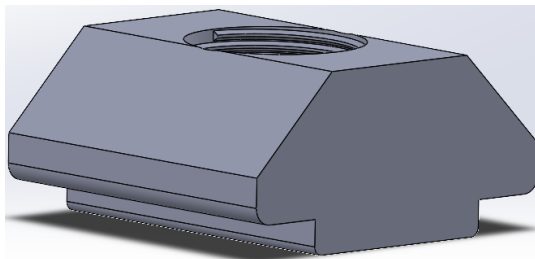


Рисунок 3.3 – Кріплення для профілю

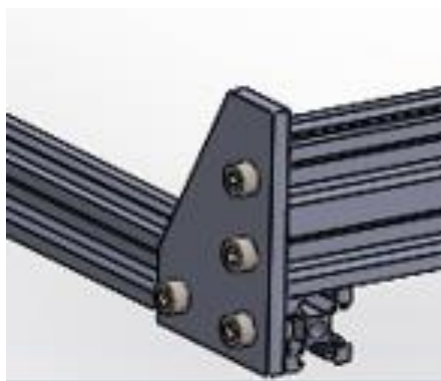


Рисунок 3.4 – Складання базового вузла верстату

Моторний вузол, який переміщує напрямну по осі Y складається з крокового двигуна, гвинтів, гільз, підшипників, колес та гайок. Вузол має доволі просту конструкцію у складанні та експлуатації. Є акрилова планка з отворами, через які буде проходити кріплення деталей по черзі. Колеса виготовлені з бутилу. Завжди є змога швидкої заміни деталей або їх змащення.

									Арк.
									21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ19510103ПЗ				

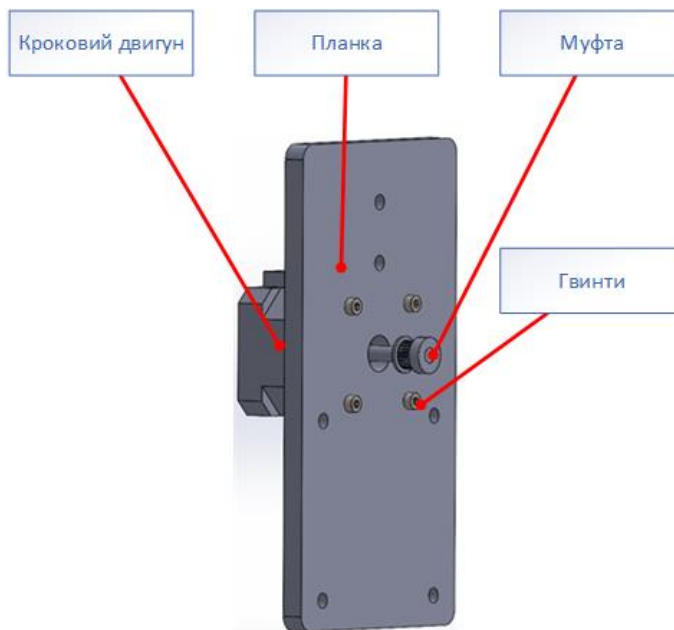


Рисунок 3.4 – Установка крокового двигуна з муфтою

Далі встановлюємо чотири гвинти для майбутньої установки колес та загвинчуємо на них гільзи (рис. 3.5.).

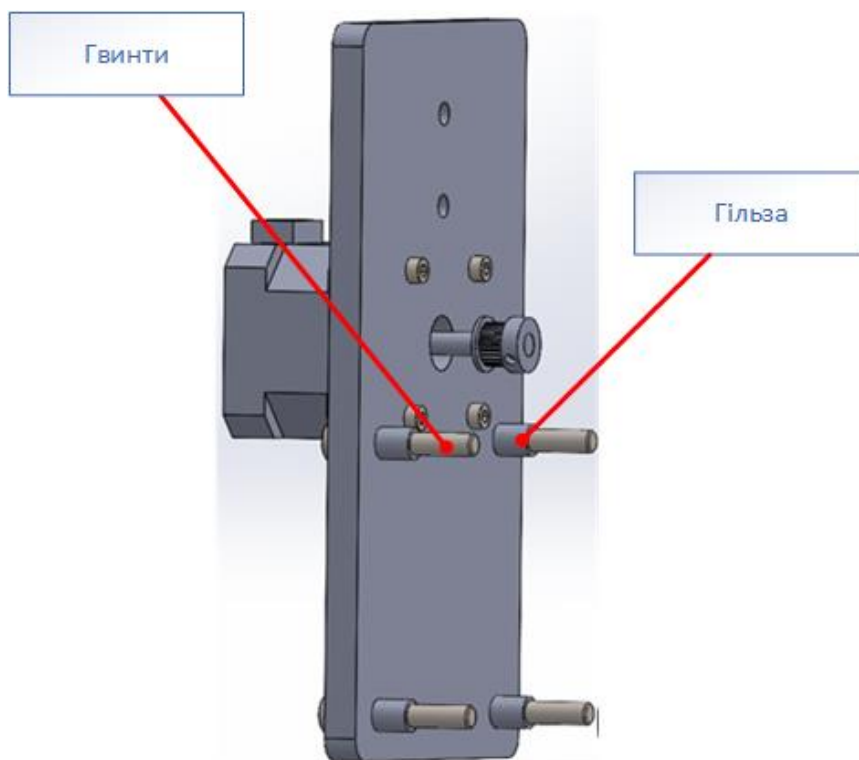


Рисунок 3.5 – Установка гільз

Далі встановлюємо підшипники з колесами (рис. 3.6.) та загвинчуємо гайками. Моторний вузол готовий.

					<i>TM19510103ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Рисунок 3.8 – З'єднання планок

Далі вставляємо у зазначені місця гвинти $L=50$ мм та загвинчуємо на них гільзи і встановлюємо колеса з підшипниками (рис. 3.9).

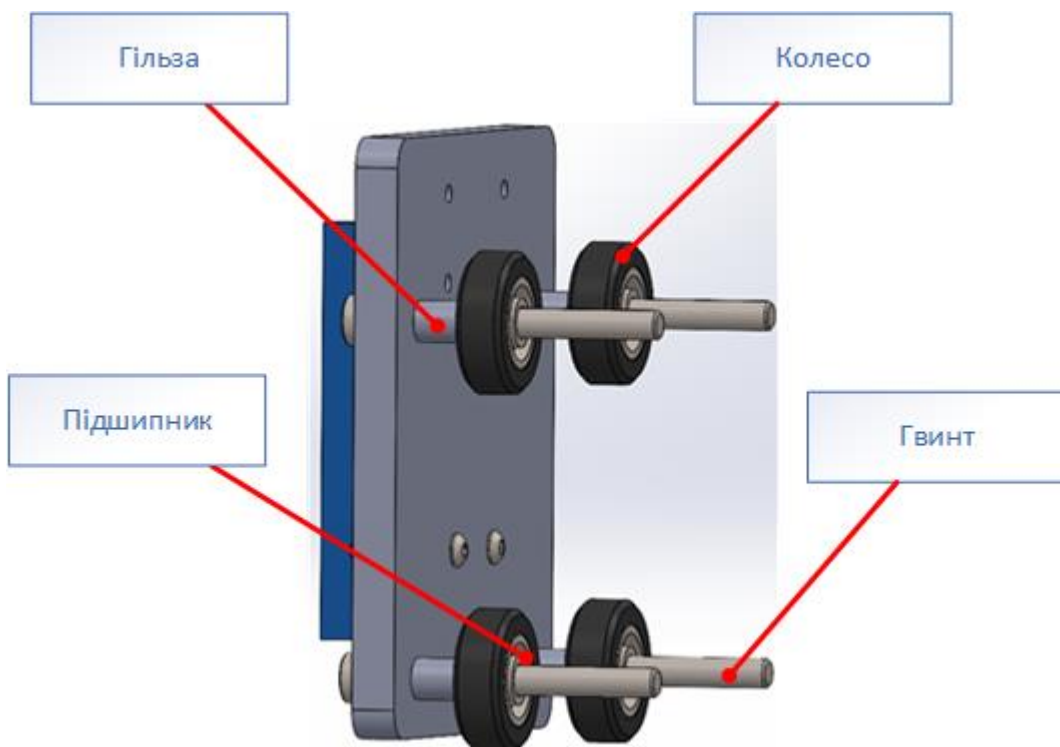


Рисунок 3.9 – Приєднання гільз з колесами

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

TM19510103ПЗ

Арк.

25

Далі на другу планку (яка доповнює першу), встановлюємо кроковий двигун, фіксуємо гвинтами, та встановлюємо муфту фіксуючи через отвір на ній за допомогою шестигранного ключа (рис. 3.10).

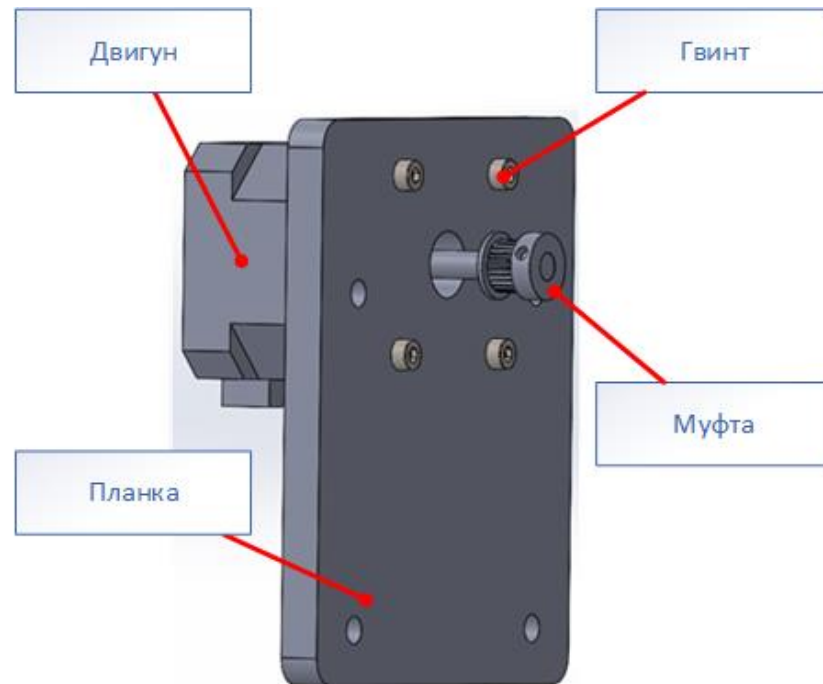


Рисунок 3.10 – складання другої планки

Тепер потрібно ці планки з'єднати. Після встановлення другої пари гільз на першу планку, встановлюємо на гвинти L=50 мм другу планку, та фіксуємо їх гайками (рис. 3.11).

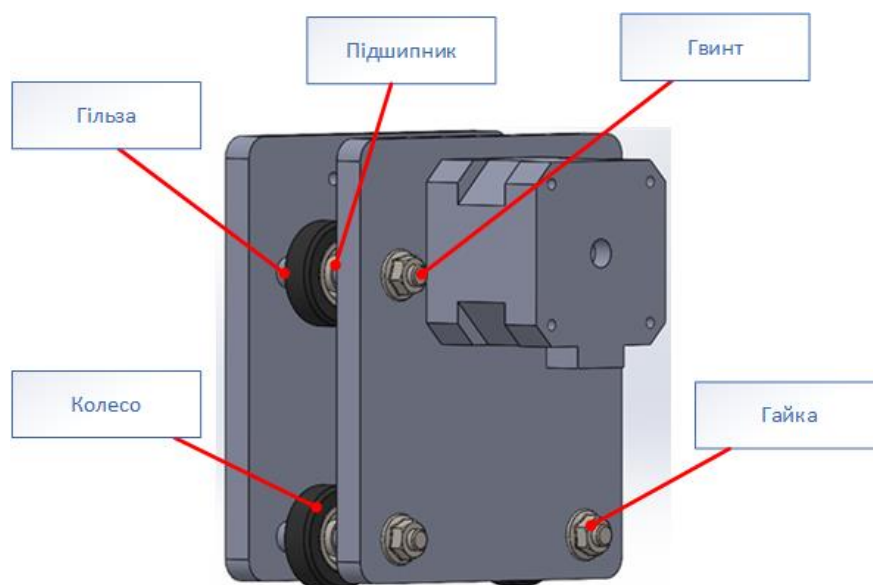


Рисунок 3.11 – з'єднання двох планок

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

TM19510103ПЗ

Арк.

26

Далі до планки синього кольору приєднуємо гвинтами опору для лазера (рис. 3.12).

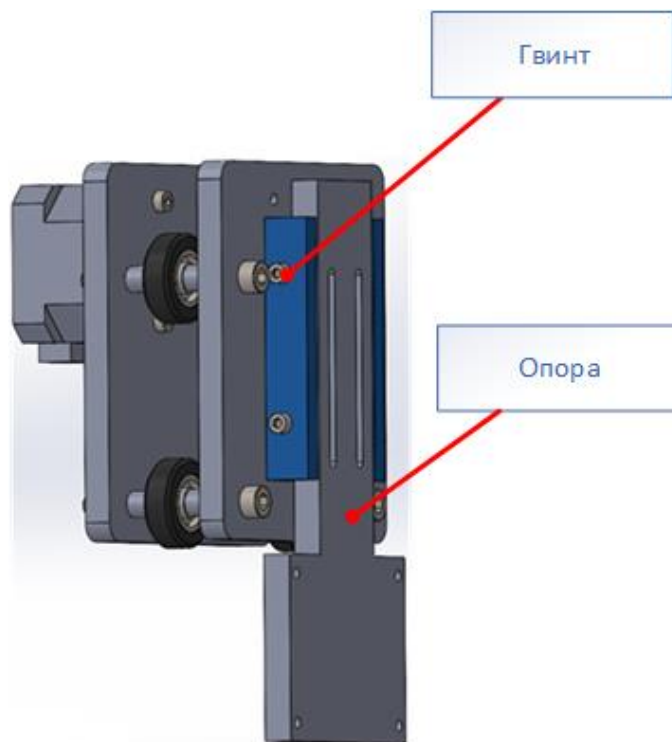


Рисунок 3.12 – приєднання опори для лазера

Потім приєднуємо для відведеного місця на опорі сам лазер, та фіксуємо його гвинтами (рис. 3.13).

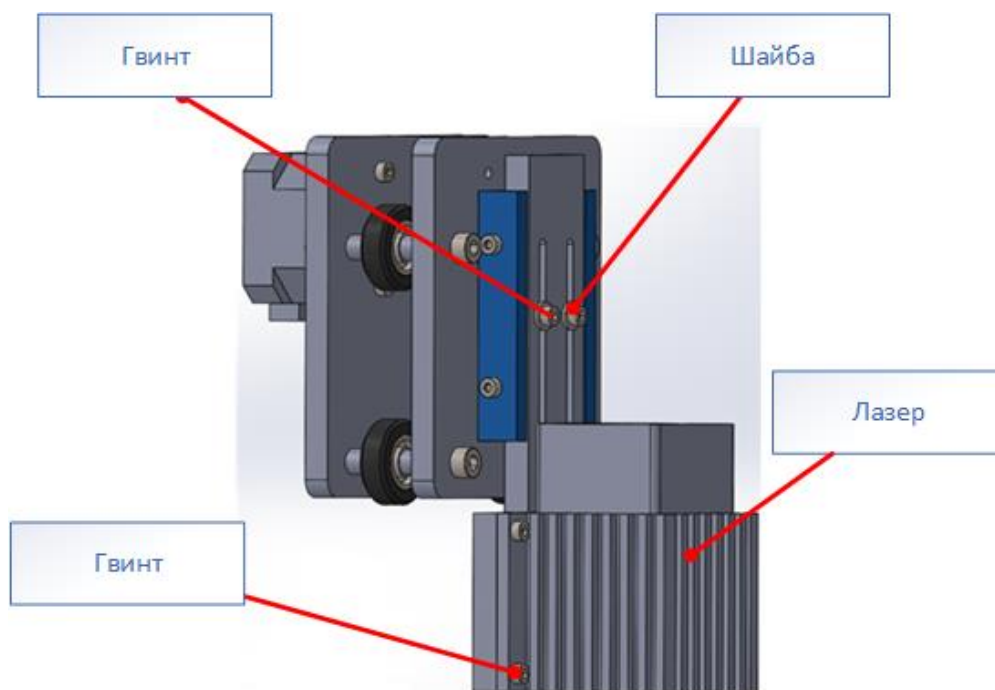


Рисунок 3.13 – Лазерний вузол у складанні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

TM19510103ПЗ

Арк.

27

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Характеристика і класифікація електромагнітних полів.

Нові технологічні процеси, які використовують електромагнітні (ЕМ) хвилі радіочастот, широко застосовуються в різних галузях народного господарства.

Розрізняють три діапазони радіочастот:

- ВЧ - високочастотні 100 кГц - 30 МГц.
- УВЧ - ультрависокочастотні 30 МГц - 300 МГц.
- НВЧ - надвисокочастотні 300 МГц - 300000 МГц.
- ВЧ - застосовуються при індукційній термообробці металів (паяння, гартування, плавлення), в радіозв'язку.

УВЧ - застосовуються в радіозв'язку, телебаченні, медицині, промисловості для високочастотного нагріву діелектриків, сушінні деревини.

НВЧ - у фізіотерапії, радіолокації, астрономії.

Джерелами ЕМП всіх перелічених вище частот можуть бути:

- неекрановані високочастотні елементи;
- індуктори, трансформатори, конденсатори;
- антенні системи;
- генератори і блоки НВЧ-приладів;
- високовольтні лінії електропередач;
- атмосферна електрика.

ЕМ поля характеризуються:

- векторами напруженості електричного поля E , В/м;
- векторами напруженості магнітного поля H , А/м.

Дія змінних електромагнітних полів на людину.

В електричному полі атоми і молекули людського тіла поляризуються, а полярні молекули (води), крім того, орієнтуються за напрямом силових ліній ЕМ поля. В електролітах (кров, міжклітинна рідина

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ19510103ПЗ

та ін.) після прикладення зовнішнього поля з'являються іонні струми. При цих явищах відбувається нагрівання біологічних тканин людини. Надмірне тепло організмом відводиться до певної межі. При інтенсивності ЕМ поля $I = 10 \text{ Вт/м}^2$, тобто при так званій тепловій межі підвищується температура тіла немовби зсередини, а рецептори, що враховують механізм терморегуляції, розміщені зовні тіла.

Таке нагрівання особливо небезпечне для тканин із слаборозвиненою судинною системою або з недостатнім кровообігом і недостатньо розвиненою системою терморегуляції (очі, мозок, нирки, сечовий міхур). Так, наприклад, опромінювання очей викликає помутніння кришталика (катаракту). Причому вона виникає не відразу, а через декілька днів або тижнів.

Крім того, відбувається також дія на нервову систему, склад крові, біохімічну активність білкових молекул.

Дія ЕМ полів на людину залежить від:

- 1 Напруженості складових полів.
- Інтенсивності потоку енергії.
- Частоти коливань.
- Локалізації на поверхні тіла.
- Часу.
- Відстані.
- Індивідуальних особливостей організму.

Нормування електромагнітних полів

Нормування здійснюється за ГОСТом 12.1.006-84 “Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля” з теплової дії.

Згідно з теорією ЕМ поля простір навколо джерела змінного електричного або магнітного полів ділиться на дві зони:

- 1) ближню зону (зону індукції) на відстані $R \leq \frac{\lambda}{6}$;

									Арк.
									31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

TM19510103ПЗ

2) дальню зону (зону випромінювання) на відстані $R > \frac{\lambda}{6}$,
де λ – довжина хвилі.

У зоні індукції ще не сформувалася електромагнітна біжуча хвиля, тому електричне і магнітне поля можна вважати незалежними одне від одного. Тому напруженість поля в цій зоні нормується за обома складовими ЕМ поля.

У зоні випромінювання поле характеризується вже сформованою хвилею, важливим параметром якої є щільність потоку енергії (ЩПЕ).

У діапазоні 300 мГц - 300 гГц нормується щільність потоку енергії ЩПЕ ($\text{Вт}/\text{м}^2$), оскільки зона індукції біля самого джерела (відстань R дуже мала). Гранично допустима щільність потоку енергії в діапазоні частот 300 мГц - 300 гГц у будь-якому випадку не повинна перевищувати $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Враховується також тривалість роботи з джерелом.

У діапазоні СВЧ 300 мГц - 300 гГц для осіб, не пов'язаних професійно з опромінюванням, і для населення щільність потоку енергії не повинна перевищувати $1 \text{ мВт}/\text{см}^2$.

Методи захисту

Ослаблення потужності ЕМ поля на робочому місці можна досягти:

- шляхом збільшення відстані від джерела;
- зменшенням потужності випромінювання генератора;
- установкою оточуючого або поглинаючого екранів між антеною і робочим місцем;
- вживанням ЗІЗ.

Вимірювання електромагнітних випромінювань.

Для вимірювання напруженості складових поля застосовують різні модифікації приладу ИЕМП-1, ИЕМП-2.

Прилад складається з підсилювального блока та набору антен для вимірювання складових поля.

					<i>TM19510103ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Для вимірювання електричної складової застосовують дипольну антену, а для вимірювання магнітної складової - рамкову антену.

Антену вносять в поле там, де потрібно виміряти його напруженість, змінюючи положення антени відносно силових ліній поля, досягають максимального значення стрілки на шкалі приладу.

Діапазон вимірюваних частот 50 Гц - 30 мГц за електричним полем, 100 кГц - 1,5 мГц за магнітним полем.

Для вимірювання щільності потоку потужності випромінювання в діапазоні СВЧ використовують вимірювач щільності потужності ПО-1, вимірювач малих потужностей ВІМ-1, ІММ-6.

Вимірювання інтенсивності НВЧ проводиться на робочому місці обслуговуючого персоналу і в місцях можливого його перебування, на рівні колін (0,5 м), рівні грудей (1,0 м), рівні голови (1,7 м) - три рази.

У протокол заносять середньоарифметичне значення для кожного рівня.

					<i>ТМ19510103ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

ВИСНОВКИ

- На основі сформульованого службового призначення запропонована та розроблена структурна схема лазерного верстата, що складається з трьох основних вузлів (базовий, моторний, лазерний);
- Розроблені технологічні схеми складання основних вузлів і верстата в цілому, на основі яких спроектовано маршрутний технологічний процес;
- Виконано 3D-модельовання деталей, на основі яких складено компонування верстата та розроблено покрокову анімацію процесу складання;
- Виконано складання верстата та здійснено його пуско-налагоджувальні операції;
- Проведено оброблення дослідної партії заготовок із деревини.

					<i>TM19510103ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Принцип работы лазерного гравировального станка [Электронный ресурс] // Веб-сайт компанії INFOLASER. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://infolaser.ru/stati/princip-raboty-lazernogo-gravirovalnogo-stanka/>
2. Возможности лазерного гравера [Электронный ресурс] // MIRSTANKOV.COM – Режим доступу до ресурсу: <https://mirstankov.com/uk/mozhливosti-lazernogo-so2-gravera/>.
3. Laser cutting / Technologies [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.microstep.eu/technologies/laser-cutting/>.
4. The future of laser cutting technology [Электронный ресурс] // 2020 – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ssclaser.co.uk/future-laser-cutting-technology/>.
5. Technological advances make laser machining more practical [Электронный ресурс] // cutting tool engineering. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ctemag.com/news/articles/technological-advances-make-laser-machining-more-practical>.
6. **Афонькин М.** Анализ технологических возможностей лазерно-гравировальных комплексов [Электронный ресурс] / М. Афонькин, Е. Лиронова, С. Горный. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.newlaser.ru/article/possibilities-of-lasers.php>.
7. **Мироненко А. А.** Сучасна інтеграція інформаційних технологій [Электронный ресурс] / А. А. Мироненко – Режим доступу до ресурсу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/11911/1/Мироненко.pdf>.
8. **Мосянович О.** Розробка програмного забезпечення сервера лазерного гравера з числовим програмним керуванням [Электронный ресурс] / О. Мосянович – Режим доступу до ресурсу: http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/53675/2/2019_Holik_T-Rozrobka_prohramnoho_zabezpechennia_186-188.pdf.
9. **Григоренко І. В.** Лазерний контроль якості виготовлення багатомірних об'єктів складної форми [Электронный ресурс] / І. В.

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

TM19510103ПЗ

Григоренко. – 2018. – Режим доступу до ресурсу:
http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/38768/1/MicroCAD_2018_Hryhorenko_Lazernyi_kontrol.pdf.

10. **Артеменко О. Р.** Конструктивні особливості систем вимірювання інструментів на верстатах з ЧПК [Електронний ресурс] / О. Р. Артеменко, Я. М. Колода, В. К. Андрійович. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2019/paper/viewPaper/17650>.

11. **Kleschev G.** реалізація методології метрологічних методів в кібер - інтегрованої інформаційно - вимірювальної системі [Електронний ресурс] / G. Kleschev – Режим доступу до ресурсу: 988-Текст%20статті-2290-1-10-20200803.pdf.

12. Вибір джерела лазерного випромінювання для цілей промислового очищення деталей авіаційної техніки [Електронний ресурс] / С. І. Планковський, Є. В. Цегельник, І. І. Головін, П. І. Мельничук. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: Nt_2014_4_21.pdf.

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ19510103ПЗ				

Додаток А

Креслення лазерного гравірувального верстата

Технічна характеристика верстата

1. Робоча площа, мм:	650x650
2. Переміщення рухомого модуля, мм:	650
вздовж осі X	650
вздовж осі Y	12
3. Робоча напруга, В:	5
4. Робочий струм, А:	5500
5. Потужність лазера, мВт:	0,01
6. Точність гравірування, мм:	800x800x25
7. Габаритні розміри, мм:	25
8. Маса, кг:	

Технічні вимоги

- * Розмір для вобівок
- Перед складанням посадочні отвори протерти
- Поверхні, які труться змазати ЦИАТИМ-202 зост 1100-75

50.00.00-10-00101561 ПЛ

ТМ 19510103-01-00.00 СБ

Лазерний гравірувальний верстат

ТМ 19510103-01-00.00 СБ

Лит. Масса Масштаб

Лит.	Масса	Масштаб
д		1:5

Лист 1 Листов 3

СумДУ, ТМ-71-9

Формат А3

Копіювал

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ТМ19510103ПЗ

Арк.

37

Додаток Б

Специфікація лазерного гравірувального верстата

Перв. примен.	Формат	Зона	Лаз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<i>Документация</i>		
Справ. №	A3			TM 19510103-01-00.00 СБ	Складальне креслення			
					<i>Сборочные единицы</i>			
				TM 19510103-01-01.00 СБ	Базовий вузол	1		
				TM 19510103-01-02.00 СБ	Моторний вузол	2		
			TM 19510103-01-03.00 СБ	Лазерний вузол	1			
Подп. и дата					<i>Стандартные изделия</i>			
		4	ISO - 4161 - M5 - N	Гвинт	12			
		18	ISO 15 RBB - 325 - 8,SI,NC,8_68	Підшипник	12			
		19	ISO 4762 M5 x 8 - 8N	Гвинт	8			
		20	ISO 4762 M3 x 8 - 8N	Гвинт	4			
		21	ISO 4762 M3 x 12 - 12N	Гвинт	18			
		22	ISO 4762 M5 x 20 - 20N	Гвинт	8			
		23	ISO 4762 M5 x 30 - 22N	Гвинт	8			
		24	ISO 4762 M5 x 50 - 22N	Гвинт	8			
		25	ISO 7380 - M3 x 12 - 12N	Гвинт	3			
	26	ISO 10669-3-N	Шайба	2				
Подп. и дата	TM 19510103-01.00.00 СБ							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Амелін			Лазерний гравірувальний верстат складальне креслення	Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Ступін						1
	Н.контр.					СумДУ, ТМ-71-9		
	Утв.							
<i>Копировал</i>						<i>Формат A4</i>		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

TM19510103ПЗ

Арк.

38

Продовження додатку В

Маршрутна карта складання лазерного верстата

ГОСТ 3118-82															Форма 1		
Дубль.	Взам.	Побл.													СумДУ 01188.851124	4	1
Розроб.	Линейн.	Служб.	СумДУ ТМ 19510103-01.00.00 СБ												СумДУ 10188.000001		
Провер.	Служб.		Лазерний верстат												дп	XX	XX
Н. контр.																	
№01	Код	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции.	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Гпа	Гшт.	
№02	Код	Ев	МД	ЕН	Н. раск.	КИМ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ							
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции.	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Гпа	Гшт.	
Б	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции.	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Гпа	Гшт.	
А03	XX	XX	XX	005	04.18 Комплектування						ЮП № 184.6-82						
Б04	XXXXXX	XXXX			Комплектувальний стіл	1	18446	211	1P	1	1	1	1	1	1	11	XX
05																	
А06	XX	XX	XX	010	8864 Слюсарно-складальна						ЮП № 184.7-82						
Б07	XXXXXX	XXXX			Складально-монтажний стіл	2	18466	211	1P	1	1	1	1	1	1	1,15	XX
К08	Одноричний профіль																
09	Подвійний профіль																
10	Кутник																
11	Втулка																
12	Гвинт ISO 4.762 M5x20																
13	Гвинт ISO 4.762 M5x8																
14																	
А15	XX	XX	XX	015	8864 Слюсарно-складальна						ЮП № 184.7-82						
Б16	XXXXXX	XXXX			Складально-монтажний стіл	2	18466	211	1P	1	1	1	1	1	-	12	XX
МК																	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ТМ19510103ПЗ

Арк.

43

Продовження додатку В

Маршрутна карта складання лазерного верстата

ГОСТ 3.1169-82										Форма 1 а						
МК	Дек.	Уч.	РМ	Опер.	Код. найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа					
											ЕН	ОП	КШД	КМ		
А	Код. найменування операції										КШД	КМ	Тшт.	Н. расх.		
Б	Код. найменування оброблення										ЕН	ОП	КМ			
К/М	Найменування деталі, с/б одиниці или материала										ОП	ЕН	КМ	Тшт.		
К01	Планка										ТМ 19510103-01-02.01 СБ					
02	Кроковий двигун										ТМ 19510103-01-02.02 СБ	XX	шт	1	1	XX
03	Муфта										ТМ 19510103-01-02.03 СБ	XX	шт	1	1	
04	Гвинт ISO 4 762 M3x12											XX	шт	1	1	
05	Гвинт ISO 4 762 M5x30											XX	шт	1	1	
06	Гільза										ТМ 19510103-01-02.04 СБ	XX	шт	1	1	
07	Гайка ISO 4 161 M5											XX	шт	1	1	
08	Підшипник ISO 15 RBB-325-8											XX	шт	1	1	
09	Колесо										ТМ 19510103-01-02.05 СБ	XX	шт	1	1	
10																
А11	XX	XX	XX	020	8864 Слюсарно-складальна	ЮП №1857-82										
Б12	XXX	XXX	XXX		Складально-монтажний стіл	2	18466	211	1P	1	1	1	1	1	XX	
К13	Планка										ТМ 19510103-01-03.01 СБ	XX	шт	1	1	
14	Планка										ТМ 19510103-01-03.02 СБ	XX	шт	1	1	
15	Гвинт ISO 7380 M3x12											XX	шт	1	1	XX
16	Гільза										ТМ 19510103-01-03.03 СБ	XX	шт	1	1	XX
17	Підшипник ISO 15 RBB-325-8											XX	шт	1	1	
18	Колесо										ТМ 19510103-01-02.05 СБ	XX	шт	1	1	
МК																

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ТМ19510103ПЗ

Арк.

44

Продовження додатку В

Маршрутна карта складання лазерного верстата

ГОСТ 3.118-82										Форма 1.8													
Дубль.	Взам.	Пашп.											СумДУ 01188.851124	3									
										СумДУ 10188.000001													
К/М	А	Б	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	ОП	Конт.	Тпз	Тшт.	Н. расх.	Обозначение документа			
																				Конт.	ЕН	КИ	Н. расх.
Наименование детали, её единицы или материала																							
Обозначение код																							
К01							Гільза	ТМ 19510103-01-03.04	СБ					XX	шт	1	1		XX				
02							Гайка ISO 4161 M5							XX	шт	1	1		XX				
03							Опора	ТМ 19510103-01-03.05	СБ					XX	шт	1	1		XX				
04							Гвинт ISO 4762 M3x8							XX	шт	1	1		XX				
05							Шайба ISO 10669-3-N							XX	шт	1	1		XX				
06							Гвинт ISO 4762 M3x12							XX	шт	1	1		XX				
07							Лазер	ТМ 19510103-01-03.06	СБ					XX	шт	1	1		XX				
08							Гвинт ISO 4762 M3x12							XX	шт	1	1		XX				
09							Муфта	ТМ 19510103-01-02.03	СБ					XX	шт	1	1		XX				
10							Кроковий двигун	ТМ 19510103-01-02.02	СБ					XX	шт	1	1		XX				
11							Планка	ТТМ 19510103-01-03.08	СБ					XX	шт	1	1		XX				
12																							
A13	XX	XX	XX	025			0200 Технічний контроль	ЮП № XXXX=XX															
B14	XXX	XXXX	XXXX				Виробничий стенд	2 18466 311 2P						1	1	1	2		XX				
15																							
A16	XX	XX	XX	030			8864 Слюсарно-складальна	ЮП №1857-82															
B17	XXX	XXXX	XXXX				Складально-монтажний стіл	2 18466 211 1P						1	1	1	1		XX				
МК																							

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ТМ19510103ПЗ

Арк.

45

Продовження додатку В

Маршрутна карта складання лазерного верстата

МК		ГОСТ 3.118-82										Форма 1 а			
		Цех	Чк.	РМ	Опер.	Код. найменування операції	СМ	Проф.	Р	УТ	КР	Обозначение документа		Конт.	Тшт.
К/М		Наименование детали, с/з единицы или материала			Обозначение код			ЕФ		ОП		ЕН		Н. расх.	
К01		Базовий вузол			ТМ 19510103-01-01.00 СБ						XX	шт	1	1	XX
02		Моторний вузол			ТМ 19510103-01-02.00 СБ						XX	шт	2	1	XX
А03		Лазерний вузол			ТМ 19510103-01-03.00 СБ						XX	шт	1	1	XX
04															
А05	XX XX XX 035	0200 Технічний контроль			ЮП № XXXX=XX										
Б06	XXXXXXXXXX	Виробувальний стенд			2 18466 311 2P						1	1	1	2	XX
07															
08															
09															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ТМ19510103ПЗ

Арк.

46