

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

Трунов Юрій Миколайович

УДК 621.9.02

«ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З  
ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ ЛАЗЕРНИМ РОЗКРОЄМ ТА ЗГИНАННЯМ»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Реферат випускної роботи магістра

Дніпро, 2018 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Лазерне різання та гнуття металів успішно використовується в різних галузях промисловості і продовжує розвиватися. Основними напрямками розвитку лазерного різання та гнуття, являється підвищення ефективності і досягнень високих показників якості. Для лазерної обробки найбільш значущими факторами являються – низька шорсткість поверхонь різу, прямих та паралельних стінок різу, малої зони термічного впливу і т.д.

При гнутті для отримання якісного виробу з усіма задовольняючими геометричними параметрами, в обладнанні передбачена система так званого бомбування (антипрогину) заготовки з системою компенсації прогину.

**Мета та задачі дослідження.** Підвищення ефективності типових технологічних процесів розкрою листового прокату та його гнуття за рахунок оптимального планування траєкторії руху лазерного променя і керування процесом гнуття листового металу.

Для дослідження поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1 Провести аналіз відомих даних про системи лазерно-технологічних комплексів та сучасних видів гнуття листового прокату.
- 2 Провести комплекс експериментальних досліджень і виробити практичні рекомендації щодо використання запропонованого методу оптимізації планування траєкторії руху лазерного променя і керування процесом гнуття листового металу

**Об’єкт дослідження** – типові технологічні процеси лазерного розкрою і формування виробів із листового прокату.

**Предмет дослідження** – методи моделювання й оптимізації лазерного розкрою і керування процесом гнуття листового металу.

**Методи, методики та технології** – комп’ютерне моделювання і симуляція технологій виробництва деталей із листового матеріалу, методики та технології натурального і віртуального технологічного експерименту.

**Новизна технологій** виготовлення деталей роликів конвеєрів з листового матеріалу лазерним розкромом і гнуттям, полягає в оптимізації траєкторій руху лазера за допомогою програмного забезпечення “ArtCAM”, та керування процесом гнуття листового металу.

**В вступі** розкрито актуальність задачі лазерного різання та процесу гнуття металів в машинобудуванні, одним із завдань, що постають при проектуванні технологічних процесів, є мінімізація часу обробки з метою зниження собівартості виробу.

**В аналітичній частині** було проведено аналіз потреб ринку в рольгангах (табл. 1)

Таблиця 1 - Аналіз переваг виготовлення виробу

Компанія	Виріб	Переваги	Ілюстрація виробу
 <b>ФОРСТОР</b>	Привідний роликівий конвеєр	- Привід груп роликів конвеєра здійснюється за допомогою пасової або ланцюгової передачі, для переміщення вантажів великої маси застосовується схема з індивідуальним приводом кожного ролика.	
	Привідний роликівий конвеєр	- На роботу роликів не впливає тертя, тому енерговитрати мінімальні. - Ролики легко замінюються, якщо пошкоджені. Підшипники добре змащені і не потрібно додаткових профілактик і обслуговування. - Рольганг - найекономічніший тип транспортера.	
	Привідний роликівий конвеєр	- Власне обладнання. - Висококваліфіковані фахівці. - Власне бюро з проектування. - Висока швидкість. - Продуманість до дрібниць.	

який виявив основні їх різновиди та основних виробників провідних роликівих конвеєрів в Україні.

**Основні різновиди рольгангів:**

1. *Рольганг без приводу*, (рис. 1).



Рисунок 1 - Роликовий конвеєр без приводу

2. Рольганг з приводом, (рис. 2)

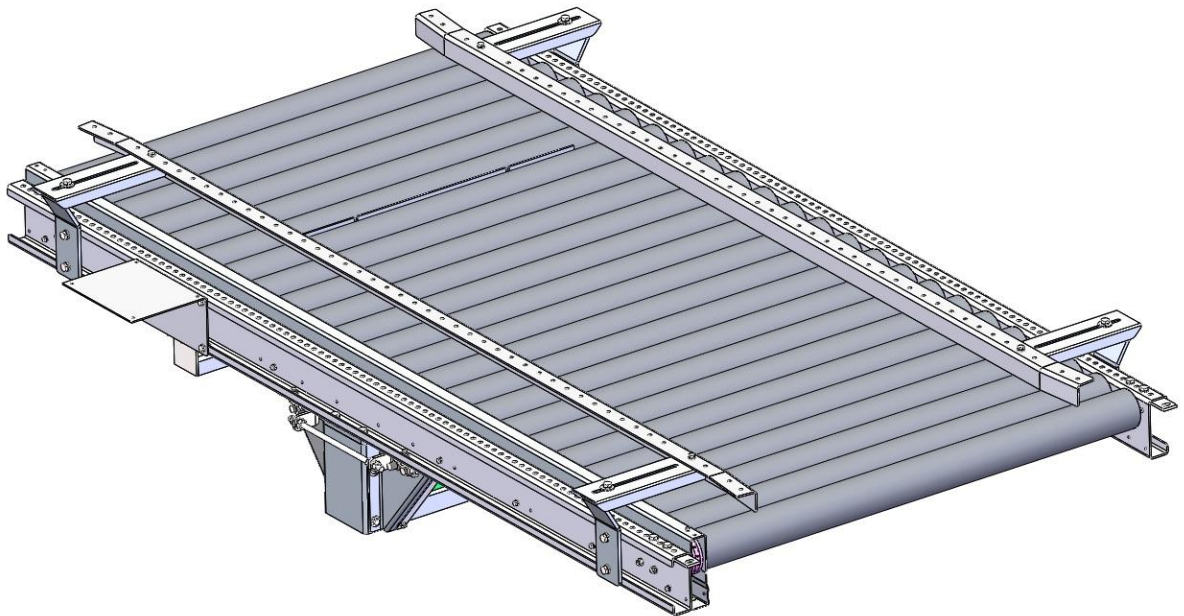


Рисунок 2 - Привідний роликовий конвеєр

3. Поворотні рольганги, (рис. 3).



Рисунок 3 - Поворотний роликівий конвеєр

Огляд існуючих даних про системи лазерно-технологічних комплексів та сучасних видів гнуття показують, що при вирішенні різних завдань розкрою та гнуття листового матеріалу, ефективність виготовлення деталей визначають різні фактори: продуктивність, обслуговування устаткування і собівартості в цілому.

Залежність швидкості лазерного різання і витрати ріжучого газу від товщини заготовки для випадків використання газового лазера з потужністю 5 кВт і твердотільного лазера з потужністю 3 кВт показана на діаграмі (рис. 4).

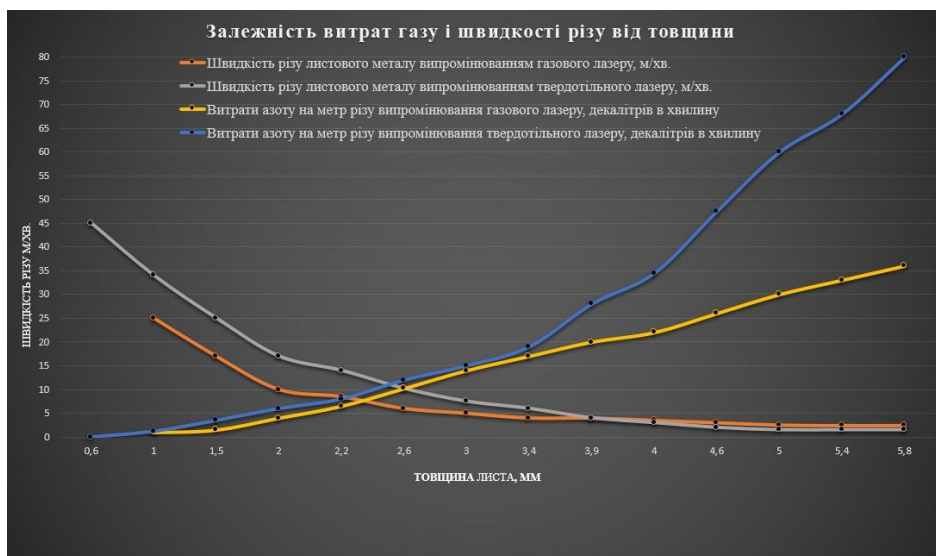


Рисунок 4 - Діаграма залежності витрат газу і швидкості різання від товщини

Співвідношення значущості різних основних статей експлуатаційних витрат при виконанні розкрою вуглецевої і нержавіючої листової сталі з використанням систем лазерного різання з газовим лазером і твердотілим лазером, що мають однакову вартість і працюють при оптимальному для конкретного завдання рівнем потужності, проілюстровано наведеними діаграмами (рис. 5, 6).

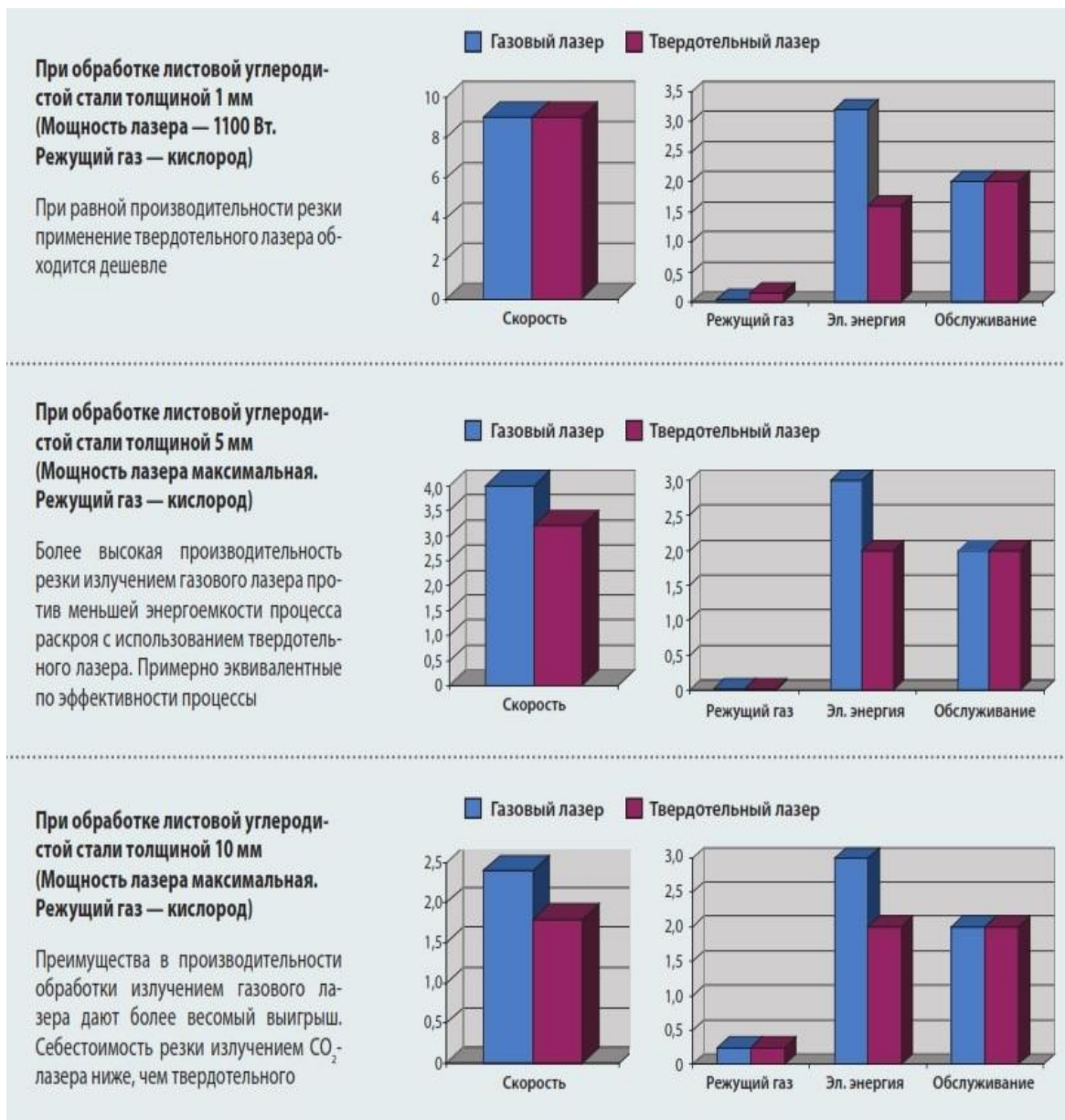


Рисунок 5 - Діаграми співвідношень значущості різних основних статей експлуатаційних витрат при обробці вуглецевої листової сталі



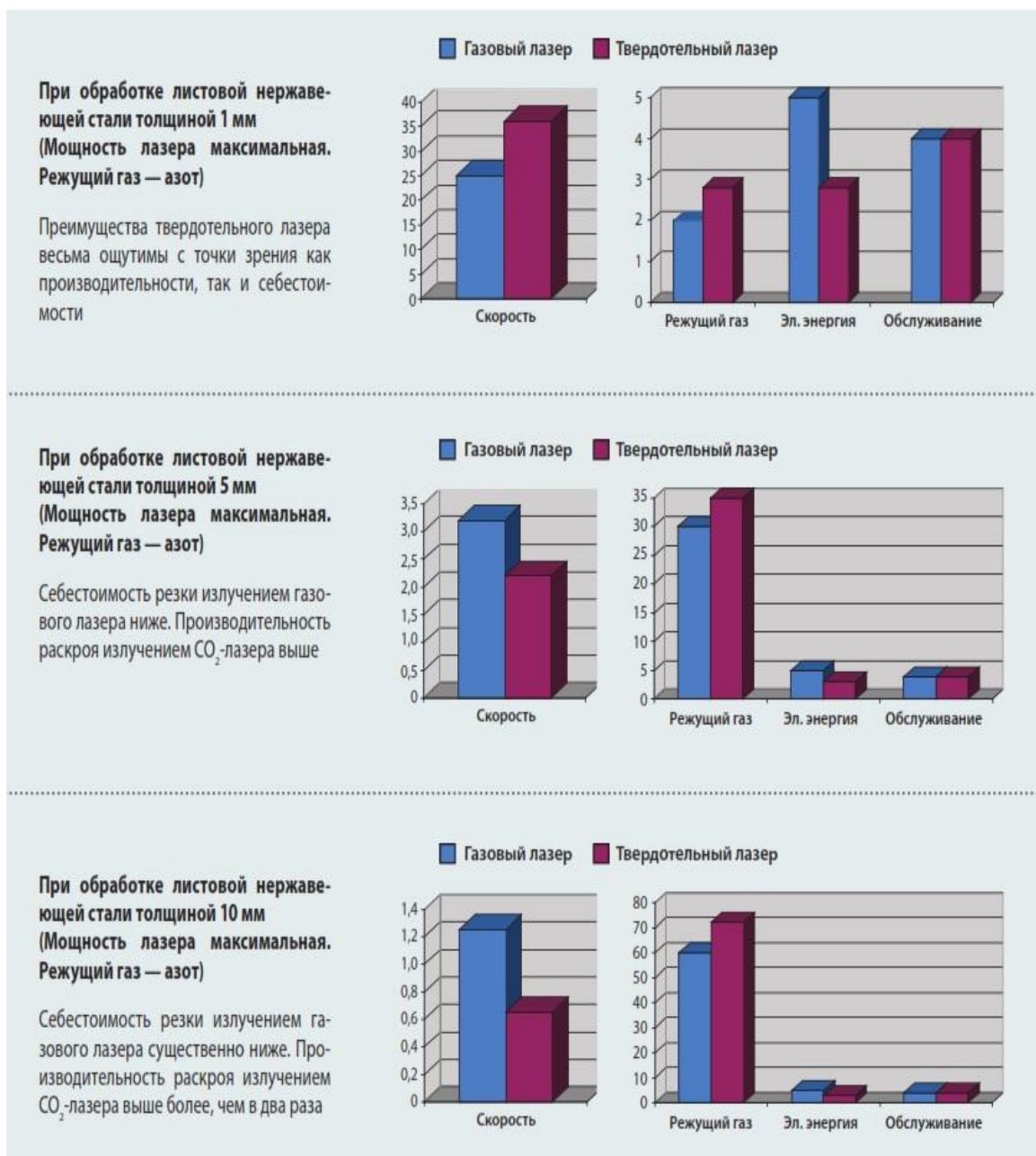


Рисунок 6 - Диаграммы співвідношень значущості різних основних статей експлуатаційних витрат при обробці нержавіючої листової сталі

У промисловості найбільш широко застосовуються лазери наступних типів:

1. Газові лазери (рис. 7).



Рисунок 7 – CO<sub>2</sub>-лазери зі швидким прокачуванням

2. Твердотільні лазери, (рис.8).



Рисунок 8 – Волоконний лазер

Сучасні види гнуття листа:

1. Процес гнуття листа по матриці (Bottoming), (рис. 9).



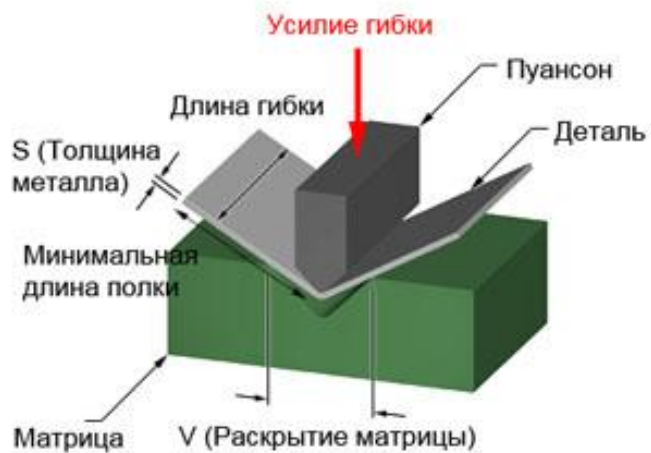


Рисунок 9 - Схема гнуща заготовки по матриці

2. Термін Folding застосовується для гнуща поворотною балкою (рис. 10).

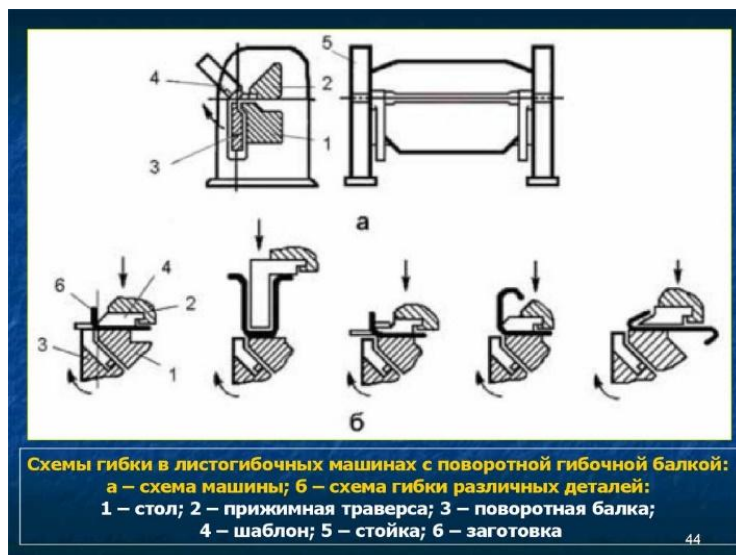


Рисунок 10 - Схема гнуща заготовки поворотною балкою

3. Гнуща ковзанням (Wiping), (рис. 11)

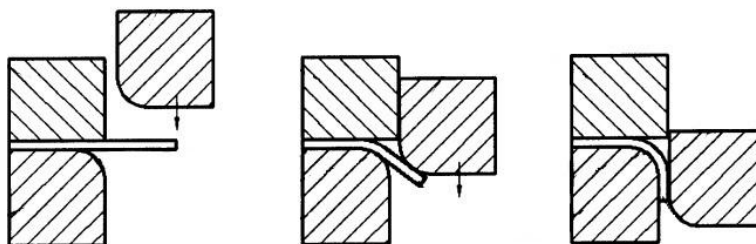


Рисунок 11 - Схема гнуща заготовки ковзанням

4. Карбування або штампування (Coining), (рис. 12).

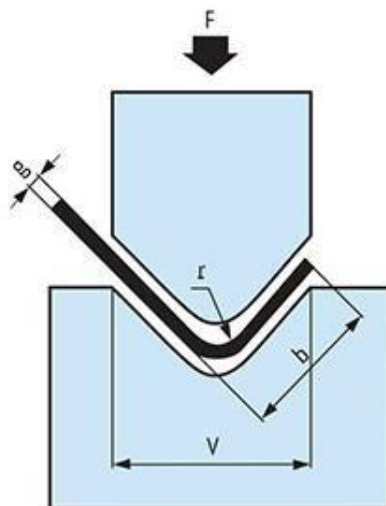


Рисунок 12 - Схема карбування (штампування) заготовки

Проведено порівняння лазерного розкрою листового матеріалу з координатно-пробивним пресом, визначені переваги і недоліки цих способів, (табл. 2).

Таблиця 2 - Переваги та недоліки методів обробки листового металу

Переваги лазерного різання:	Переваги координатно-пробивних пресів:
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Немає необхідності в інструменті.</li> <li>– Простота і висока швидкість переналадки.</li> <li>– Обробка складних контурів.</li> <li>– Мінімальні витрати матеріалу.</li> <li>– Вузький різ.</li> <li>– Можливість реалізації оптимального розкрою.</li> <li>– Різання важкооброблювальних листів.</li> <li>– Малі мікронерівності.</li> <li>– Низький шум.</li> <li>– Відсутність деформацій.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Висока продуктивність і низька ціна.</li> <li>– Ефективні при великих и середніх програмах випуска деталей.</li> <li>– Низькі початкові інвестиції.</li> <li>– Можливість виконання формуючих операцій.</li> </ul>
Недоліки лазерного різання:	Недоліки координатно-пробивних пресів:
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Повільна робота.</li> <li>– Великі початкові інвестиції.</li> <li>– Велика витрата енергії.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Великі витрати на інструмент.</li> <li>– Знос інструменту.</li> <li>– Відносно великий час пуско-налагоджувальних робіт.</li> <li>– Сильний шум</li> </ul>

Висновок: для зменшення собівартості виготовлення та зниження гранично допустимої концентрації шкідливих речовин вдосконалити траєкторію руху лазерного променя.

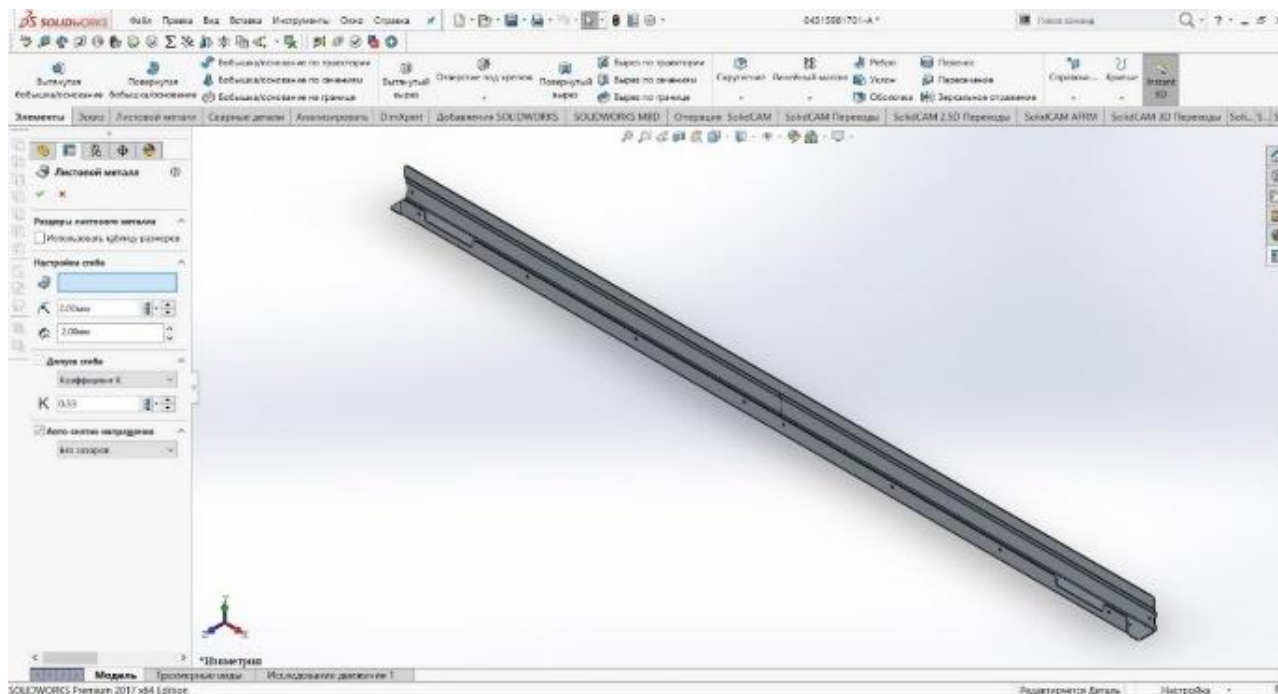
**В основній частині** проведений комплекс експериментальних досліджень і запропоновані практичні рекомендації щодо використання проектного методу оптимізації планування траєкторії руху лазерного променя і керування процесом гнуття листового металу.

Процес програмування (рис. 13) заключає в собі декілька етапів.

На першому етапі була розроблена 3D модель деталі кронштейн з урахуванням коефіцієнта, що визначає положення нейтрального шару при гнутті в програмному забезпеченні «Solidworks»

На другому етапі проводилось імпортування моделі програмним забезпеченням «Solidworks» розкрою листового металу в DWG-файл для подальшого перетворення векторного зображення в машинний (G,M – код) за допомогою програмного забезпечення «ArtCAM».

На третьому етапі за допомогою програмного забезпечення «ArtCAM» був проведений аналіз планування траєкторії руху базового варіанту обробки та проектного.



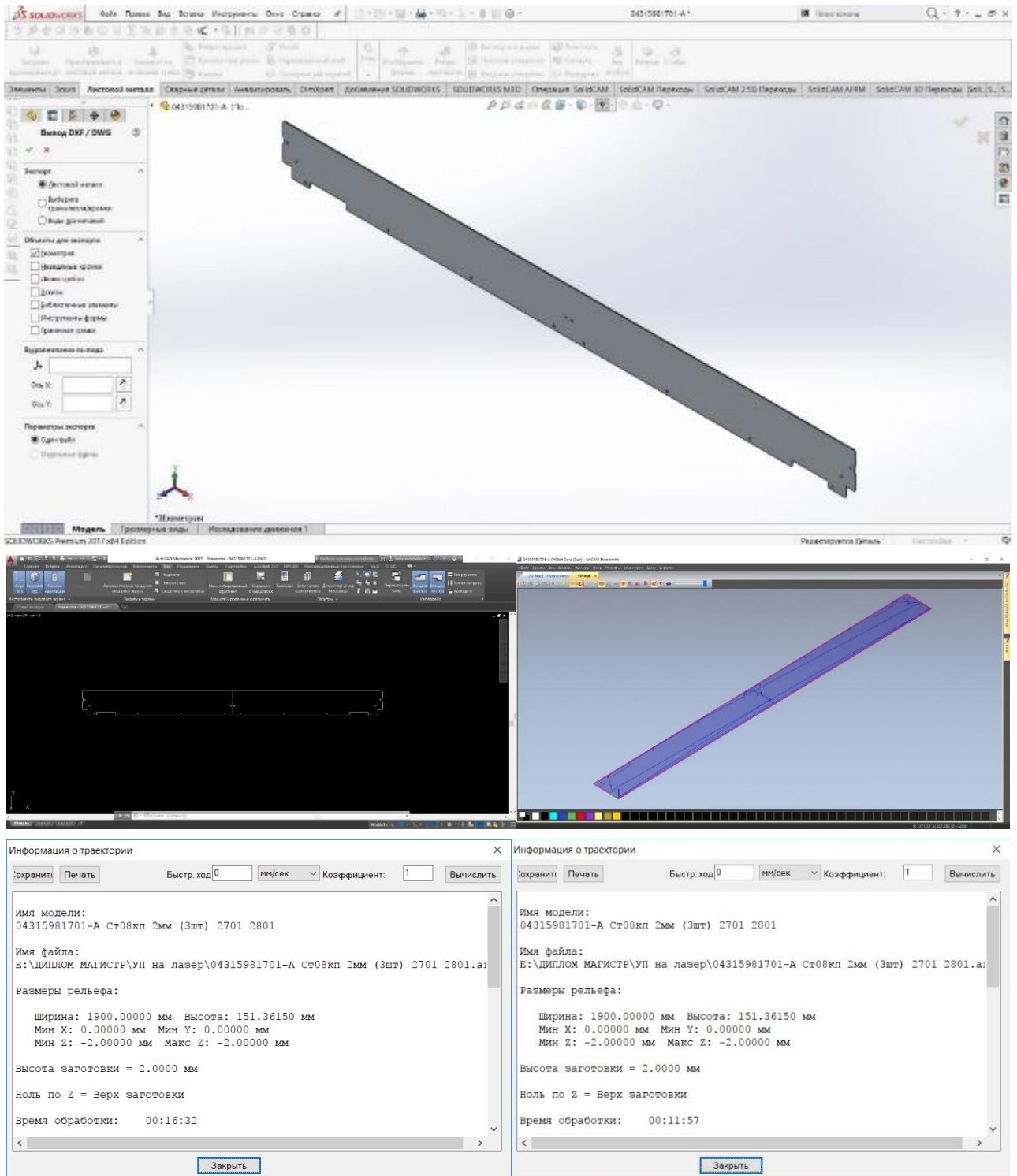


Рисунок 13 – Процес програмування

Керування процесом гнуття листового металу.

Система ЧПК листозгинального верстата ERMAKSAN забезпечена необхідною базою даних, (рис. 14) для проведення автоматизації розрахунку.



Рисунок 14 – Необхідні значення для розрахунку

Необхідне зусилля згинання листа залежить в першу чергу від марки матеріалу та її фізико-механічних властивостей, від ширини та товщини листа, радіусу кута, якого необхідно досягти, мінімального кута листової заготовки і т.д. Таким чином при введенні всіх даних (рис. 12) розрахунок проводиться в автоматичному режимі.

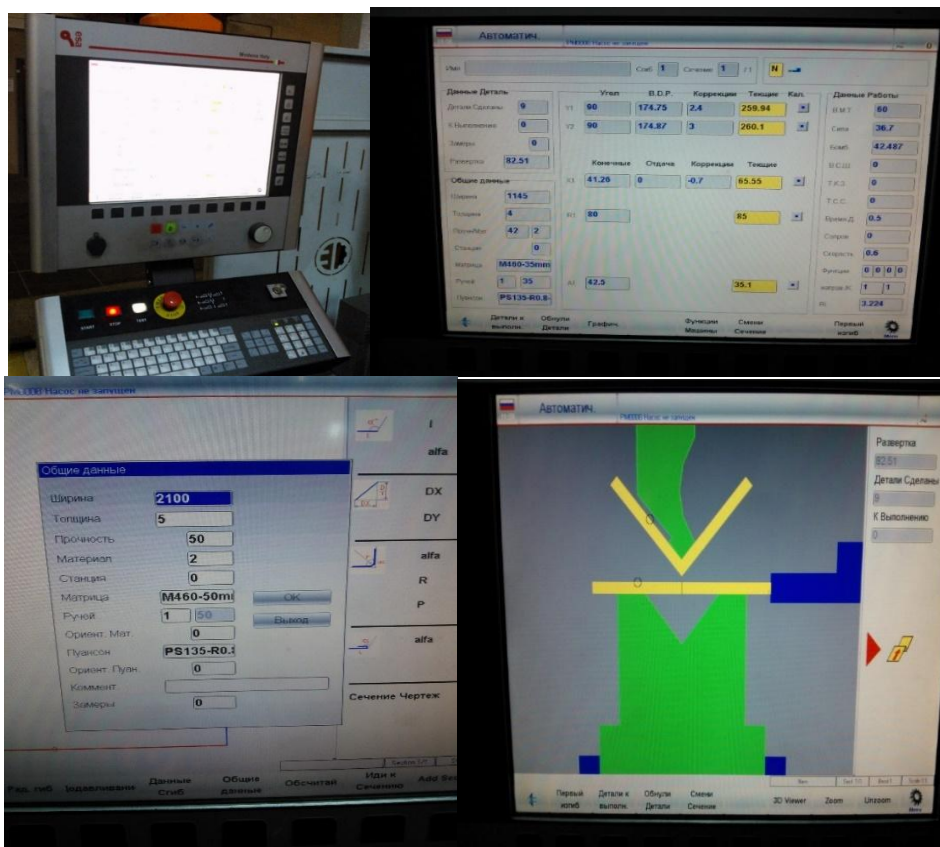


Рисунок 12 – Процес розрахунку зусилля згинання листового металу



Також для отримання якісного виробу з усіма задовольняючими геометричними параметрами, в обладнанні передбачена система так званого бомбування (антипрогину) заготовки, з гідравлічною системою компенсації прогину, з рейковим механізмом та клиновою системою передачі, (рис. 13).

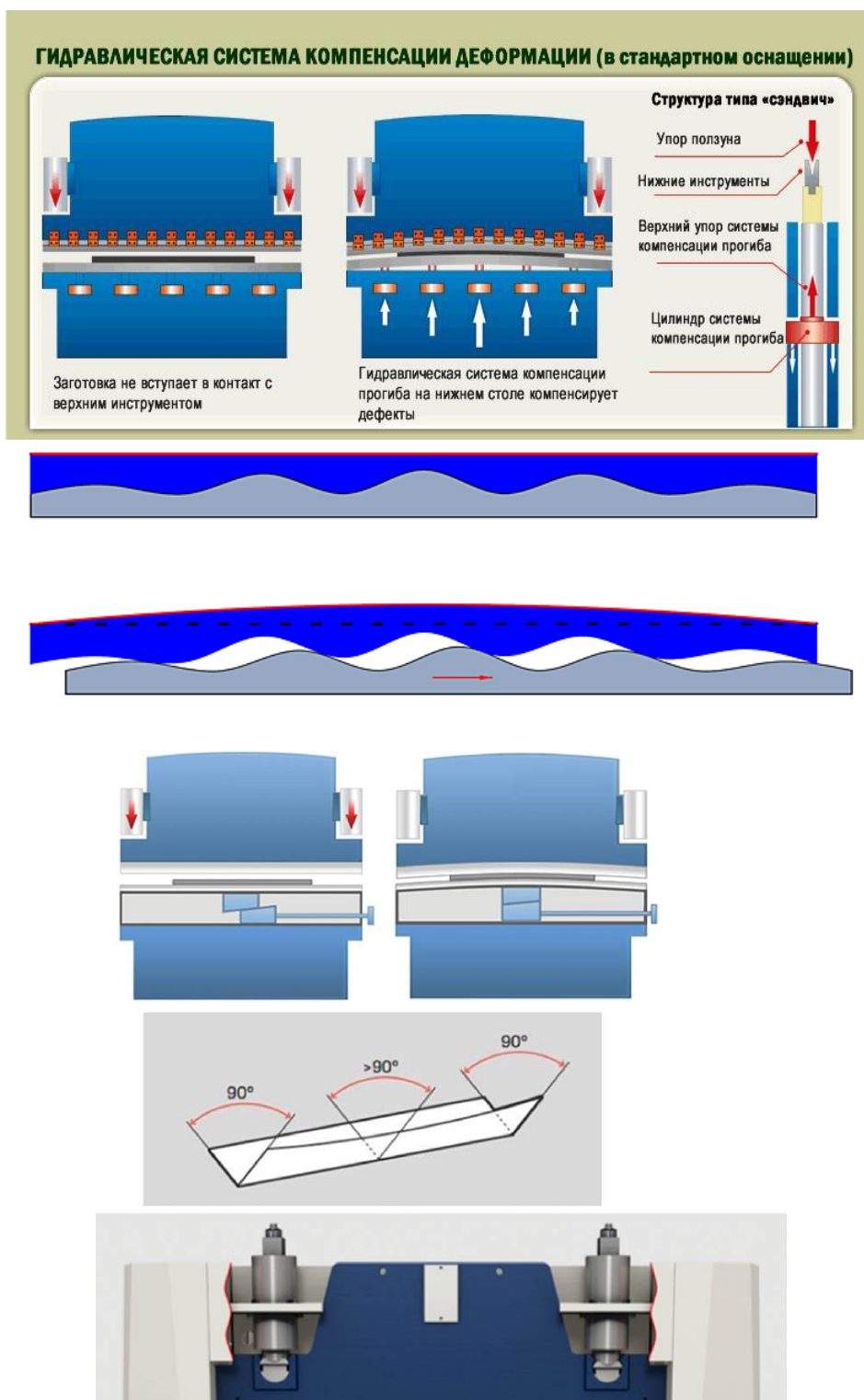


Рисунок 13 – Система бомбування (антипрогину)



Управління та обчислення компенсації прогину, проводиться за допомогою високоточного датчика, який дозволяє визначити площинність поверхні листового металу, та в процесі гнуття в автоматичному режимі, підібрати необхідну висоту підйому або опускання системи компенсації прогину.

Висновок: за рахунок дослідного шляху була підібрана найбільш оптимальна траєкторія, яка в свою чергу призвела до скорочення часу на 4,58 хв. Також розроблена програма проектного варіанту з можливістю імітації лазерної обробки.

**В розділі економічної частини** проведений розрахунок оцінки економічної доцільності впровадження проектного рішення, який наведений в табл. 3.

Таблиця 3 - Технологічна собівартість одиниці продукції, грн.

№ п/п	Найменування показника	Значення показника, грн.		Зміни (±), %	
		Базовий	Проектний	абс.	відн., %
1	Вартість заготовки з урахуванням реалізованих відходів	88,77	88,77	0,0	0,0
2	Заробітна плата виробничих робітників	57,27	55,33	-1,94	3,39%
3	Заробітна плата наладчика в серійному виробництві	16,8	15,75	-1,05	6,25%
4	Витрати на амортизацію обладнання	103,31	98,06	-5,25	5,08%
5	Витрати на ремонт обладнання	51,65	49,03	-2,62	5,08
6	Витрати на силову електроенергію	10,8	8,78	-2,02	18,71%
7	Витрати на технічний газ	2,97	2,26	-0,71	23,91
8	Технологічна собівартість деталі	331,57	319,98	-11,59	3,5%
9	Річна економія.	2897,5			

Таким чином, проектний варіант який призводить до оптимізації траєкторії руху лазерного променя, дозволяє скоротити час обробки заготовки, що в свою чергу призводить до зниження собівартості виготовлення деталі, тому проектні заходи рекомендуються до впровадження.

**В розділі охорона праці і захист навколишнього середовища** проаналізовані умови праці та пожежна безпека на підприємстві, також заходи, щодо поліпшення умов праці. Для захисту навколишнього середовища проведений розрахунок рукавного фільтра при лазерній обробці.

**Структура випускної роботи магістра.** Робота містить 73 с., 36 рис., 9 табл., 2 додатки, 34 джерела.

### **Публікації.**

1. «Криворучко О.М., к.т.н., доц., Макєєв С.Ю., к.т.н., с.н.с., Трунов Ю.М., студент/ УДК 621.9.06-868 - Знаття залишкових напруг при зварці труб методом вібростабілізуючої обробки заготовки,» *Механіка машин - основна складова прикладної механіки*, 2017, НМетАУ, Дніпро, Україна.
2. «Мельничук О.В., Гришин В.С., Морозенко О.П., Трунов Ю.М./ УДК 621.658.512 - Умови ефективного забезпечення параметрів надійності і ресурсу згинальних штампів./ *Вісник НТУ "ХП"*,/ *Механіко-технологічні системи та комплекси №33(1255)*, 2017».