МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Кравцов Андрій Сергійович

УДК 681.7.069.24:62-4-023.721]:004.9](043.3)

АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ ФОКУСУВАННЯ ПРОМЕНІВ ЛАЗЕРНОГО СТАНКА З ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ

Спеціальність 6.051003– Приладобудування

Автореферат
бакалаврської роботи
на здобуття кваліфікації бакалавра з приладобудування

Миколаїв – 2019

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

Керівник: Старший викладач
Бєліков Олександр Євгенович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
Старший викладач кафедри АКІТ

Рецензент: канд. фіз.-мат. наук
Дворник Ольга Василівна,
ЧНУ ім. Петра Могили,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії

Консультант: к. т. н., доцент
Щербак Юрій Георгійович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
доцент кафедри екології Медичного інституту

Захист відбудеться «21» червня 2019 р. о 10^{00} на засіданні Державної екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2.407

З бакалаврською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили за посиланням http://chmnu.edu.ua

Автореферат оприлюднений «___» _____2019 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи визначається складністю формування зображення або контуру шляхом лазерного випалювання на поверхнях складної форми або матеріалах з помітною кривизною поверхні.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності лазерної обробки деталей, збільшення швидкості обробки, досягнення рівної і не обвугленої кромки оброблювальної деталі навіть на матеріалах, що характеризуються помітною кривизною поверхні.

Для досягнення мети в бакалаврській роботі поставлені та вирішені наступні **задачі:**

– підвищення ефективності лазерної обробки деталей,

– збільшення швидкості обробки за рахунок автоматизації процесу фокусування лазерного променя на поверхні матеріалу,

– досягнення рівної і не обвугленої кромки оброблювальної деталі навіть на матеріалах, що характеризуються помітною кривизною поверхні.

Використані методи: Використано метод побудови кінематичної схеми Core XY.

Об’єктом роботи є засоби підвищення якості лазерної обробки деталей складної форми.

Предметом роботи є система фокусування променів лазерного станка з програмним управлінням з використанням лазерного далекоміру.

Практичне значення даної бакалаврської кваліфікаційної роботи полягає у можливості застосування лазерного далекоміру з мікроконтролерним керуванням як засобу досягнення стабільної висоти робочого органу над поверхнею заготовки.

Апробація результатів бакалаврської роботи відбулася під час подання заявки на корисну модель під назвою «Установка для лазерної різки і

гравірування із системою автоматичного фокусування лазерного променю на поверхні оброблюваного матеріалу»

Дата одержання 26.04.2019 14:20:58

Номер заявки: u 2019 04584.

Структура та обсяг роботи. Бакалаврська кваліфікаційна робота складається із вступу, 3 розділів, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 77 сторінок, 43 рисунків, 5 таблиць та 36 посилань на літературні джерела.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** дано обґрунтування актуальності теми бакалаврської роботи, вказано її зв'язок із науковою програмою, сформульовано мету та завдання дослідження, вказано практичне значення отриманих результатів. Задача створення автоматизованої системи фокусування лазерних променів полягає в тому, щоб покращити результати лазерної обробки матеріалів зі складною формою поверхні.

У **першому розділі** бакалаврської роботи «**Автоматизація системи фокусування променів лазерного станка з програмним управлінням**» автором було опрацьовано технічну літературу, проведено патентний пошук, і розглянуто існуючі прототипи лазерних станків. Це дозволило зробити певні висновки щодо того, що наявні на ринку лазерні станки мають недолік, притаманний всім установкам для лазерної різки і гравірування, – залежність чистоти лінії розрізу і швидкості обробки від кривизни матеріалу деталі, неможливість автоматичного переміщення лазера відносно оброблювальної деталі для поміщення каустики лазерного променю в середину товщини деталі, якщо деталь має значні нерівності поверхні. Це призводить до значного збільшення часу обробки деталі. При складних нерівностях чи значному відхиленню площини деталі від положення каустики лазера, різання виконується розфокусованим, більш широким лазерним променем, що призводить до обвуглення кромки деталі і неефективного використання лазерної енергії.

У **другому розділі** дипломної роботи **«Автоматизація системи фокусування променів лазерного станка з програмним управлінням»** розроблено блок-схему алгоритму роботи приладу на основі поставлених задач і представлено на рисунку 1.

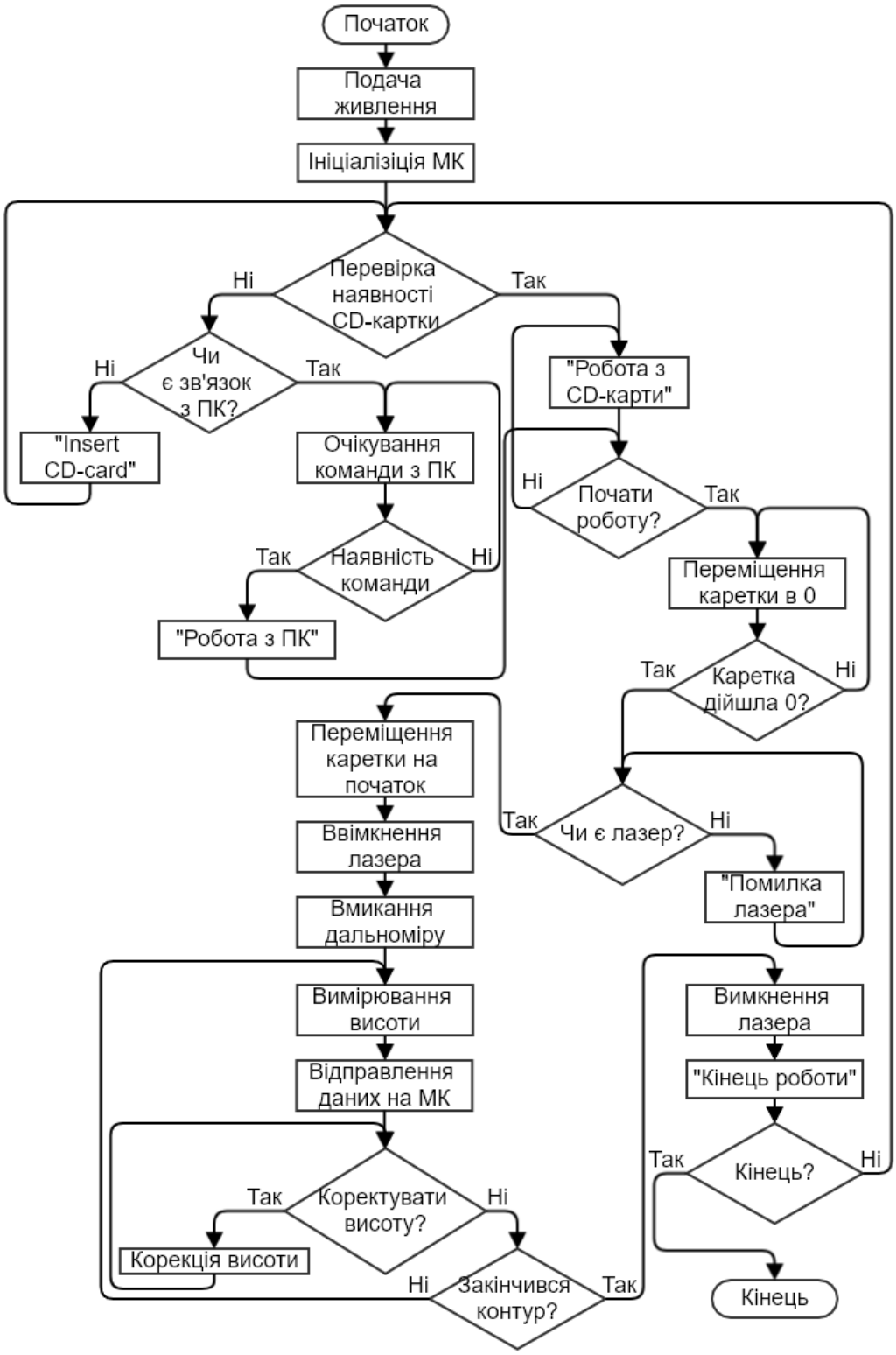

Рисунок 1 – Алгоритм роботи приладу

Конструкція приладу базується на конструкції 3D принтеру Re-D-Bot від NickRimmer. На рисунку 2 зображено загальний вигляд конструкції даного принтеру.

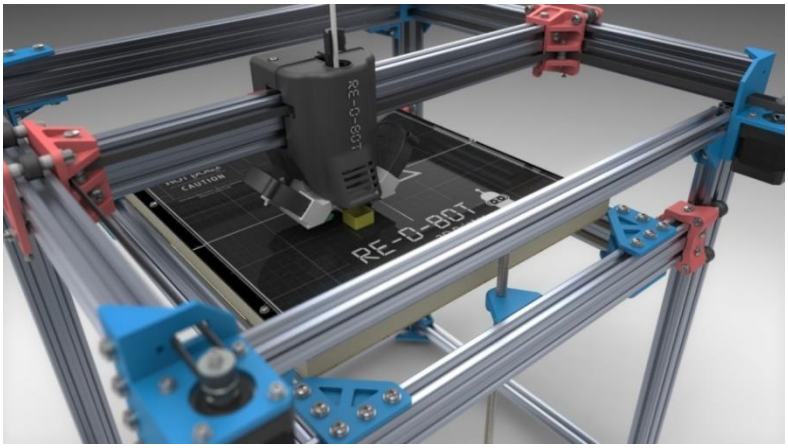

Рисунок 2 – Загальний вигляд 3D принтеру Re-D-Bot

Внесено значні зміни в конструкцію приладу. Основою є несуча рама з чотирьох алюмінієвих профілів 20×40 мм. Розміри рами становлять 900×600 мм, робоче поле при цьому має розміри 750×450 мм. Всі необхідні деталі виготовлялись методом пошарового друку на 3D принтері. Завдяки тому, що цей метод найдоступніший в умовах виготовлення приладу на базі кафедри, що дозволяє виготовляти деталі з високою швидкістю і точністю, дає можливість виготовити деталі будь-якої складності і форми. В якості матеріалу обрано пластик CoPET, який має характеристики, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики матеріалу CoPET

Густина, кг/м^3	1270
Температура розм’якшення, °C	62
Твердість, Мпа	8
Стійкість до згинання, кількість разів	20
Міцність на розтяг, Мпа	50
Відносне видовження при розриві, %	24
Модуль пружності при розтягуванні, МПа	1920

Модуль пружності при згині, МПа	1980
Міцність на згин, Мпа	76
Ударна в’язкість без надріза по Шарпі (23°C), кДж/м^2	∞

Саме цей пластик було обрано для виготовлення деталей з декількох причин: CoPET має найбільшу міцність на розтяг і згин серед доступних видів пластику, досить високий модуль пружності на розтяг і згин, має високу ударну в’язкість і достатній для задач дипломної роботи температурний діапазон.

Першою думкою було створити лазерний станок за аналогією до існуючих лазерних станків (див. пункт 1.7. Огляд характеристик портативних лазерних гравірувальників). Кінематична схема таких установок має назву XY Head. Принцип роботи даної кінематики простий і інтуїтивно зрозумілий. Недоліком такої кінематичної схеми є велика кількість кріплень, які всі потрібно тримати налаштованими, і які мають властивість поступово ослаблятись. За рух каретки по осі X відповідають 2 двигуни, а по осі Y один. Було спроектовано в середовищі 3Д моделювання Onshape модель з даною кінематикою. Загальний вигляд якої зображено на рисунку 3.

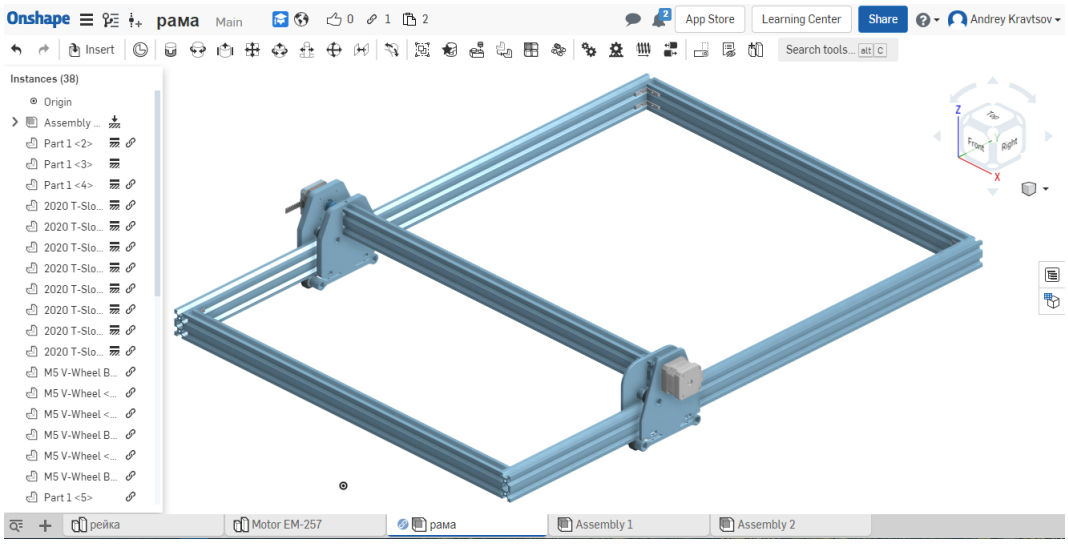

Рисунок 3 – модель прототипу станка

Під наявну модель було спроектовано каретки, які складалися з двох пластин, з посадочними місцями під колеса. Варіант частини такої каретки зображено на рисунку 4.

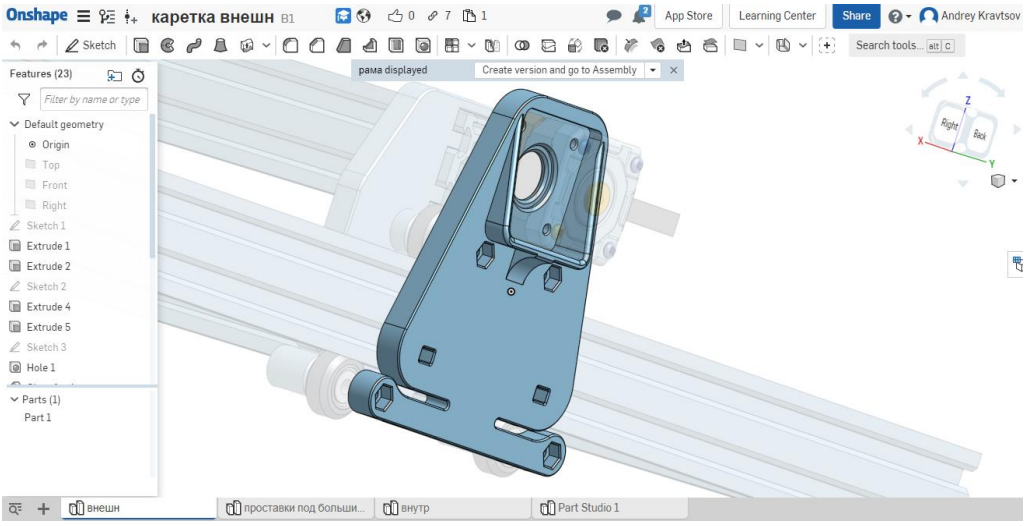

Рисунок 4 – Зовнішня половина каретки

Після аналізу недоліків даної схеми, а саме: висока кількість кріплень, необхідність двигунам виконувати роботу по переносу власної маси, необхідність використання двох двигунів по осі X, складність налаштування синхронізації двигунів, слабка жорсткість конструкції, було зроблено висновок про недоцільність використання даної методики побудови майбутнього станка. Було переглянуто деякі додаткові варіанти кінематичних схем.

Однією з таких схем є кінематика H-bot. Конструкція передбачає всього один довгий ремінь і не вимагає наявності рухомих моторів. При кінематиці H-bot краще використовувати армований ремінь – ніяких проблем з регулюванням натягу. Головне – жорсткість конструкції. Інакше лазер буде вирізати не кола, а овали.

Основна проблема H-bot криється в тому, що кран-балка приводиться в рух одним ременем, при цьому зусилля прикладається лише до одного з кінців кран-балки що призводить до посиленого зносу у жорстких конструкціях і до перекосу балки при недостатньо жорсткому конструктиві кінематики.

У своїй дипломній роботі я використав схему кінематики CoreXY, яка має перевагу над кінематикою XY Head в тому, що двигуни знаходяться в стаціонарному положені, і їм не потрібно виконувати роботу по переносу власної маси, і як наслідок, двигуни можуть бути меншої потужності. Завдяки такій схемі руху підвищується ефективність роботи. Обертання обох двигунів в одному напрямку призводить до горизонтального руху. Обертання обох двигунів в протилежних напрямках призводить до вертикального руху. Також перевагою кінематики CoreXY є використання меншої кількості кріплень і простіший процес налаштування.

В ході роботи над концепцією проектованого приладу було виконано завдання поставлені в першому розділі. А саме: спроектовано і сконструйовано установку для лазерного гравірування на основі лазерного діода з такими конструкційними і технічними параметрами:

– можливість установки в невеликому нежитловому приміщені;

– робоче поле площею 0.34 м2;

– можливість прорізати тканини, шкіру, картон, пластик, фанеру товщиною 3 мм;

– можливість залишати видимий слід від гравірування на дереві, фанері, пластику, шкірі;

– можливість керування установкою з використанням мікроконтролера;

– забезпечено безпеку при роботі від виділення шкідливих газів і відображеного лазерного променю;

– забезпечено безперервну автономну роботу від завантаження програми з потрібним зображенням/контуром до готової деталі/заготовки;

– забезпечено такі масо-габаритні розміри, щоб установку могла транспортувати одна людина;

– живлення від мережі змінного струму 220В 50Гц;

– забезпечено можливість автоматичного фокусування променю на заготовці для гравірування/різки поверхонь складної форми.

В ході роботи виконано такі завдання:

– спроектовано функціональну блок-схему;

– обрано механічну схему побудови приладу;

– обрано функціональні блоки згідно до поставлених задач;

– спроектовано конструкцію приладу в середовищі моделювання Onshape;

– виготовлено спроектовані деталі шляхом друку на 3D принтері

– виконано зборку механічної конструкції приладу;

– складено алгоритм роботи приладу, налаштована згідно алгоритму робоча програма;

– складено електричну принципову схему, і виконано електротехнічний монтаж електронних компонентів приладу відповідно до схеми;

– запрограмовано МК.

У **третьому розділі** бакалаврської роботи **«Автоматизація системи фокусування променів лазерного станка з програмним управлінням»** розглянуто питання охорони праці на робочих місцях в приміщені аудиторії 2-501 Чорноморського національного університету імені Петра Могили, виконано інтегральну оцінку умов праці та розглянуто шляхи покращення умов праці відповідно до наявних шкідливих факторів виробництва, пов’язаних з використанням лазерного випромінювання для технічних засобів виробництва, зокрема, в лазерному станку з програмним управлінням, для якого розробляється автоматична система фокусування променів.

Для розміщення експериментальної установки лазерного станка було обрано приміщення лабораторії 2-501 Чорноморського національного університету імені Петра Могили. Було проведено аналіз факторів виробничого середовища та трудового процесу в обраному виробничому

приміщенні. Виконано розрахунок спліт-системи кондиціонування і підбір параметрів даної системи.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної дипломної роботи: автором було опрацьовано технічну літературу, проведено патентний пошук, і розглянуто існуючі прототипи лазерних станків. Це дозволило зробити певні висновки щодо того, що наявні на ринку лазерні станки мають недолік, притаманний всім установкам для лазерної різки і гравірування, – залежність чистоти лінії розрізу і швидкості обробки від кривизни матеріалу деталі, неможливість автоматичного переміщення лазера відносно оброблювальної деталі для поміщення каустики лазерного променю в середину товщини деталі, якщо деталь має значні нерівності поверхні. Це призводить до значного збільшення часу обробки деталі. При складних нерівностях чи значному відхиленню площини деталі від положення каустики лазера, різання виконується розфокусованим, більш широким лазерним променем, що призводить до обвуглення кромки деталі і неефективного використання лазерної енергії.

Завданням даної роботи є підвищення ефективності лазерної обробки деталей, збільшення швидкості обробки за рахунок автоматизації процесу фокусування лазерного променя на поверхні матеріалу, досягнення рівної і не обвугленої кромки оброблювальної деталі навіть на матеріалах, що характеризуються помітною кривизною поверхні. Наприклад, криві заготовки, ступінчаті заготовки, заготовки складної форми.

Завдання можна реалізувати завдяки використанню лазерного далекоміру з мікроконтролерним керуванням. Лазерний далекомір вимірює відстань до деталі, яку мікроконтролер зберігає постійною незалежно від форми деталі за допомогою двигуна осі висоти , який переміщує каретку з лазером на необхідну висоту, виміряну один раз при налаштуванні установки.

АНОТАЦІЯ

Кравцов А. С. Автоматизація системи фокусування променів лазерного станка з програмним управлінням – Кваліфікаційна робота бакалавра зі спеціальності 6.050103 Приладобудування. Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2019.

Підвищення ефективності лазерної обробки деталей, збільшення швидкості обробки, досягнення рівної і не обвугленої кромки оброблювальної деталі навіть на матеріалах, що характеризуються помітною кривизною поверхні. Пояснювальна записка бакалаврської роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання і додатків.

У вступі визначається актуальність теми, поставленні задачі, які заплановано вирішити для досягнення мети. У першому розділі було опрацьовано технічну літературу, проведено патентний пошук, і розглянуто існуючі прототипи лазерних станків. Це дозволило зробити певні висновки щодо того, що наявні на ринку лазерні станки мають недолік, притаманний всім установкам для лазерної різки і гравірування, – залежність чистоти лінії розрізу і швидкості обробки від кривизни матеріалу деталі. У другому розділі розроблено функціональну схему також по ній було обрано та проаналізовано основні блоки. Створено алгоритм роботи приладу та програми. У третьому розділі проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів, які супроводжують роботу працівника. Виконано розрахунок спліт-системи кондиціонування. У висновках наводяться підсумки проведеної роботи та основні переваги розробленої автоматизованої системи перед аналогами.

Бакалаврська робота містить 77 с. (без додатків), 43 рис., 5 табл., 36 джерел посилання та 1 додаток.

Ключові слова: Лазер, Автоматизація, Далекомір, Станок.

ABSTRACT

Kravtsov A. S. Automation of the system of laser beam laser focusing with software control – Qualification work of the bachelor in specialty 6.050103 Instrument-making. The Black Sea National University named after Petro Mohyla, 2019.

Increasing the efficiency of laser machining of parts, increasing the speed of processing, achieving an even and non-carbonated edge of the workpiece, even on materials that are characterized by a noticeable curvature of the surface. Explanatory note of bachelor work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of sources of references and applications.

The introduction determines the relevance of the topic, the task, which is scheduled to be solved to achieve the goal. In the first section, the technical literature was processed, a patent search was carried out, and existing prototypes of laser machines were considered. This made it possible to draw some conclusions about the fact that the laser machines available in the market have a disadvantage inherent in all installations for laser cutting and engraving - the dependence of the cleanness of the cutting line and the speed of processing on the curvature of the material of the part. In the second section a functional scheme was developed and the main blocks were selected and analyzed on it. The algorithm of the device and program is created. The third section analyzes a system of measures and means to prevent the adverse effects on the person of the adverse factors that accompany the work of the employee.

Calculated split-conditioning system. The conclusions give the results of the work performed and the main advantages of the developed automated system before the analogues.

Bachelor work contains 77 p. (without appendices), 43 figures, 5 tables, 36 sources of reference and 1 appendix.

Keywords: Laser, Automation, Rangefinder, Machine.