

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до бакалаврського кваліфікаційного проєкту на тему:
«ВЕРСТАТ ДЛЯ РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ»

08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 1ГМ-216
зі спеціальності 133
«Галузеве машинобудування»

(шифр і назва напрямку підготовки)

Локонь Л. В.
(прізвище та ініціали)
Керівни Поліщук О. В., асистент каф. ГМ

«6» червня

«11» червня

Допущено до захисту

Зав. кафедри ГМ

д.т.н, професор Поліщук Л.К.

«10» червня 2025 р.

Вінниця ВНТУ-2025 р

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

М. М. М. М. Поліщук Л. К.
«15» березня 2025 р

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКИЙ КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

здобувачу гр. 1ГМ-216 Білоконю Л. В.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврського кваліфікаційного проєкту: Верстат для різання листового металу

керівник бакалаврського кваліфікаційного проєкту Поліщук О. В., к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «10» 05 2025 року № 97

2. Строк подання студентом бакалаврського кваліфікаційного проєкту
10 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до бакалаврського кваліфікаційного проєкту 1) Тип виробництва: обробка металів; 2) Вимоги до конструкції: габарити 1245x880x1500, ремонтпридатність, 3) продуктивність роботи – 72 пм/год; 4) оброблюваний матеріал – листова та рулонна холоднокатана сталь товщиною до 0,5 мм, шириною до 600 мм.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вступ; 2) Огляд обладнання для різання листового металу; 3) висновки з теоретичного огляду; 4) Розробка конструкції верстата для різання листового металу – опис конструкції та принципу роботи пристрою; 5) Розрахунки необхідних параметрів для проектування конструкції верстата; 8) Аналіз санітарних умов праці в приміщенні, в якому буде здійснюється розробка обладнання.

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

1) Принципові та конструктивні схеми відомого обладнання для різання листового металу; 2) 3D модель верстата для різання листового металу; 3) Складальне креслення верстата для різання листового металу, робоче креслення лівої станини верстата.

6. Консультанти розділів бакалаврського кваліфікаційного проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічний розділ (основна частина)	Поліщук Олександр Васильович	24.03.2025	9.06.2025
Охорона праці, безпека життєдіяльності	Поліщук Олександр Васильович	5.05.2025	20.05.2025

7. Дата видачі завдання 24.05.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврського кваліфікаційного проєкту	Строк виконання етапів бакалаврського кваліфікаційного проєкту		Примітка
1	Огляд обладнання для різання листового металу, висновки з теоретичного огляду	05.05.2025	20.05.2025	Buk
2	Розробка конструкції верстата для різання листового металу	05.05.2025	20.05.2025	Buk
3	Розрахунок геометричних та силових параметрів верстата для різання листового металу	24.05.2025	2.06.2025	Buk
4	Розробка 3D моделей та складальних і робочих креслень деталей верстата для різання листового металу	27.05.2025	06.06.2025	Buk
5	Аналіз санітарних умов праці в приміщенні, в якому буде здійснюватиметься розробка обладнання	05.05.2025	20.05.2025	Buk
6	Оформлення текстової та графічної частини проєкту	05.05.2025	20.05.2025	Buk
7	Перевірка на плагіат	6.06.2025	9.06.2025	Buk
8	Нормоконтроль БКП	10.06.2025	10.06.2025	Buk
9	Попередній захист БКП	10.06.2025		Buk
10	Рецензування БКП	11.06.2025	16.06.2025	Buk
11	Захист БКП	За графіком кафедри		Buk

Здобувач

(підпис)

Білоконь Л. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської дипломної роботи

(підпис)

Поліщук О. В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврський кваліфікаційний проєкт складається з 53 сторінок тексту, на яких є 17 рисунків, 5 таблиць, список використаних джерел містить 35 найменування.

У роботі розглянуто конструкцію, принцип дії та основні технічні рішення верстата для різання листового металу, що використовується у різних галузях промисловості, машинобудування та будівництва. Проведено аналіз сучасних способів різання листового металу — термічних, механічних і гідроабразивних, визначено їхні переваги та сфери застосування. Детально описано основні вузли верстата: зварну просторову раму, приводну систему з мотор-редуктором і ланцюговою передачею, робочі вали з дисковими ножами, вузол подавання та підтримки матеріалу, вихідний роликовий транспортер, а також регулювальні та монтажні елементи. Наведено розрахунки сил різання, вибору підшипників, кінематичних і силових параметрів, що підтверджують надійність і ефективність обраної конструкції. Окрема увага приділена питанням охорони праці, організації безпечних умов роботи, санітарно-гігієнічним, протипожежним і ергономічним вимогам до проектного приміщення. Робота ґрунтується на сучасних нормативних документах і практичних рекомендаціях щодо проектування, експлуатації та обслуговування верстатів для різання листового металу, що дозволяє використовувати її результати для впровадження ефективних і безпечних технологій у виробництві

Ключові слова: верстат, листовий метал, конструкція, привод, різання.

ABSTRACTS.

The bachelor's qualification project consists of 53 pages of text, 17 figures, 5 tables, and a list of references containing 35 items.

The work considers the design, principle of operation, and basic technical solutions of a sheet metal cutting machine used in various industries, mechanical engineering, and construction. An analysis of modern methods of cutting sheet metal - thermal, mechanical and waterjet - is carried out, their advantages and applications are determined. The main components of the machine are described in detail: a welded spatial frame, a drive system with a gear motor and chain transmission, working shafts with disk knives, a material feeding and support unit, an output roller conveyor, as well as adjusting and mounting elements. Calculations of cutting forces, bearing selection, kinematic and power parameters are presented to confirm the reliability and efficiency of the selected design. Special attention is paid to occupational safety, organization of safe working conditions, sanitary, hygienic, fire protection and ergonomic requirements for the project premises. The work is based on modern regulatory documents and practical recommendations for the design, operation and maintenance of sheet metal cutting machines, which allows using its results to implement efficient and safe technologies in production

Keywords: machine, sheet metal, design, drive, cutting

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ..	5
1.1 Основні способи різання листового металу.....	5
1.2 Огляд конструкцій обладнання для різання листового металу.....	6
2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ.....	14
2.1 Загальна конструкція.....	14
2.2 Види з'єднань у верстаті.....	20
2.3 Принцип роботи.....	21
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	23
3.1 Розрахунок сил різання листового металу та крутного моменту на валу	23
3.2 Кінематичний розрахунок верстата	23
3.3 Розрахунок прямозубої відкритої циліндричної передачі	25
3.4 Розрахунок ланцюгової передачі	32
3.5 Розрахунок підшипників різального вала	35
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	38
4.1 Аналіз умов праці.....	38
4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	38
4.3 Пожежна безпека	45
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49
ДОДАТКИ.....	54
ДОДАТОК А. Технічне завдання.....	55
ДОДАТОК Б. Ілюстративна частина.....	61
ДОДАТОК В. Специфікації.....	65
ДОДАТОК Г. Акт перевірки на плагіат.....	68

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Білоконь Л. В.				ВЕРСТАТ ДЛЯ РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ.	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевірів	Поліщук О.В..						2	67
Реценз.						ВНТУ, зр. ГМ-216		
Н. Контр.	Слабкий А. В.							
Затв.	Поліщук Л.К							

ВСТУП

Верстати для різання листового металу є ключовим технологічним обладнанням, яке широко використовується в різних галузях промисловості, будівництва та виробництва. Їх універсальність, висока точність і продуктивність дозволяють ефективно обробляти метал різної товщини, що робить їх незамінними у сучасних виробничих процесах. У будівельній сфері такі верстати застосовуються для виготовлення покрівельних матеріалів, зокрема металочерепиці, профнастилу та водостічних систем. Крім того, вони використовуються для створення фасадних панелей, обробки металопластикових конструкцій та виготовлення елементів інженерних систем, таких як вентиляційні канали або кріплення для сонячних батарей. Завдяки високій точності обробки металу ці верстати забезпечують якість і швидкість виконання будівельних проектів.

У машинобудуванні верстати для різання листового металу відіграють важливу роль у виробництві деталей корпусів, каркасів, кронштейнів та інших компонентів техніки. Вони широко використовуються у створенні сільськогосподарської техніки, автомобілів, залізничного транспорту та спеціалізованого обладнання. Наприклад, під час виготовлення кузовів автомобілів або вантажних причепів необхідна точна обробка листового металу, яку забезпечують такі верстати. Окрім цього, вони застосовуються для виготовлення деталей промислового обладнання, таких як насоси і компресори.

У сфері побутового виробництва верстати для різання листового металу також знаходять широке застосування. Вони використовуються для створення меблів, кухонного начиння, декоративних елементів інтер'єру та інших виробів. Наприклад, за допомогою таких верстатів виготовляють металеві стільниці, полиці та рамки для дзеркал. Завдяки високій точності обробки ці

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

вироби мають не лише функціональні характеристики, але й естетично привабливий зовнішній вигляд.

Окрім будівництва та машинобудування, верстати для різання листового металу знаходять застосування у галузях енергетики та авіації. У енергетичній сфері вони використовуються для виготовлення компонентів сонячних панелей, вітрових турбін та інших енергетичних установок. В авіаційній і космічній промисловості такі верстати забезпечують точну обробку легких і міцних матеріалів для створення деталей літаків і космічних апаратів.

Так, верстати для різання листового металу є універсальним і багатофункціональним обладнанням, яке забезпечує високу якість продукції та ефективність виробничих процесів у багатьох галузях промисловості. Їх використання сприяє розвитку сучасного виробництва та реалізації складних технічних завдань [1-4], що в свою чергу, зумовлює **актуальність** даної розробки.

Метою даної роботи є розробка конструкції верстата для різання листового металу на смуги з високою точністю, продуктивністю та зручною системою подачі й регулювання ширини різку.

Для цього необхідно розв'язати такі **задачі**:

1. Провести аналіз існуючих способів різання листового металу, їх переваг, недоліків та сфер застосування.
2. Оцінити сучасні конструкції обладнання для різання листового металу, визначити їх технічні характеристики та особливості.
3. Розробити власну конструкцію верстата для різання листового металу.
4. Виконати силові, кінематичні та конструктивні розрахунки.
5. Розробити комплекс заходів з охорони праці щодо організації безпечних умов роботи під час проєктних робіт.

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	Лист 4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

1 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ

1.1 Основні способи різання листового металу

Основні способи різання листового металу поділяються на термічні, механічні та гідроабразивні методи. Кожен із них має свої особливості, переваги та недоліки, які визначають їх застосування залежно від типу матеріалу, товщини листа та вимог до якості обробки.

До термічних методів належать лазерне різання, плазмове різання та газокисневе різання.

- Метод лазерного різання використовує високоенергетичний лазерний промінь, який плавить або випаровує матеріал уздовж заданої лінії. Лазерне різання забезпечує високу точність і чистоту країв, що робить його ідеальним для складних форм і тонких металевих листів. Однак цей метод обмежений товщиною матеріалу (до 40-50 мм залежно від типу металу) і вимагає високих витрат на обладнання [5,6].

- Плазмове різання використовується для електропровідних матеріалів, таких як сталь, алюміній і мідь. У цьому процесі створюється плазмовий струмінь високої температури (понад 20 000 °C), який плавить метал, а потім видуває його з місця розрізу. Плазмове різання є швидким і ефективним для товстих матеріалів (до 160 мм), але може залишати термічно пошкоджені зони[5-7].

- Метод газокисневого різання застосовується для низьковуглецевих сталей. Метал нагрівається до температури займання й окислюється під дією кисню. Газокисневе різання є економічним для товстих листів, але не підходить для нержавіючих сталей або кольорових металів через їхню стійкість до окислення[5].

Механічні способи включають ножове різання (гільйотини), штампування та пиляння.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

- Ножове різання (гільйотини) використовує механічний тиск між двома лезами для прямолінійного розрізу металу. Цей метод забезпечує високу швидкість і точність у масовому виробництві, але обмежений прямими лініями та товщиною матеріалу[7,8].

- Штампування застосовується для створення отворів або вирізання деталей за допомогою пуансона й матриці. Цей процес ефективний для серійного виробництва однакових деталей, але вимагає високих витрат на виготовлення інструментів[5,9].

- Пиляння використовується для складних форм або товстих листів за допомогою стрічкових або круглих пилок. Цей метод є менш продуктивним порівняно з іншими механічними способами[9].

Гідроабразивне різання використовує струмінь води під високим тиском (200-600 МПа), часто з додаванням абразивних частинок. Цей метод дозволяє виконувати точні розрізи без теплового впливу на матеріал, що робить його придатним для чутливих до температури матеріалів, таких як алюміній чи композити. Гідроабразивне різання забезпечує високу якість країв і можливість обробки матеріалів будь-якої товщини [4,9].

Серед інших способів можна виділити фрезерування та ручне різання.

- Фрезерування використовується рідко через високу вартість і тривалий час обробки. Застосовується переважно в авіаційній промисловості та медичній техніці[5].

- Ручне різання включає використання ножиць або пилок і застосовується для дрібних робіт або малих обсягів виробництва[10,11].

1.2 Огляд конструкцій обладнання для різання листового металу

Найбільш широко використовувані машини для різання листового металу використовують, як основний, механічний спосіб різання. Існує кілька типів такого обладнання, кожен із яких має свої переваги та сфери

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист 6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

застосування. Основними є гільйотинні ножиці, стрічкопилні верстати та гідравлічні машини.

Гільйотинні ножиці використовуються насамперед для різання листового та смугового металу. За рахунок конструктивних особливостей та функціональності вони забезпечують лише прямий різ у поздовжньому або поперечному напрямку та дають мінімальну кількість відходів. Даний спосіб використовується для отримання чорнових заготовок і вимагає силового майже жорсткого утримання металу[3]. Існують такі основні типи гільйотинних ножиць: гідравлічні, механічні та ручні[12].

На рис. 1.1 представлено гідравлічні гільйотинні листові ножиці CHV-36 [13], які є сучасним обладнанням із системою ЧПК(рис. 1.2) для різання листового металу, яке забезпечує високу точність і продуктивність.



Рисунок 1.1 – Гідравлічні гільйотинні листові ножиці CHV-36



Рисунок 1.2 – Система ЧПК CybeleC DNC60

Конструкція ножиць включає міцний зварний корпус, що гарантує жорсткість і стабільність роботи навіть при великих механічних навантаженнях. Для зняття залишкових внутрішніх напружень матеріалу каркаса застосовується термічна обробка. Ріжучі ножі виготовлені зі сталі VoHler (Німеччина), що забезпечує їхню високу зносостійкість. Нижній ніж

має чотири ріжучі крайки, а верхній — дві, що дозволяє використовувати їх довше без необхідності заміни. Ножі встановлені таким чином, щоб забезпечити рівний проміжок на всій довжині різання, що гарантує якісний розріз без задирок.



Рисунок 1.3 – Моторизований задній упор



Рисунок 1.4 – Пневматична система підтримки листа

Гідравлічна система ножиць складається з хромованих циліндрів, які синхронізовано передають гідравлічну рідину між компонентами, забезпечуючи постійне зусилля та збалансованість під час різання. Машина оснащена функцією регулювання зазору між лезами та кута нахилу ножа (0,5–2,0 градусів), що дозволяє адаптувати її до різних товщин матеріалу. Моторизований задній упор на шарико-гвинтовій парі забезпечує точне позиціонування листа металу для різання (рис. 1.3). Додатково конструкція включає притиск із тефлоновими дисками для утримання матеріалу під час операції різання (рис. 1.4), а також контактний екран стійки управління для простоти програмування та роботи на верстаті.

Технічні характеристики моделі CHV-36 включають максимальну товщину різання до 6 мм і робочу довжину 3050 мм. Глибина горловини становить 300 мм, а кут різання регулюється в межах 0,5–2,0 градусів. Машина оснащена 14 притисками для стабільного утримання матеріалу під час роботи.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Потужність двигуна становить 11 кВт, а габарити обладнання — 3750×3500×2000 мм при вазі 6000 кг.

Принцип роботи гільйотинних ножиць полягає в циклічному опусканні верхнього ножа до повного контакту з нижнім нерухомим ножем. Лист металу утримується притискною балкою з гідравлічним приводом, що гарантує стабільність позиціонування та точність лінії різку.

Електромеханічні гільйотинні ножиці МТЕ 2060 х 4 NCC від компанії BerNardo (рис. 1.5) призначені для високоточного різання листової сталі завдовжки до 2060 мм і товщиною до 4 мм [14]. Їх конструкція забезпечує стабільність, точність і безпеку роботи, що робить цей верстат ідеальним для використання в промислових умовах.



Рисунок 1.5 – Електромеханічні
гільйотинні ножиці МТЕ 2060 х 4
NCC

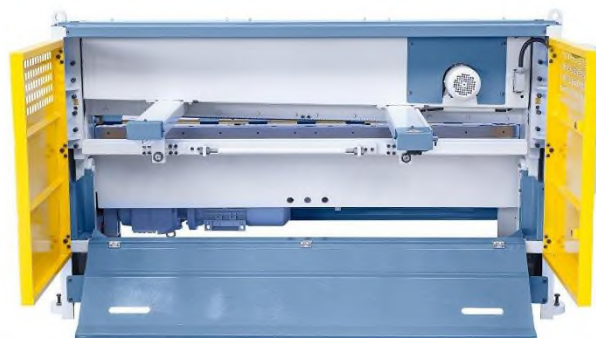


Рисунок 1.6 – Привод
електромеханічних гільйотинних
ножиць МТЕ 2060 х 4 NCC

Корпус ножиць виготовлений зі зварної сталі, що гарантує жорсткість і виключає кручення під час роботи. Поверхня робочого столу оснащена вбудованими роликami, які полегшують переміщення матеріалу. Верхні та нижні ножі виготовлені з високоякісної сталі HSS, мають двосторонні ріжучі кромки, що забезпечує чистий і якісний різ, а також збільшує термін служби ножів.

Привод ножиць електромеханічний, що забезпечує стабільну роботу та точність різання(рис. 1.6). Моторизований задній упор із шарико-гвинтовою передачею дозволяє точно позиціонувати матеріал у робочій зоні. Управління здійснюється через систему NC-control 401.2 BRL, яка дозволяє програмувати параметри різання. Для зручності оператора передбачено лінійку бічного упору, передні упори для роботи з великими листами та захисну пластину з фотоелементами для забезпечення безпеки.

Додатково ножиці оснащені підсвічуванням лінії різу для точного виконання операцій, а також ножною педаллю із кнопкою автостоп для зручності роботи. Опорний стіл має прямокутний упор зі шкалою, поворотним кулачком і Т-подібним пазом для додаткового пристрою для різання під кутом.

Технічні характеристики моделі включають максимальну товщину листа до 4 мм, довжину різання 2060 мм, робочу висоту 800 мм і потужність двигуна 7,5 кВт. Кут різання становить 2°, а швидкість роботи — до 31 ходу на хвилину. Габарити верстата — 2800×2250×1400 мм при вазі близько 3000 кг.

Стрічкопильні верстати для листового металу є одним із ключових типів обладнання, що широко використовується в металообробній промисловості. Їх основне призначення полягає у виконанні точного та ефективного різання металевих листів, забезпечуючи високу якість обробки та мінімальні витрати матеріалу[15].

Конструкція стрічкопильного верстата включає станину, яка забезпечує стабільність обладнання, ріжучий елемент у вигляді замкнутої стрічки із зубцями, електродвигун для приводу стрічки, робочу платформу для фіксації заготовок, напрямні елементи для точності руху стрічки та електронну систему управління для налаштування параметрів різання.

Принцип роботи стрічкопильного верстата полягає в рівномірному переміщенні ріжучої стрічки через робочу зону, де вона контактує із заготовкою. Завдяки рівномірному розподілу тиску на зубці стрічки

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

забезпечується точний і акуратний різ. Сучасні моделі обладнання оснащені системами числового програмного управління (ЧПУ), які дозволяють автоматизувати процес різання та змінювати напрямок різу без участі оператора[16].

Серед існуючих моделей стрічкопильних верстатів немає таких, що призначені виключно для різання листового металу. Всі моделі верстатів призначені для різання різних типів металевих заготовок, включаючи труби, профілі та суцільні матеріали.

Наприклад, STILER BS 550G (рис. 1.7) має поворотну голову до 60°, гідроциліндр нового покоління, потужний двигун 2,8 кВт та ефективну систему охолодження. Він підтримує стрічкові пилки висотою 34 мм та довжиною 4405 мм, що дозволяє різати заготовки діаметром до 400 мм. Однак цей верстат, як і інші моделі, є універсальним і не спеціалізується виключно на листовому металі[17].



Рисунок 1.7 – Стрічкопильний верстат по металу STILER BS 550G



Рисунок 1.8 – Стрічкопильний верстат по металу BerNardo GBS 200 G

BerNardo GBS 200 G (рис. 1.8) також є універсальним верстатом, який підходить для різання профілів, труб, кольорових матеріалів і пластмас, а не тільки листового металу[18].

Для розкрійно-заготівельних робіт також застосовуються багатодискові ножиці для поздовжнього різання листового металу, особливо для розкрою

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист 11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

рулонного матеріалу на більш вузькі смуги або стрічки. Їх ефективність полягає в можливості неперервного різання, що значно підвищує продуктивність процесу.

Такі ножиці можуть працювати за двома основними методами:

«Тягнучий розріз» – коли привід багатодискових ножиць відключається і полоса сталі протягується через ножові диски за рахунок намотувача. При цьому швидкості різання і намотування стрічок однакові.

«Привідний розріз» – коли багатодискові ножиці приводяться в рух від власного приводу. Цей метод забезпечує більш рівний розкрій, особливо при роботі з тонким матеріалом.

Конструкція багатодискових ножиць включає ножовий вал, дискові ножі та розпірні втулки. Якість різання і точність геометрії розрізуваних полос залежить від конструкційних показників якості різальних дисків, якості їх заточування, налагоджування і правильного монтажу обладнання.

Швидкість різання на лініях поздовжнього різання становить 60-80 м/хв, а в деяких випадках досягає 120 м/хв, що забезпечує високу продуктивність процесу[19].

Така машина, як правило, є складовою частиною виробничої лінії призначеної для різання рулонного або листового металу чи інших матеріалів. Прикладом такої лінії є високошвидкісна лінія поздовжнього різання 0.2-2x1250 виробництва Wuxi Jinye Complete Equipment Co., Ltd(рис. 1.9). Це спеціалізоване обладнання для розрізання тонких металевих листів на вузькі смуги. Ця лінія розроблена компанією з понад 20-річним досвідом у виробництві обладнання для обробки металевих рулонів. Лінія здатна обробляти метал товщиною 0,2-2,0 мм при ширині обробки 1250 мм, забезпечуючи швидкість роботи до 150-200 м/хв. Загальна потужність установки становить 230 кВт, а максимальна вага рулону, який можна обробити, досягає 10 тонн. Внутрішній діаметр рулону може бути 508 мм або 610 мм, а зовнішній діаметр — до 1800 мм. Лінія здатна виконувати до 25

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

розрізів при товщині металу 1 мм і до 15 розрізів при товщині 2 мм, забезпечуючи високу точність: ширина розрізу $\pm 0,10$ мм, вигин $\pm 0,1$ мм/м, задирка не більше 5% від товщини, а нерівність перемотування менше 0,5 мм.



а)



б)

Рисунок 1.9 – Високошвидкісна лінія поздовжнього різання 0.2-2x1250 виробництва Wuxi Jinye Complete Equipment Co., Ltd: а) розкроювальна частина; б) лінія подачі

Обладнання складається з численних компонентів, включаючи стійку для зберігання рулонів, візок для завантаження, розмотувач з одним опрацюванням, притискні ролики, випрямляючі ролики, накопичувальні ями, ножиці, розділювальний кронштейн, перемотувач, а також гідравлічну, пневматичну та електричну системи керування. Серед переваг лінії — надвисока швидкість, висока точність обробки дуже тонких листів, інтелектуальне керування з можливістю спостереження за всіма деталями роботи з екранів управління, висока автоматизація всіх процесів від завантаження до вивантаження рулонів, а також висока ефективність завдяки швидкій зміні різальних інструментів. Лінія може обробляти різноманітні металеві матеріали: гарячекатану та холоднокатану низьковуглецеву сталь, оцинковану сталь, попередньо пофарбовану сталь, нержавіючу сталь різних серій, алюмінієві сплави, високовуглецеву сталь, мідь, латунь та електротехнічну кремнієву сталь[20].

2 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ОПИС КОНСТРУКЦІЇ

Верстат для різання листового металу(рис.2.1) має компактну конструкцію, яка є універсальним рішенням для різання листового металу на смуги з високою точністю та продуктивністю, із зручною системою подачі та регулюванням ширини різі.

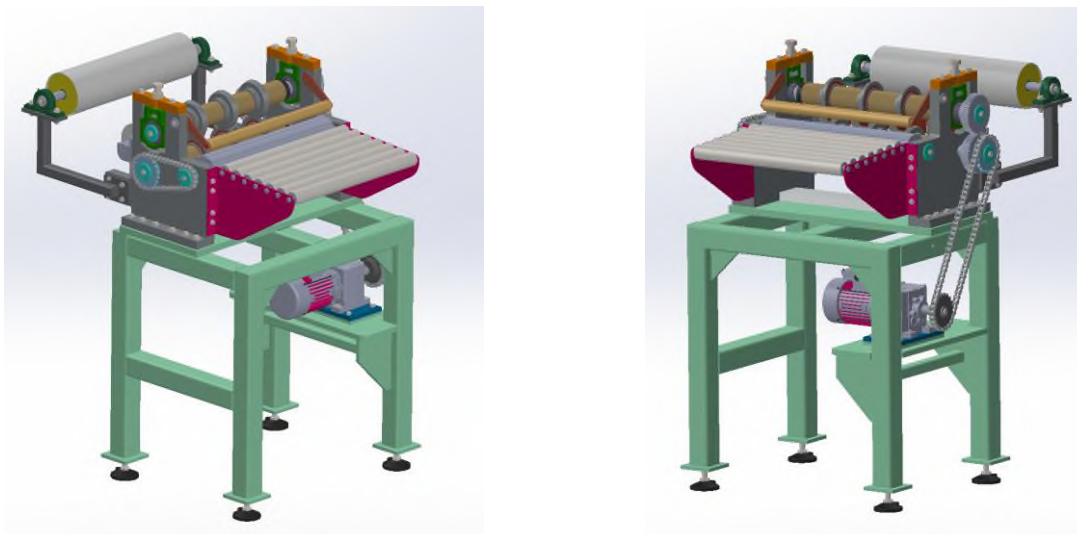


Рисунок 2.1 – Верстат для різання листового металу

2.1 Загальна конструкція

Загальна конструкція верстата складається з таких основних елементів: рама, приводна система, робочі вали з дисковими ножами, вузол подавання та підтримки матеріалу, вихідний транспортер, регульовальні та монтажні елементи.

2.1.1. Рама верстата.

Є просторовою зварною конструкцією, що виконує функцію несучої основи для всіх робочих вузлів обладнання. Виготовлена з прямокутних сталевих профільних труб, зварених між собою у вигляді жорсткого порталу. Верхня частина рами має посилену платформу для монтажу робочих вузлів – валів з дисковими ножами, підшипникових опор, захисних кожухів та механізмів подачі матеріалу. Додаткові поперечні та діагональні перемички

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист 14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

підвищують просторову жорсткість і запобігають деформаціям під навантаженням. Чотири вертикальні стійки з профільної труби забезпечують рівномірний розподіл навантаження на підлогу та стійкість конструкції. На кінцях стійок встановлені регульовані опори (гвинтові), що дозволяють вирівнювати раму по горизонталі навіть на нерівній поверхні цеху.

На одній із бокових граней рами розташований додатковий зварний майданчик для монтажу електродвигуна й редуктора. Цей майданчик має посилення та жорстко з'єднаний з основною конструкцією для мінімізації вібрацій. Отвори для кріплення приводу виконані з урахуванням можливості регулювання натягу ланцюгової передачі. У верхній частині рами передбачені монтажні отвори для фіксації робочих вузлів, захисних кожухів і напрямних. Деякі перемички мають додаткові отвори для прокладання кабелів, кріплення пневматичних чи гідравлічних компонентів (за необхідності). Всі зварні шви виконані по периметру стиків, що забезпечує високу міцність і довговічність конструкції. Поверхня рами може бути пофарбована антикорозійною емаллю або порошковим покриттям для захисту від впливу вологи та агресивних середовищ.

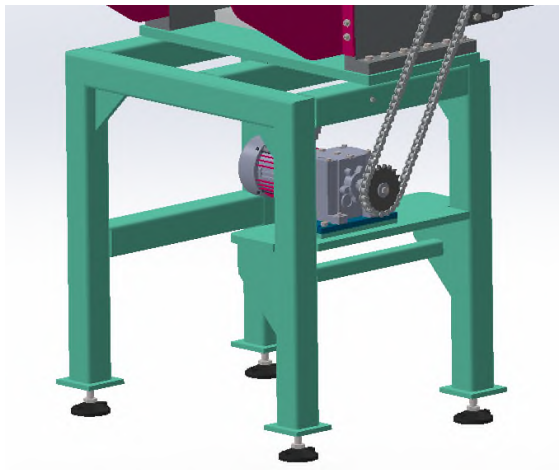


Рисунок 2.2 – Рама верстата

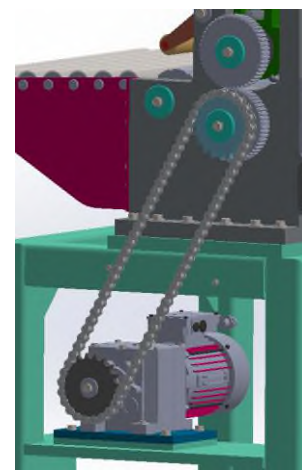


Рисунок 2.3 – Приводна система верстата

2.1.2. Приводна система верстата для різання листового металу.

Приводна система (рис. 2.3) побудована на основі мотор-редуктора та ланцюгової і зубчастої передач. На окремій платформі, ввареній у раму

верстата, змонтовано електродвигун з редуктором (мотор-редуктор). Така компоновка знижує вібрації та забезпечує компактність конструкції. Електродвигун має горизонтальне розташування, що спрощує обслуговування та підключення живлення. Редуктор знижує оберти двигуна до необхідного рівня для роботи ріжучих валів, одночасно підвищуючи крутний момент. Вихідний вал редуктора через ведучу зірочку з'єднаний ланцюговою передачею з веденою зірочкою на робочому валу верстата. Зубчаста передача встановлена на ріжучих валах забезпечує їх синхронне обертання, що особливо важливо для рівномірного різання листового металу.

Зірочки та ланцюг підібрані з урахуванням навантаження та передавального відношення, що дозволяє адаптувати швидкість подачі до типу матеріалу. Ланцюгова передача закрита захисним кожухом (на рисунку не показаний) для безпеки оператора.

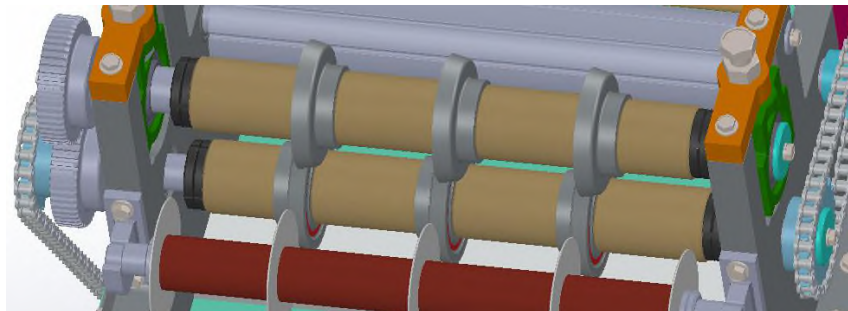


Рисунок 2.4 – Робочі вали з дисковими ножами

2.1.3 Робочі вали з дисковими ножами.

Робочі вали (рис. 2.4) являють собою циліндричні сталеві осі, встановлені у підшипникових опорах (корпусні підшипники типу UCP), що забезпечує плавне обертання та точне позиціонування валів у корпусі верстата. Підшипники захищені ущільненнями для запобігання потраплянню пилу та стружки, що характерно для умов різання металу. Вали розташовані паралельно один одному. Верхній і нижній вали синхронізовані через зубчасту передачу для забезпечення одночасного обертання.

Кінці валів оснащені шпонковими посадками для жорсткого кріплення приводних зірочок та зубчастих коліс, через які передається крутний момент від ланцюгової передачі приводної системи.

На валу встановлені дискові ножі, які мають гостру ріжучу кромку по зовнішньому діаметру. Дискові ножі розташовуються з регульованим кроком (відстанню між ножами), що дозволяє налаштовувати ширину відрізаних смуг відповідно до технологічних вимог. Фіксація ножів на валу здійснюється за допомогою розпірних втулок, що запобігає осьовому зміщенню під час роботи. Дискові ножі верхнього і нижнього валів розташовані з перекриттям, що дозволяє здійснювати чистий різ листового металу за принципом ножиць.

Конструкція передбачає можливість регулювання міжосьової відстані між валами для налаштування зазору між ножами залежно від товщини листа. Заміна або перестановка ножів здійснюється шляхом демонтажу стопорних елементів і розміщення ножів у потрібних позиціях.

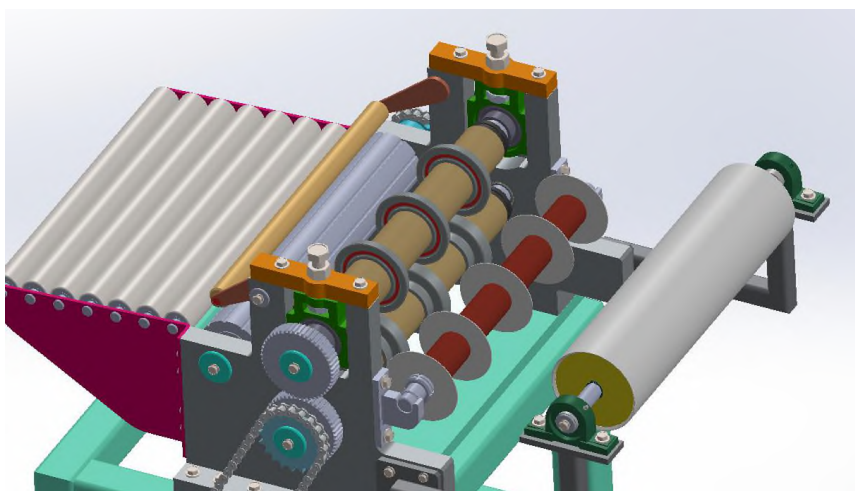


Рисунок 2.5 – Вузол подавання та підтримки матеріалу

2.1.4 Вузол подавання та підтримки матеріалу

Вузол (рис. 2.5) являє собою конструкцію, яка забезпечує розміщення рулону листового металу, його плавне розмотування та стабільну подачу до ріжучих валів. Основу вузла становить горизонтальний вал, на який встановлюється рулон. Вал фіксується у двох корпусних підшипниках, закріплених на жорстких консолях із профільної труби, що утворюють

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист 17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

просторову раму. Така конструкція дозволяє легко монтувати та знімати рулон, а також забезпечує його вільне обертання під час подачі матеріалу. Після виходу з рулону листовий метал потрапляє на систему дисків, які виконують роль напрямної та підтримуючої поверхні, стабілізуючи матеріал перед зоною різання. Додатковий притискний ролик, встановлений зверху за зоною різання, перешкоджає підняттю або зміщенню листа. Конструкція передбачає можливість регулювання положення опорного валу по висоті та відстані до ріжучої зони для роботи з рулонами різної ширини й діаметра. Всі елементи вузла відкриті для легкого доступу під час обслуговування, заміни рулону чи очищення. Такий вузол забезпечує плавне, без ривків і перекосів подавання листового металу, підтримує його у горизонтальній площині, мінімізує ймовірність зминання чи згинання, а також сприяє підвищенню точності та якості різку за рахунок стабільного положення матеріалу від моменту розмотування до входу в робочу зону.

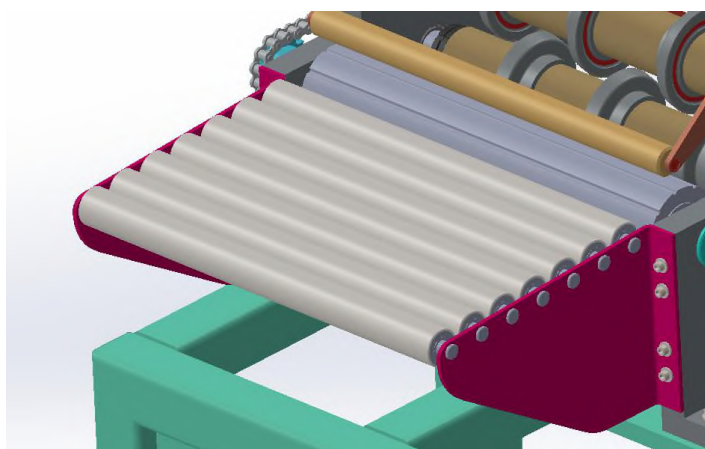


Рисунок 2.6 – Вихідний транспортер

2.1.5. Вихідний транспортер

Вихідний транспортер верстата для різання листового металу (рис. 2.6) являє собою роликову секцію, розташовану безпосередньо за ріжучим вузлом. Його основою служить жорстка зварна рама, до якої кріпляться бокові опорні пластини складної форми, виконані з листового металу й посилені ребрами

жорсткості. На цих пластинах встановлено ряд паралельних циліндричних роликів, що обертаються навколо власних осей. Ролики виготовлені з металу, мають однаковий діаметр і рівномірно розташовані по ширині транспортера, що забезпечує надійну підтримку і плавне переміщення відрізаних смуг металу після різання. Кожен ролик закріплений у бокових пластинах за допомогою підшипникових вузлів, які гарантують легке обертання і мінімальний опір руху. Кінці роликів виступають за межі бокових пластин, що спрощує їх монтаж і обслуговування. Конструкція транспортера відкрита, що дозволяє легко очищати його від стружки та пилу, а також забезпечує швидкий доступ для технічного обслуговування. Такий транспортер забезпечує акуратний прийом і відведення нарізаних смуг, запобігає їх деформації та полегшує подальше сортування або пакування продукції

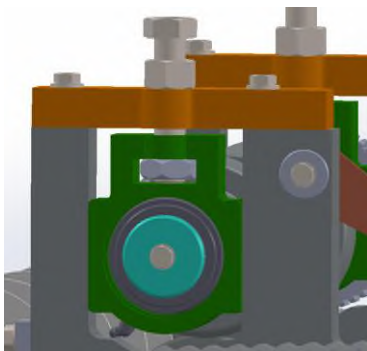


Рисунок 2.7 – Натяжний пристрій

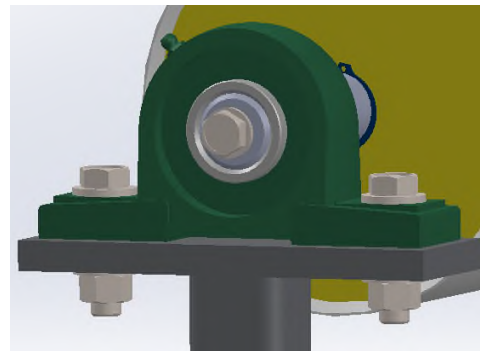


Рисунок 2.8 – Підшипниковий корпус

2.1.6. Регулювальні та монтажні елементи

Регулювальні та монтажні елементи верстата для різання листового металу виконують функції точного налаштування робочих вузлів, забезпечення їхньої фіксації й спрощення обслуговування. Основні регулювання здійснюються за допомогою гвинтових механізмів, розташованих у верхній частині корпусу над підшипниковими опорами валів: ці гвинти дозволяють змінювати положення валів по висоті, встановлюючи необхідний зазор між дисковими ножами залежно від товщини листа. Фіксація

положення здійснюється притискними планками з болтовим кріпленням, що гарантує жорсткість і стабільність налаштувань під час роботи.

Для монтажу й демонтажу дискових ножів передбачені знімні бокові кришки, які кріпляться болтами до основної рами, а також стопорні кільця та розпірні втулки на валах, що дозволяють швидко змінювати конфігурацію ножів без повного розбирання вузла. Всі підшипникові корпуси (рис. 2.9) мають стандартні монтажні отвори для болтового кріплення до рами, що спрощує центрування та вирівнювання валів у процесі складання.

Додатково, для регулювання натягу ланцюгової передачі на приводі передбачені подовжні пази на монтажних майданчиках мотор-редуктора, які дозволяють зміщувати його відносно рами. Конструкція також містить регульовані опори під станину, що дає змогу точно виставити верстат по горизонталі навіть на нерівній підлозі.

2.2. Види з'єднань у верстаті

У конструкції цього верстата для різання листового металу використано кілька основних видів з'єднань, кожен з яких обраний відповідно до функціональних, технологічних і експлуатаційних вимог. Основу рами та несучих елементів складають зварні з'єднання: профільні труби та пластини жорстко з'єднані між собою зварюванням, що забезпечує високу міцність, жорсткість і цілісність конструкції, а також зменшує масу та спрощує виготовлення великих вузлів. Зварні з'єднання ідеальні для нероз'ємних, постійних з'єднань, де не передбачається демонтаж у процесі експлуатації [21, 22].

Для кріплення знімних та обслуговуваних елементів, таких як захисні кожухи, бокові пластини, опорні вузли підшипників і монтажні консолі, застосовуються різьбові з'єднання (болти, гайки, гвинти). Вони забезпечують роз'ємність, зручність монтажу та демонтажу, що важливо для регулювання, обслуговування або заміни окремих деталей. Різьбові з'єднання

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

стандартизовані, мають високу надійність і дозволяють створювати значні осьові сили при невеликих зусиллях затягування[23].

Вали з дисковими ножами, а також ведучі й ведені шестерні та зірочки з'єднуються з валами за допомогою шпонкових з'єднань. Такі з'єднання забезпечують надійну передачу крутного моменту, простоту монтажу і демонтажу, а також точне позиціонування деталей відносно один одного. Шпонкові з'єднання дозволяють легко замінювати ножі, зірочки або ролики без пошкодження валу [23,24].

Підшипникові вузли кріпляться до рами за допомогою болтових з'єднань через стандартні монтажні отвори, що спрощує центрування, вирівнювання валів і регулювання положення вузлів під час складання. Для передачі обертання між мотор-редуктором і робочими валами використовується ланцюгова передача, де зірочки монтуються на валах також через шпонкові з'єднання або посадку з натягом, що гарантує надійність і відсутність провертання під навантаженням[24].

Регульовальні вузли (гвинти для налаштування зазору між ножами, натягу ланцюга або положення опорних елементів) виконані на різьбі, що дозволяє точно фіксувати положення деталей і забезпечує легкість регулювання під час експлуатації. Монтажні отвори з подовжніми пазами використовуються для регулювання положення мотор-редуктора і натягу ланцюгової передачі.

Загалом, у верстаті застосовано зварні з'єднання для створення жорсткої нероз'ємної основи, різьбові та шпонкові з'єднання для роз'ємних і рухомих вузлів, а також посадки з натягом для забезпечення надійності та точності передачі обертального руху. Така комбінація дозволяє поєднати високу міцність і жорсткість конструкції з простотою обслуговування, ремонту та переналаштування обладнання під різні виробничі задачі

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

2.3 Принцип роботи верстата для різання листового металу

Верстат для різання листового металу працює за наступним принципом. Рулон листового металу встановлюється на опорний вал вузла подавання, який закріплений у підшипникових корпусах на жорстких консолях. Оператор вручну або за допомогою допоміжних пристроїв розмотує рулон, подаючи кінець листа на систему напрямних роликів. Далі лист проходить через зону ріжучих валів, на яких встановлені дискові ножі з регульованим міжосьовим кроком. Привідна система, що складається з електродвигуна, редуктора та ланцюгової і зубчастої передач, забезпечує синхронне обертання валів і рух листа вперед. Дискові ножі, розташовані на валах з перекриттям, здійснюють позовжнє різання листового металу на смуги заданої ширини. Після проходження ріжучої зони відрізані смуги потрапляють на вихідний роликотий транспортер, який складається з ряду паралельних роликів, встановлених у підшипникових опорах на бокових пластинах. Транспортер забезпечує плавне переміщення та акуратний прийом нарізаних смуг, запобігаючи їх деформації та полегшуючи подальше сортування чи пакування. Усі робочі вузли верстата змонтовані на жорсткій зварній рамі, що гарантує точність позиціонування та стійкість обладнання під час роботи. Регульовальні елементи дозволяють налаштовувати зазор між ножами, положення валів і натяг приводного ланцюга відповідно до товщини та типу оброблюваного матеріалу. Таким чином, верстат забезпечує безперервне, точне та якісне різання листового металу на смуги з мінімальними втратами часу на переналаштування та обслуговування.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок сил різання листового металу та крутного моменту на валу

Сили різання листового металу дисковими ножами розраховуються за формулою [25]

$$F = k \cdot [\tau] \cdot s \cdot B, \quad (3.1)$$

де $[\tau] = 200$ – границя міцності сталей, що використовуються для холодної обробки тиском, при зсуві, МПа[25];

K – коефіцієнт, що враховує притуплення ріжучої кромки (зазвичай 1,1–1,3) [25];

s – товщина металу, мм;

B – ширина різку, мм.

Верстат передбачає різання холоднокатаної та оцинкованої сталі товщиною до 0,5 мм, при цьому максимальна ширина різку становитиме 25 мм, тоді сила різання складе

$$F = \omega \cdot [\tau] \cdot s \cdot B = 1,3 \cdot 200 \cdot 0,5 \cdot 25 = 3,25 \text{ кН}.$$

Діаметр ножів на верстаті складає $d = 140$ мм, тоді необхідний крутний момент на валу для 3-х пар ножів складе

$$T = 3 \cdot F \cdot \frac{d}{2} = 3,25 \cdot 10^3 \cdot 0,07 = 682,5 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.2)$$

3.2 Кінематичний розрахунок верстата

Необхідна потужність на різальному валу [26,27]

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$P_3 = \omega_3 T_3, \quad (3.3)$$

де ω_3 – кутова швидкість різального валу.

Враховуючи швидкість різання листового металу на верстаті $v = 0,02$ м/с

$$\omega_3 = 2v/d = 2 \cdot 0,02 / 0,07 = 0,57 \text{ рад}^{-1}. \quad (3.4)$$

Тоді

$$P_3 = \omega_3 T_3 = 0,57 \cdot 682,5 = 389 \text{ Вт}. \quad (3.5)$$

Потужності на інших валах приводу

$$P_2 = P_3 / \eta_{з.п} \cdot \eta_{п.ковз} = 389 / 0,98 \cdot 0,94^2 = 0,445 \text{ кВт} \quad (3.6)$$

$$P_1 = P_2 / \eta_{л.п} \cdot \eta_{п.коч} = 0,445 / 0,94 \cdot 0,99^2 = 0,48 \text{ кВт}$$

де $\eta_{з.п} = 0,98$, $\eta_{л.п} = 0,94$, $\eta_{п.ковз} = 0,94$, $\eta_{п.коч} = 0,99$ – коефіцієнти корисної дії, відповідно, зубчастої та ланцюгової передач і підшипників ковзання та кочення[26,27].

Враховуючи, що зубчаста циліндрична та ланцюгова передачі мають передаточне число $i_{з.п} = i_{л.п} = 1$, визначимо частоту обертання на валу мотора редуктора

$$n_1 = \frac{30\omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 0,57}{3,14} = 5,4 \text{ об/хв}. \quad (3.7)$$

Виходячи із здійсненого розрахунку та враховуючи допустиме перевантаження електродвигуна 10% обираємо мотор-редуктор планетарний ЗМП-63-5,6-0,75 ГОСТ 15150-69.

3.3 Розрахунок прямозубої відкритої циліндричної передачі

Необхідно розрахувати відкриту прямозубу нереверсивну передачу за такими даними: $P_1 = 1,1$ кВт; $N_1 = 5,6$ хв⁻¹; $u = 1$; $T_1 = 682,5$ Н·м.

Термін служби передачі $H = 7 \cdot 365 \cdot 24 \cdot K_{\text{доб}} \cdot K_{\text{річ}} = 7 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,5 \cdot 0,38 = 11650$ год.

3.3.1 Вибираємо матеріал зубчастих коліс і термообробку.

Для виготовлення шестерні та колеса приймаємо відносно дешеву леговану сталь 40Х із термообробкою – поліпшення [26,27]. За даними [26,27] приймаємо для шестерні твердість поверхні зубців $H_1 = 269 \dots 302$ НВ (найбільш імовірна твердість $H_1 = 280$ НВ), $\sigma_{B1} = 900$ МПа, $\sigma_{T1} = 750$ МПа. Для зубчастого колеса твердість поверхні зубців $H_2 = 235 \dots 262$ НВ (найбільш імовірна твердість $H_2 = 245$ НВ), $\sigma_{B2} = 790$ МПа, $\sigma_{T2} = 640$ МПа.

Сумарне число циклів навантаження зубців шестерні та колеса за термін служби передачі:

$$N_{\Sigma 1} = 60 \cdot N_1 \cdot H = 60 \cdot 193,1 \cdot 11650 = 9,0 \cdot 10^7; \quad (3.8)$$

$$N_{\Sigma 2} = 60 \cdot N_2 \cdot H = 60 \cdot 64,3 \cdot 11650 = 2,9 \cdot 10^7. \quad (3.9)$$

Еквівалентні числа циклів навантаження зубців шестерні та колеса для розрахунку на контактну втому N_{HE} і для розрахунків на втому при згині N_{FE} із коефіцієнтами інтенсивності $K_{HE} = 0,50$ і $K_{FE} = 0,30$ [26,27] – для добового графіка №2.

$$N_{HE1} = K_{HE} \cdot N_{\Sigma 1} = 0,50 \cdot 9,0 \cdot 10^7 = 4,5 \cdot 10^7; \quad (3.10)$$

$$N_{HE2} = K_{HE} \cdot N_{\Sigma 2} = 0,50 \cdot 2,9 \cdot 10^7 = 1,45 \cdot 10^7; \quad (3.11)$$

$$N_{FE1} = K_{FE} \cdot N_{\Sigma 1} = 0,30 \cdot 9,0 \cdot 10^7 = 2,7 \cdot 10^7; \quad (3.12)$$

$$N_{FE2} = K_{FE} \cdot N_{\Sigma 2} = 0,30 \cdot 2,9 \cdot 10^7 = 0,87 \cdot 10^7. \quad (3.13)$$

Границі контактної витривалості зубців шестерні та колеса будуть такими:

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\sigma_{HlimB1} = 2 \cdot H_1 + 70 = 2 \cdot 280 + 70 = 730 \text{ МПа}; \quad (3.14)$$

$$\sigma_{HlimB2} = 2 \cdot H_2 + 70 = 2 \cdot 245 + 70 = 560 \text{ МПа}. \quad (3.15)$$

Базу випробувань для матеріалу шестерні та колеса визначаємо за формулами:

$$N_{HO1} = 30 \cdot H_1^{2,4} = 30 \cdot 280^{2,4} = 2,24 \cdot 10^7; \quad (3.16)$$

$$N_{HO2} = 30 \cdot H_2^{2,4} = 30 \cdot 245^{2,4} = 1,65 \cdot 10^7. \quad (3.17)$$

Оскільки $N_{HO1} < N_{HE1}$ і $N_{HO2} < N_{HE2}$, то коефіцієнт довговічності для зубців шестерні та колеса $K_{HL} = 1$.

Допустимі контактні напруження для зубців шестерні та колеса при коефіцієнті $Z_R = 1$ (шорсткість поверхонь зубців 1,25...0,63) та коефіцієнті запасу $S_H = 1,1$ знаходимо за формулами:

$$[\sigma]_{H1} = \sigma_{HlimB1} \cdot Z_R \cdot K_{HL} / S_H = 730 \cdot 1 \cdot 1 / 1,1 = 664 \text{ МПа}; \quad (3.18)$$

$$[\sigma]_{H2} = \sigma_{HlimB2} \cdot Z_R \cdot K_{HL} / S_H = 560 \cdot 1 \cdot 1 / 1,1 = 509 \text{ МПа}. \quad (3.19)$$

Для зубців передачі розрахункове допустиме контактне напруження становить:

$$\sigma_{HP} = 0,45 \cdot ([\sigma]_{H1} + [\sigma]_{H2}) = 0,45 \cdot (664 + 509) = 528 \text{ МПа}. \quad (3.20)$$

Границі витривалості зубців при згині для бази випробувань $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$ [26,27]:

$$\sigma_{FlimB1} = 1,8 \cdot H_1 = 1,8 \cdot 280 = 504 \text{ МПа}; \quad (3.21)$$

$$\sigma_{FlimB2} = 1,8 \cdot H_2 = 1,8 \cdot 245 = 441 \text{ МПа}; \quad (3.22)$$

Оскільки $N_{FO} < N_{FE1}$ і $N_{FO} < N_{FE2}$, то коефіцієнт довговічності для зубців шестерні та колеса $K_{FL} = 1$.

Коефіцієнт $K_{FC} = 1$ – нереверсивна передача.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Коефіцієнт $S_F = 2,2$ – коефіцієнт запасу.

Допустиме напруження на згин для зубців шестерні та колеса:

$$\sigma_{F1} = \sigma_{Flim1} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL} / S_F = 504 \cdot 1 \cdot 1 / 2,2 = 229 \text{ МПа}; \quad (3.23)$$

$$\sigma_{F2} = \sigma_{Flim2} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL} / S_F = 441 \cdot 1 \cdot 1 / 2,2 = 200 \text{ МПа}. \quad (3.24)$$

3.3.2 Проектний розрахунок передачі.

Приймаємо коефіцієнт ширини вінця $\psi_{ba} = 0,40$ і відповідно

$$\psi_{bd} = 0,5 \cdot \psi_{ba} \cdot (u+1) = 0,5 \cdot 0,40 \cdot (3+1) = 0,8. \quad (3.25)$$

За графіками [26,27] залежно від ψ_{bd} визначаємо коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців – $K_{H\beta} = 1,08$.

Допоміжний коефіцієнт $K_a = 430 \text{ МПа}^{1/3}$ для сталевих косозубих коліс.

Мінімальна міжосьова відстань передачі:

$$\begin{aligned} a_{\omega \min} &= K_a \cdot u + 1 \cdot \sqrt[3]{T_{1H} \cdot K_{H\beta} / u \cdot \psi_{ba} \cdot \sigma_H^2} = \\ &= 430 \cdot 3 + 1 \cdot \sqrt[3]{682,5 \cdot 1,08 / 3 \cdot 0,4 \cdot 528^2} = 140,8 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (3.26)$$

Приймаємо фактичну міжосьову відстань 140 мм.

Кут нахилу лінії зубців попередньо приймаємо $\beta = 10^\circ$.

Число зубців шестерні $Z_1 = 50$, а число зубців колеса: $Z_2 = u \cdot Z_1 = 1 \cdot 50 = 50$.

Модуль зубців

$$m_N' = 2 \cdot a_{\omega} \cdot \cos \beta / (Z_1 + Z_2) = 2 \cdot 140 \cdot \cos 10^\circ / (20 + 60) = 2,62. \quad (3.27)$$

Стандартний модуль зубців $m_n = 2,75 \text{ мм}$.

Фактичний кут нахилу лінії зубців:

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\cos\beta = m_n \cdot (Z_1 + Z_2) / 2 \cdot a_w = 5 \cdot (20+60) / 2 \cdot 200 = 1, \quad (3.28)$$

$$\beta = 0.$$

Ділильні діаметри шестерні та колеса:

$$d_1 = m_n \cdot Z_1 / \cos\beta = 2,75 \cdot 50 / 1 = 137,5 \text{ мм}; \quad (3.29)$$

$$d_2 = m_n \cdot Z_2 / \cos\beta = 2,75 \cdot 50 / 1 = 137,5 \text{ мм}. \quad (3.30)$$

Ширина зубчастих вінців:

$$b_2 = \psi_{ba} \cdot a_w = 0,4 \cdot 140 = 30 \text{ мм}. \quad (3.31)$$

Приймаємо $b_2 = 30 \text{ мм}$.

$$b_1 = b_2 + 3 = 50 + 3 = 33 \text{ мм}. \quad (3.32)$$

Знаходимо колову швидкість зубчастих коліс:

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 5}{60 \cdot 1000} = 0,2 \text{ м/с}. \quad (3.33)$$

За даними [26, 27] вибираємо 9-й ступінь точності ($N_{ст} = 9$) для всіх показників точності зубчастих коліс та передачі.

Коефіцієнт торцевого перекриття:

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{60} \right) \right] \cdot 1 = 1,7. \quad (3.34)$$

Коефіцієнт осьового перекриття:

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\varepsilon_{\beta} = b_2 + \sin\beta/(\pi \cdot m_n) = 50 + \sin 0/(3,14 \cdot 5) = 0,66 \quad . \quad (3.35)$$

Колова сила у зачепленні зубчастих коліс:

$$F_t = F_{Ht} = F_{Ft} = 2 \cdot T_1/d_1 = 2 \cdot 682,5 \cdot 10^3/100 = 6825 \text{ Н.} \quad (3.36)$$

3.3.3 Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну втому.

Для розрахунку попередньо визначимо такі коефіцієнти[26,27]:

$Z_M = 275 \text{ МПа}^{1/2}$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс;

$Z_H = 1,77 \cdot \cos\beta = 1,77 \cdot 1 = 1,77$ – коефіцієнт форми спряжених поверхонь зубців;

$Z_{\varepsilon} = \sqrt{(4 - \varepsilon_{\alpha})/3} = \sqrt{(4 - 1,7)/3} = 0,781$ – коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній при $\varepsilon_{\beta} \leq 0,9$.

$K_{H\alpha} = 1,13$ – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцями;

$$K_{H\beta} = 1,08;$$

$K_{HV} = 1,01$ – коефіцієнт динамічного навантаження.

Питома розрахункова колова сила:

$$\omega_{Ht} = (F_t / b_2) K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV} = (6825/50) \cdot 1,13 \cdot 1,08 \cdot 1,01 = 250 \text{ Н/мм.} \quad (3.37)$$

Розрахункове контактне напруження:

$$\begin{aligned} \sigma_H &= Z_H \times Z_M \times Z_{\varepsilon} \sqrt{\frac{\omega_{Ht} (u + 1)}{d_1 \times u}} = \\ &= 275 \times 1,73 \times 0,775 \sqrt{\frac{250 \times (3 + 1)}{137,5 \times 3}} = 377,6 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (3.38)$$

Стійкість зубців проти втомного викришування їхніх активних поверхонь забезпечується, оскільки:

$$\sigma_H = 377,6 \text{ МПа} < [\sigma]_H = 528 \text{ МПа}.$$

Розрахунок зубців на втому при згині[26,27]:

$$Y_{F1} = 4,01 \text{ (при } Z_1 = Z_1 / \cos^3 \beta = 50 / (1)^3 \approx 50; x_1 = 0);$$

$$Y_{F2} = 3,62 \text{ (при } Z_2 = Z_2 / \cos^3 \beta = 50 / (1)^3 \approx 50; x_2 = 0).$$

$Y_\varepsilon = 1$ - коефіцієнт перекриття зубців;

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140} = 1 - \frac{90}{140} = 0,357 \text{ - коефіцієнт нахилу зубців;}$$

$K_{F\alpha} = [4 + (\varepsilon_\alpha - 1) \cdot (n_{cm} - 5)] / 4 \cdot \varepsilon_\alpha = [4 + (1,7 - 1) \cdot (9 - 5)] / 4 \cdot 1,7 = 1$ - коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцями.

$K_{F\beta} = 1,16$ - коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців;

$K_{FV} = 1,04$ - коефіцієнт динамічного навантаження.

$$\omega_{Ft} = (F_t / b_2) K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} = (6825/100) \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,04 = 132,9 \text{ Н/мм. (3.39)}$$

Розрахункове напруження згину у зубцях шестерні та колеса:

$$\sigma_{F1} = \frac{Y_{F1} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \omega_{Ft}}{m_n} = \frac{4,01 \cdot 1 \cdot 0,917 \cdot 132,9}{5} = 70,3 \text{ МПа} < [\sigma]_{F1} = 229 \text{ МПа} \quad (3.40)$$

$$\sigma_{F2} = \frac{Y_{F2} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \omega_{Ft}}{m_n} = \frac{3,62 \cdot 1 \cdot 0,917 \cdot 70,3}{5} = 57,2 \text{ МПа} < [\sigma]_{F2} = 200 \text{ МПа} \quad (3.41)$$

3.3.4 Геометричний розрахунок передачі.

Визначаємо діаметри коліс, мм:

ділильні

$$d_1 = m_n \cdot Z_1 / \cos \beta = 2,75 \cdot 50/1 = 137,5 \text{ мм}; \quad (3.42)$$

$$d_2 = m_n \cdot Z_2 / \cos \beta = 2,75 \cdot 50/1 = 137,5 \text{ мм}; \quad (3.43)$$

вершин зубців

$$d_{a1} = d_1 + 2m_n = 137,5 + 2 \cdot 2,75 = 143 \text{ мм}; \quad (3.44)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m_n = 137,5 + 2 \cdot 2,75 = 143 \text{ мм}; \quad (3.45)$$

западин

$$d_{F1} = d_1 - 2,5 m_n = 137,5 - 2,5 \cdot 2,75 = 130,625 \text{ мм}; \quad (3.46)$$

$$d_{F2} = d_2 - 2,5 m_n = 137,5 - 2,5 \cdot 2,75 = 130,625 \text{ мм}. \quad (3.47)$$

3.3.5 Силловий розрахунок передачі

Колова сила на середньому діаметрі шестерні, Н:

$$F_t = 2 \cdot 10^3 \frac{2T_1}{d_{m1}} = 2 \cdot 10^3 \frac{6825}{137,5} = 9904. \quad (3.48)$$

Радіальна сила на шестерні, Н:

$$F_{r1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cos \delta_1 = 9954 \cdot 0,364 \cdot 0,9533 = 4454. \quad (3.49)$$

Осьова сила на шестерні, Н:

$$F_{a1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \sin \delta_1 = 9954 \cdot 0,364 \cdot 0,3018 = 375,4;$$

$$|F_{r1}| = |F_{a2}|; \quad |F_{a1}| = |F_{r2}|.$$

3.4 Розрахунок ланцюгової передачі

3.4.1 Розрахунок геометричних параметрів

Розрахунок проведемо за таким початковими даними: потужність на ведучій зірочці: $P_3 = 0,75$ кВт, частота обертання ведучої зірочки $n_3 = 5,6$ хв⁻¹, передаточне число $U = 1$, змашення приймаємо періодичне.

Вибираємо привідний однорядний ланцюг.

Крутний момент на ведучій зірочці $T_2 = 68250$ Н·мм.

Число зубців ведучої зірочки $Z_1 = 31 - 2u_L = 31 - 2 \cdot 1 = 29$.

Ведена зірочка $Z_2 = Z_3 \cdot u_L = 29 \cdot 1 = 29$.

Приймаємо $Z_3 = 29$; $Z_4 = 29$.

Розрахунковий коефіцієнт навантаження:

$$K_e = K_d \cdot K_a \cdot K_H \cdot K_p \cdot K_{cm} \cdot K_{п}; \quad (3.50)$$

де $K_d = 1$; $K_a = 1$; $K_H = 1$; $K_p = 1,25$; $K_{cm} = 1,3$; $K_{п} = 1$ [26,27]

$$K_e = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,3 \cdot 1 = 1,625.$$

Середнє значення допустимого тиску при $n = 5$ об/хв – $p = 19,05 \dots 25,4$ МПа, $[p] = 30$ МПа [26,27].

Розрахунковий крок ланцюга:

$$t \geq 2,8 \sqrt[3]{\frac{T_2 K_e}{Z_3 [p]}} = 2,8 \sqrt[3]{\frac{68250 \cdot 1,625}{29 \cdot 30}} = 19,05 \quad (3.51)$$

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

За ANSI B29 приймаємо ланцюг роликовий однорядний 12В-1, в якого $t = 19,05$ мм, руйнівне навантаження $Q = 60$ кН; $g = 2,6$ кг/м; $A_{оп} = 180$ мм².

Швидкість ланцюга:

$$V = \frac{z_3 \cdot n_3 \cdot t}{60 \cdot 10^3} = \frac{29 \cdot 5 \cdot 19,05}{60 \cdot 10^3} = 0,2 \text{ м/с}, \quad (3.51)$$

Колове зусилля, що передається ланцюгом:

$$F_{ty} = \frac{P_2}{V} = \frac{10,75 \cdot 10^3}{2,2} = 4886 \text{ Н}, \quad (3.52)$$

Тиск в шарнірах:

$$p = \frac{F_{ty} \cdot K_3}{A_{оп}} = \frac{4886 \cdot 1,625}{180} = 28,10 \text{ МПа}, \quad (3.53)$$

Уточнюємо допустимий тиск:

$$[p] = 30[1+0,01(Z_3-17)] = 30[1+0,01(25-17)] = 30,85 \text{ МПа} \quad (3.54)$$

Умова $p \leq [p]$ виконується.

Кількість ланок в ланцюгу:

$$L_t = Z_{at} + 0,5 \cdot Z_2 + \frac{\Delta^2}{a_t}; \quad (3.54)$$

$$\text{де } a_t = \frac{a_n}{t} = 50$$

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$Z_2 = Z_3 + Z_4 = 25 + 75 = 100; \Delta = \frac{Z_4 - Z_3}{2\pi} = \frac{75 - 25}{2 \cdot 3.14} = 7.9 \quad (3.54)$$

Тоді:

$$L_t = 2 \cdot 50 + 0.5 \cdot 100 + \frac{7.9^2}{50} = 151$$

Уточнюємо міжосьову відстань за формулою:

$$\begin{aligned} a_u &= 0,25 \cdot t \left[L_t - 0,5Z_2 + \sqrt{(L_t - 0,5Z_2)^2 - 8\Delta^2} \right] = \\ &= 0,25 \cdot 25,4 \left[151 - 0,5 \cdot 122 + \sqrt{(151 - 0,5 \cdot 100)^2 - 8 \cdot 7,9^2} \right] = 1269 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.55)$$

Для вільного провисання ланцюга передбачується можливість зменшення міжосьової відстані на 0,4%, що становить $1269 \cdot 0,004 = 5 \text{ мм}$.

Ділильний діаметр зірочок:

$$d_{d3} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}} = \frac{25,4}{\sin \frac{180^\circ}{25}} = 60 \text{ мм}. \quad (3.56)$$

$$d_{d4} = \frac{25,4}{\sin \frac{180^\circ}{75}} = 419,5 \text{ мм}.$$

Діаметри зовнішніх кіл зірочок:

$$\begin{aligned} D_{t3} &= t \cdot \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{Z_3} + 0,7 \right) - 0,3 \cdot d_1 = \\ &= 25,4 \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{25} + 0,7 \right) - 0,3 \cdot 15,88 = 120 \text{ мм} \end{aligned} \quad ; \quad (3.57)$$

$$\begin{aligned} D_{t4} &= t \cdot \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{Z_4} + 0,7 \right) - 0,3 \cdot d_1 = \\ &= 25,4 \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{75} + 0,7 \right) - 0,3 \cdot 15,88 = 120 \text{ мм} \end{aligned} \quad ; \quad (3.58)$$

3.4.2 Сили діючі на ланцюг

Колове зусилля $F_{\text{тл}} = 4886 \text{ Н}$ – визначено вище;

від відцентрових сил $F_v = qV^2 = 2,6 \cdot 4,35^2 = 49,2 \text{ Н}$,

від провисання $F_f = 9,81 K_f q a_{\text{л}} = 9,81 \cdot 1,5 \cdot 2,6 \cdot 1,269 = 48,5 \text{ Н}$.

Кут нахилу 60° .

Навантаження, що діє на вали:

$$F_b = F_{\text{тл}} + 2F_f = 4886 + 2 \cdot 48,5 = 4983 \text{ Н}. \quad (3.59)$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності:

$$S = \frac{Q}{F_{\text{тл}} \cdot K_d + F_v + F_f} = \frac{60 \cdot 10^3}{4886 \cdot 1 + 49,2 + 48,5} = 12,03. \quad (3.60)$$

Це більше ніж нормативний коефіцієнт запасу міцності $[S] = 10,2$ умова $S > [S]$ виконана.

3.5 Розрахунок підшипників різального вала

Проведемо розрахунок на основі таких вихідних даних: сила різання – 4848 Н, силовий вплив з боку механічних передач – 7886 Н, діаметр цапф валу для підшипників – $d_{\text{п}} = 40 \text{ мм}$, кутова швидкість валу – $\omega = 5,6 \text{ рад/с}$, необхідна довговічність підшипників $L_{\text{н}} = 11650 \text{ год}$ при 90% надійності, типовий режим навантаження валу – важкий (В), короткочасні перевантаження до 120%, робоча температура підшипників до 50°C .

На даній схемі більш навантаженою є опора розміщена з боку ведучої зірочки. Оскільки навантаження на вал досить значне слід орієнтуватися на підшипники середньої серії. Попередньо приймаємо кулькові радіальні підшипники 6908, для яких з довідника [26, 27] маємо:

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

- базова статична вантажопідйомність $C_0 = 9300 \text{ Н}$;
- базова динамічна вантажопідйомність $C_T = 13800 \text{ Н}$.

Для типового режиму навантаження В коефіцієнт інтенсивності $K_E = 0,8$ [26, 27].

Відповідно до умов роботи підшипників отримаємо [26, 27]: $V = 1$ – обертається внутрішнє кільце; $K_6 = 1,5$ – коефіцієнт безпеки при короткочасних перевантаженнях до 120%; $K_T = 1$ – температурний коефіцієнт при робочій температурі підшипників до 100°C .

Максимально можливе радіальне навантаження на підшипник $F_T = 7886 + 4848 = 12734 \text{ Н}$.

Осьове навантаження F_A відсутнє. Для визначення коефіцієнтів X і Y знаходимо відношення $F_A / C_0 = 0 / 9300 = 0$. За [26, 27] параметр осьового навантаження: $e = 0,19$.

Оскільки відношення $F_A / (V \cdot F_T) = 0 / (1 \cdot 12734) = 0 > e = 0,19$, то за [26, 27] маємо: $X = 0,56$; $Y = 2,3$.

Розрахункове еквівалентне навантаження на підшипник:

$$R = (X \cdot V \cdot F_T + Y \cdot F_A) \cdot K_6 \cdot K_T =$$

$$= (0,56 \cdot 1 \cdot 12734 + 2,3 \cdot 0) \cdot 1,5 \cdot 1 = 8056 \text{ Н.} \quad (3.61)$$

З урахуванням режиму навантаження протягом строку служби:

$$R_E = K_E \cdot R = 0,8 \cdot 8056 = 6445 \text{ Н.}$$

Для 90%-ї надійності: коефіцієнт $a_1 = 1$, а для звичайних умов експлуатації коефіцієнт $a_{23} = 0,8$ [26, 27].

Розрахункова довговічність, млн. об[26, 27]:

$$L = a_1 \cdot a_{23} \cdot (C_T / R_E)^p = 1 \cdot 0,8 \cdot (13800 / 6445)^3 = 48,8, \quad (3.62)$$

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

де $p = 3$ – показник ступеня для кулькових підшипників.

Розрахункова довговічність підшипника[26, 27]:

$$L_h = 1745 \cdot L / \omega = 1745 \cdot 48,8 / 5 = 16752 \text{ год.} \quad (3.63)$$

Отже попередньо вибраний підшипник 6908 для опор різального валу має довговічність більшу від потрібної.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона життя та здоров'я людини є важливою складовою соціальної політики держави в Україні. Забезпечення безпечних умов праці сприяє запобіганню травмам, захворюванням та професійним ризикам. Дотримання норм охорони праці є законодавчою вимогою у низці країн. Роботодавці зобов'язані забезпечувати безпечні та здорові умови праці для своїх працівників, що є важливою складовою соціальної відповідальності та законодавчого регулювання в сфері праці. Крім того, дотримання вимог охорони праці сприяє підвищенню продуктивності праці. Коли працівники працюють в безпечних та комфортних умовах, вони ефективніше виконують свої обов'язки, знижують ризик помилок та нещасних випадків, що може призвести до збільшення якості та швидкості виконання завдань

4.1 Аналіз умов праці

У приміщенні, де виконувалась робота щодо проєктування верстата виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

- фізичні, підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини, недостатня освітленість, недостатня природна освітленість;
- психологічні, фізичні перевантаження (статичні), нервово-психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці).

4.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Для усунення шкідливої дії небезпечних факторів при проведенні робіт і створення в робочій зоні здорового повітряного середовища необхідно:

- забезпечити належні показники мікроклімату;
- забезпечити достатнє освітлення;
- забезпечити ергономічність робочих місць;

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

- забезпечити дотримання основних санітарно-гігієнічних норм;
- створити сприятливий психологічний клімат.

4.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат на робочому місці має важливе значення, оскільки він безпосередньо впливає на здоров'я, комфорт і продуктивність працівників. Основні параметри мікроклімату, такі як температура, вологість, швидкість руху повітря та чистота повітря, повинні відповідати встановленим нормам для забезпечення оптимальних умов праці. Нормування параметрів мікроклімату здійснюється у відповідності до вимогам «Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень» (ДСН 3.3.6.042-99), якими встановлені норми оптимальних та допустимих параметрів мікроклімату виробничих приміщень. В таблиці 4.1 наведені допустимі параметри мікроклімату у робочій зоні виробничих приміщень категорії 2а (до якої відноситься робота працівника за енерговитратами).

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	18-27	40-60	0,2-0,4
Холодний	17-23	40-60	0,1-0,3

Заходи щодо забезпечення сприятливого мікроклімату на робочому місці:

1. Вентиляція: у приміщенні наявна система вентиляції, яка забезпечує видалення пилу та шкідливих речовин з повітря; необхідно використовувати локальні відсмоктувачі для видалення пилу від місць його утворення.

2. На робочому місці наявна система опалення, яка забезпечує підтримку комфортної температури взимку.

4.2.2. Склад повітря робочої зони

У повітрі робочої зони підприємства можуть міститися різні речовини. Для збереження здоров'я і безпеки працівників необхідно контролювати склад повітря та дотримуватися встановлених норм його якості. Шкідливі речовини впливають на організм людини лише тоді, коли їх концентрація у повітрі перевищує допустимий для кожної речовини рівень. Гранично допустима концентрація визначається для речовин, що можуть чинити негативний вплив на здоров'я працівників при потраплянні в організм через дихальні шляхи. На досліджуваному об'єкті присутній нетоксичний пил.

Під час роботи вентиляційної системи та провітрювання в приміщення може потрапляти пил і інші речовини, що виділяються у процесі технологічних операцій, і надходять у повітря робочої зони. Їх допустимі концентрації наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	1	0,15	4
Оксид вуглецю	5	3	3
Оксид азоту	0,4	0,06	2
Формальдегід	0,4	0,02	2

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачені такі заходи:

- 1) обладнання приміщення загально-обмінною припливно-витяжною механічною вентиляцією та підтримання природної вентиляції;
- 2) підготовка та інструктаж обслуговуючого персоналу;
- 3) своєчасний якісний ремонт вентиляційного обладнання;
- 4) регулярне прибирання приміщення.

4.2.3 Освітлення

Освітленість виробничих приміщень має суттєве значення з багатьох причин. Відповідний рівень освітлення допомагає запобігати нещасним випадкам і травмам, а також зберігати зорове здоров'я працівників. Якісне освітлення створює сприятливі умови для виконання виробничих завдань, що позитивно впливає на продуктивність праці.

Крім того, освітлення визначає комфорт працівників на робочому місці, знижуючи рівень втоми та стресу. Законодавчі норми регламентують мінімально допустимий рівень освітленості у виробничих приміщеннях з метою забезпечення безпеки та охорони здоров'я працівників, що є обов'язковим для всіх підприємств. У таких приміщеннях застосовується як штучне загальне освітлення (наприклад, люмінесцентними лампами), так і природне бічне освітлення через віконні прорізи. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III поясу світлового клімату) при природному та сумісному освітленні відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 зазначені у таблиці 4.3.

Для досягнення необхідного рівня освітленості згідно з нормативами максимально використовують природне світло, яке надходить через вікна та скляні стіни, створюючи оптимальні умови для роботи. У випадках недостатньої природної освітленості застосовують системи штучного освітлення, які розміщують так, щоб забезпечити рівномірний розподіл світла на робочих місцях. Освітлювальне обладнання регулярно проходить технічне обслуговування для підтримання ефективної роботи та безпеки.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Таблиця 4.3 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	Від 0,3 до 0,5	III	г	великий	світлий	800	300	7	2,5	4,2	1,5

4.2.4 Шум

Проблема зниження шуму в сучасних умовах є актуальною для всіх галузей техніки, а особливо для машинобудування. Виробничий шум може серйозно нашкодити, негативно впливаючи на здоров'я працівників і зменшуючи загальну ефективність праці.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99. Допустимі рівні звукового тиску для виконання роботи наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньо-геометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Щоб знизити ризики, пов'язані з виробничим шумом, впроваджують різноманітні стратегії та заходи безпеки: облаштовують обладнання

звукопоглинальними матеріалами або захисними екранами, використовують звукоізолюючі навушники чи навушники з активним шумозаглушенням, впроваджують нові технології зменшення шуму безпосередньо в джерелі, а також регулярно проводять контроль рівня шуму й профілактичні медичні огляди для своєчасного виявлення впливу шуму на здоров'я працівників.

4.2.5 Вібрації

У проектних приміщеннях вібрації виникають через роботу різноманітних машин і обладнання, що створюють неврівноважені силові дії, зокрема зворотно-поступальні рухи, дисбаланс обертових мас, а також через роботу компресорів, вентиляційних систем, двигунів внутрішнього згоряння та рух транспорту в межах будівлі. Вплив вібрацій на працівників проявляється у погіршенні самопочуття, зниженні продуктивності, а при тривалому впливі — у розвитку професійних захворювань, пов'язаних із вібрацією. Для зниження виробничих вібрацій у проектних приміщеннях застосовують комплекс заходів: зменшують вібрації безпосередньо в джерелі їх виникнення (балансування, амортизація, використання сучасного обладнання), обмежують поширення вібрацій через ізоляцію фундаментів і конструкцій, організовують робочі місця з урахуванням мінімізації впливу вібрацій, впроваджують засоби індивідуального захисту (віброізолюючі рукавички, спеціальні підставки), а також проводять профілактичні медичні огляди для своєчасного виявлення негативного впливу на здоров'я працівників.

Локальна вібрація передається через руки, загальна через підшви ніг. Загальна вібрація категорії «а», критерій оцінки – границя зниження продуктивності. Допустимі значення вібрацій вказані в таблиці 4.5.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Таблиця 4.5 – Допустимі значення вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Значення	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні коректовані значення			
				Віброприскорення		Віброшвидкість	
				$a_n, \text{м/с}^2$	$L_{ан}, \text{дБ}$	$V_n 10^{-2} \text{м/с}$	$L_{Vn}, \text{дБ}$
Локальна	-	X_L, Y_L, Z_L	Нормативні	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	X_0, Y_0, Z_0	Нормативні	0,10	100	0,20	92

4.2.6 Психофізіологічні фактори

Оцінка психофізіологічних факторів під час проведення преектних робіт здійснюється відповідно до Гігієнічної класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Загальні енергозатрати організму, Вт: до 174.

Робоча поза: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму. Сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій.

Сенсорні навантаження: зосередження (% за зміну) – до 5-75%;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 10;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год.

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 8 до 10 год.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год.

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

4.3. Пожежна безпека

Пожежна безпека в проектному приміщенні є ключовим аспектом організації роботи, оскільки пожежі можуть спричинити значну шкоду як для персоналу, так і для матеріальних цінностей. Забезпечення належного рівня пожежної безпеки регламентується державними стандартами та внутрішніми правилами підприємства.

Комплексна система пожежної безпеки в проектному приміщенні включає профілактичні заходи, спрямовані на запобігання виникненню пожеж, а також засоби і дії для ефективного реагування у разі їх виникнення. Для цього необхідно регулярно перевіряти справність пожежного обладнання та систем оповіщення, проводити навчання персоналу щодо алгоритму дій у надзвичайних ситуаціях, забезпечувати наявність і правильне розміщення вогнегасників та інших протипожежних засобів, а також своєчасно проводити їх обслуговування.

Організаційні заходи передбачають підтримання приміщення в належному стані, контроль за дотриманням протипожежного режиму, проведення інструктажів з пожежної безпеки для співробітників і роботу відповідальних комісій. Технічна профілактика полягає у дотриманні норм при проектуванні приміщення, правильному монтажі електропроводки,

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

опалювальних і вентиляційних систем, а також у безпечному розташуванні обладнання.

Дотримання режимних вимог включає заборону куріння у невідведених місцях, обмеження робіт з відкритим вогнем, правильне зберігання легкозаймистих матеріалів у спеціально обладнаних і захищених місцях. Експлуатаційні заходи передбачають своєчасне проведення профілактичних оглядів, ремонтів і випробувань обладнання для своєчасного виявлення та усунення потенційних джерел загоряння.

Системний підхід до організації пожежної безпеки в проектному приміщенні дозволяє суттєво знизити ризики виникнення надзвичайних ситуацій, забезпечити захист людей і майна, а також гарантувати безперервність виробничого процесу.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

ВИСНОВКИ

Верстати для різання листового металу є універсальним і незамінним обладнанням у сучасній промисловості, машинобудуванні, будівництві та багатьох суміжних галузях. Вони забезпечують високу точність, продуктивність і якість обробки металу різної товщини, що дозволяє виготовляти широкий спектр виробів – від покрівельних матеріалів і фасадних панелей до деталей техніки, енергетичних і транспортних систем.

У процесі роботи було проведено аналіз основних способів різання листового металу, серед яких найбільш поширеними є механічні (гільйотинні, дискові, стрічкопильні верстати), термічні (лазерне, плазмове, газокисневе різання) та гідроабразивні методи. Кожен із них має свої переваги, сферу застосування й обмеження, що дає змогу оптимально підбирати обладнання під конкретні виробничі завдання.

За результатами роботи розроблено конструкцію верстата для різання листового металу. В роботі наведено детальний опис конструкції: його основними вузлами є зварна рама, приводна система з мотор-редуктором і ланцюговою передачею, робочі вали з дисковими ножами, вузол подавання та підтримки матеріалу, вихідний транспортер і регулювальні елементи. Така компоновка забезпечує жорсткість, точність позиціонування, зручність обслуговування та можливість швидкого налаштування під різні типи і товщини металу.

Під час виконання роботи проведені розрахунки сил різання, крутного моменту, вибору підшипників, кінематичних і силових параметрів, які підтвердили правильність технічних рішень щодо вибору типу приводу, передач, конструкції валів і вузлів. Це дозволяє гарантувати надійність, довговічність і ефективність роботи верстата в умовах промислової експлуатації.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Особливу увагу приділено питанням безпеки праці, організації оптимальних умов роботи, пожежної профілактики, захисту від шуму, вібрацій та інших виробничих ризиків. Дотримання сучасних стандартів охорони праці, санітарних і протипожежних норм є обов'язковою умовою для впровадження такого обладнання на підприємствах, що сприяє збереженню здоров'я персоналу й підвищенню продуктивності праці.

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Як обрати лазерний верстат для різання металу? | ARAMIS. «ARAMIS». URL: <https://aramis.ua/yak-vybraty-lazer-dlya-stali/> (дата звернення: 01.04.2025).
2. Верстати поздовжньо - поперечного різання металу. Обладнання для метало- і деревообробки.. URL: <https://kverb.uaprom.net/ua/g3464743-prodolnaya-rezka> (дата звернення: 01.04.2025).
3. Чим різати метал? Основні способи порізки металопрокату - Метінвест-СМЦ. Metinvest. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/cim-rizati-metal-osnovni-sposobi-porizki/> (дата звернення: 01.04.2025).
4. Різання металу: опис та особливості процесу, способи та методи, механічна та термічна обробка. techtronic.com.ua ▶ Секрети обробки дерева, металу, робота з інструментами та все про зварювання. URL: <https://techtronic.com.ua/rizannya-metalu-zastosovuvani-texnologii/> (дата звернення: 01.04.2025).
5. Sheet metal cutting: an overview of thermal cutting processes. Metal Processing Machines | Surface Finishing Equipment | ARKU. URL: <https://www.arku.com/en/blog/sheet-metal-cutting> (date of access: 01.04.2025).
6. Laser cutting methods – review. Materials Research Forum. URL: <https://doi.org/10.21741/9781644901038-18> (date of access: 01.04.2025).
7. 5 common methods of cutting sheet metal - SHENCHONG. Wuxi Shenchong Forging Machine Co., Ltd - CNC Press Brake Shearing Machine Rolling Machine. URL: <https://www.shenchong.com/common-methods-cutting-sheet-metal-5-ways.html> (date of access: 01.04.2025).
8. What is sheet metal cutting: definition, types, equipment & applications - techniwaterjet. TechniWaterjet. URL: <https://www.techniwaterjet.com/sheet-metal-cutting/> (date of access: 01.04.2025).

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

9. How to cut sheet metal: a comprehensive guide. Shengen Plaatwerk. URL: <https://shengenfab.com/nl/cut-sheet-metal/> (date of access: 01.04.2025).

10. Chitnis R. 11 effective ways to cut sheet metal with power tools. Benchmark Abrasives. URL: <https://benchmarkabrasives.com/blogs/news/ways-to-cut-sheet-metal-with-power-tools> (date of access: 01.04.2025).

11. Jamian R. Design and fabrication of sheet metal cutting machine. Progress in engineering application and technology. 2024. Vol. 5, No. 1. P. 447–452.

12. Що таке гільйотина і для чого призначені гільйотинні ножиці! Каталог статей. yak.koshachek.com. URL: <https://yak.koshachek.com/articles/shho-take-giljotina-i-dlja-chogo-priznachen.html> (дата звернення: 09.04.2025).

13. Гідравлічні гільйотинні листові ножиці CHV-36: продаж, ціна у Дніпрі. Вирубні преси, прес-ножиці, гільйотини від "QUARTZ" - 117226512. "QUARTZ" - контакти, товари, послуги, ціни. URL: <https://qz.dp.ua/ua/p117226512-gidravlicheskie-gilotinnnye-listovye.html> (дата звернення: 09.04.2025)

14. МТА 1360 x 3 мм NCC ГІЛЬЙОТИНА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА ДЛЯ РІЗАННЯ МЕТАЛУ Bernardo | електромеханічні гільйотинні: продаж, ціна в Дніпрі. Згинальні верстати від BERNARDO UKRAINE | Бернардо Україна | Інтернет магазин австрійські верстати". "BERNARDO UKRAINE | Бернардо Украина | Интернет магазин австрийские станки по дереву и металлу" - контакти, товари, послуги, ціни. URL: <https://bernardo-ukraine.com/ua/p1503586610-mte-2060-ncc.html> (дата звернення: 09.04.2025).

15. Глембоцька Л. Є. Металообробне обладнання: навч. посіб. [Електронне видання] / Л. Є Глембоцька, О. Л. Мельник, Я. А. Степчин – Житомир: Житомирська політехніка, 2019. – 205 с.

16. Основи обробки матеріалів різанням та інструмент: Навчальний посібник для підготовки молодших спеціалістів та бакалаврів

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист 50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

машинобудівних спеціальностей / Ю. Ф. Лебеденко, С. Є. Сліпченко. Харків: Факт, 2020. - 344 с.

17. Стрічкопильний верстат по металу STILER BS 550G: продаж, ціна у Білій Церкві. Стрічкопильні верстати по металу та комплектуючі до них від "KORONET" - 1745975419. "KORONET" - контакти, товари, послуги, ціни. URL: <https://koronet.com.ua/ua/p1745975419-lentochnopilnyj-stanok-metallu.html> (дата звернення: 09.04.2025).

18. GBS 200 G Стрічкопильний відрізний верстат по металу | Стрічкова пила по металу Bernardo: продаж, ціна у Дніпрі. Стрічкопильні верстати по металу та комплектуючі до них від "BERNARDO UKRAINE | Бернардо Україна | Інтернет магазин австрійские станки по дереву и металлу" - 730276835. "BERNARDO UKRAINE | Бернардо Україна | Інтернет магазин австрійские станки по дереву и металлу" - контакти, товари, послуги, ціни. URL: <https://bernardo-ukraine.com/ua/p730276835-gbs-200-lentochnopilnyj.html?srsltid=AfmBOopMKizqo9YoiVZV0SMfY77C7iNLhwTNa zbJyFJVLvmOiYLFnpXc> (дата звернення: 09.04.2025).

19. 3.5. Розкрійно-заготівельні роботи - бібліотека buklib.net. Головна - Бібліотека BukLib.net. URL: <https://buklib.net/books/36297/> (дата звернення: 09.04.2025).

20. Китайська фабрика постачальників високошвидкісної лінії розрізання OEM - зроблено в Китаї - JINYE. Китайські розрізні лінії Виробники, вирізані на довжину Постачальники, фабрика металевих розрізаних машин - Jinye. URL: <https://ua.wxjyequipment.com/metal-slitting-machine/high-speed-slitting-line.html> (дата звернення: 09.04.2025).

21. Зварні та паяні з'єднання. Stud. URL: https://stud.com.ua/161771/tehnika/zvarni_payani_zyednannya (дата звернення: 11.05.2025).

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист 51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

22. Зварні з'єднання Особливості з'єднання деталей зварюванням і характеристика з'єднань. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/5403529/page:94/> (дата звернення: 11.05.2025).

23. Типи з'єднань та їхні основні характеристики. Загальні відомості. Головна | Elib LNTU. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/Деталі%20машин%20ЕЛП%202016/page46.html (дата звернення: 11.05.2025).

24. Практичне заняття РОЗРАХУНОК ШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ - ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА (ДЕТАЛІ МАШИН). Навчальні матеріали ТДАТУ. URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tm_1/page9.html (дата звернення: 11.05.2025).

25. Лекція 6. тема 2.2 різання листового матеріалу на ножицях. <https://vseosvita.ua>. URL: <https://vseosvita.ua/lesson/lektiia-6-tema-22-rizannia-lystovoho-materialu-na-nozhytsiakh-53410.html>. (дата звернення: 11.05.2025)

26. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 275 с.

27. Деталі машин. Розрахунок та конструювання : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов, О. І. Дубинець, О.І. Пилипенко, А. В. Гайдамака, С. Л. Панов, А. С. Столбовий. – Київ : Талком, 2014. – 684 с.

28. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

29. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу:

http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14_nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

30. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

31. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

32. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

33. [Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості від 16.10.2013 № 749 «Про затвердження Правил охорони праці під час холодного оброблення металів»](#),

34. НПАОП 0.00-1.68-13 Правила охорони праці під час холодного оброблення металів

35. Наказ МОЗ України № 285 від 13.02.2023 «Про затвердження Граничних та робочих рівнів виробничої вібрації та Порядку проведення оцінки рівня небезпеки впливу вібрації на працівника» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0535-23#Text>

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист 53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

ДОДАТКИ

					08-62.БКП.07.01.000.ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Додаток А
(обов'язковий)

Затверджую
Завідувач кафедри ГМ
д. т. н., професор
Поліщук Л.К.
«__»_____ 2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на бакалаврський кваліфікаційний проєкт
ВЕРСТАТ ДЛЯ РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ
08-62.БКП.07.01.00.000

Керівник роботи:
к.т.н., доц., асистент кафедри ГМ
Поліщук О. В.

Виконавець: ст. гр. 1ГМ–216
Білоконь Л. В.

Вінниця – 2025 р.

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВЕРСТАТ ДЛЯ РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ	Літ.	Арк.	Аркуші
Розробив	Білоконь Л.В.						1	6
Перевірів	Поліщук О.В..							
Реценз.						ВНТУ, гр. ГМ-216		
Н. Контр.	Слабкий А. В.							
Затв.	Поліщук Л.К							

1. Найменування і область застосування

Верстат для різання листового металу призначений для різання холоднокатаного листового та рулонного металу.

2. Підстава для виконання роботи

Підставою для розробки даного дипломного проєкту є індивідуальне завдання на бакалаврський дипломний проєкт та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

3. Мета і призначення дослідження

Метою бакалаврського кваліфікаційного проєкту є розробка верстата для різання листового металу.

4. Джерела розробки

Список використаних джерел розробки

1. Глембоцька Л. Є. Металообробне обладнання: навч. посіб. [Електронне видання] / Л. Є Глембоцька, О. Л. Мельник, Я. А. Степчин – Житомир: Житомирська політехніка, 2019. – 205 с.

2. Основи обробки матеріалів різанням та інструмент: Навчальний посібник для підготовки молодших спеціалістів та бакалаврів машинобудівних спеціальностей / Ю. Ф. Лебеденко, С. Є. Сліпченко. Харків: Факт, 2020. - 344 с.

3. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 275 с.

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	56
		№ докум.	Підпис			

4. Деталі машин. Розрахунок та конструювання : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов, О. І. Дубинець, О.І. Пилипенко, А. В. Гайдамака, С. Л. Панов, А. С. Столбовий. – Київ : Талком, 2014. – 684 с.

5. Розкрійно-заготівельні роботи - бібліотека buklib.net. Головна - Бібліотека BukLib.net. URL: <https://buklib.net/books/36297/>

6. Jamian R. Design and fabrication of sheet metal cutting machine. Progress in engineering application and technology. 2024. Vol. 5, No. 1. P. 447–452.

7. Верстати поздовжньо - поперечного різання металу. Обладнання для метало- і деревообробки. URL: <https://kverb.uaprom.net/ua/g3464743-prodolnaya-rezka>

5. Технічні вимоги

– вимоги монтажної придатності до продукції – поставка в вузловому вигляді;

– маса продукції – до 500 кг;

– захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності, покриттів та використання корозійностійких матеріалів;

– складові частини пристрою взаємозамінні;

– деталі повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила;

– дрібносерійний вид виробництва деталей, запасні частини передбачаються.

5.1 Показники призначення:

1) Продуктивність – 72 пм/год;

2) Область застосування – холодна обробка металів;

3) Розміри: 1245x880x1500 мм;

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	57
		№ докум.	Підпис			

4) Максимальна товщина оброблюваного металу – 0,5 мм;

5) Максимальна ширина листа (рулона) – 600 мм.

5.2 Вимоги до надійності:

Довговічність – не менше 20 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 3 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність верстата в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компоновальне рішення обладнання повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність до деталей, які вірогідно можуть мати найменший термін служби та відносно простий їх ремонт.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації

Конструкція деталей верстата для різання листового металу повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації

За можливості під час розробки конструкції використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності

Забезпечується безпека під час монтажу і ремонту. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонту верстата.

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	58
		№ докум.	Підпис			

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей верстата слід обирати відповідно до рекомендацій, що застосовують під час виготовлення металооброблювальних машин, що застосовуються в машинобудівній галузі.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту

– умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання обладнання з заданими технічними показниками – обладнання призначене для використання у середньоширотних кліматичних умовах;

– час підготовки обладнання до використання після транспортування і зберігання – 1 доба;

– вид обслуговування періодичний;

– періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 1 день (один раз в місяць).

5.9 Вимоги по транспортування і збереження

– можливість транспортування будь-яким видом вантажних транспортних засобів;

– захист від ударів під час завантаження і розвантаження;

– зберігання на складі готової продукції;

– зберігання у законсервованому вигляді;

– складування окремих вузлів на стелажах.

6. Стадії і етапи розробки

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	59
		№ докум.	Підпис			

Під час розробки верстата передбачаються такі стадії і етапи розробки:

- огляд обладнання для різання листового мет;
- розробка конструкції верстата для різання листового металу;
- розрахунок геометричних та силових параметрів верстата для різання листового металу;
- розробка 3D моделей та складальних креслень верстата для різання листового металу;
- аналіз санітарних умов праці в приміщенні, в якому буде здійснюватиметься розробка обладнання;
- заключення висновків;
- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту кваліфікаційної роботи.

7. Порядок контролю і прийому

Порядок контролю і приймання бакалаврського кваліфікаційного проєкту визначається графіком консультацій і попереднього захисту робіт, які затверджуються кафедрою ГМ і остаточного захисту роботи перед ДЕК.

Коректування стадій та етапів виконання бакалаврського кваліфікаційного проєкту може проводитися при узгодженні з керівником роботи.

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	60
		№ докум.	Підпис			

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА
«ВЕРСТАТ ДЛЯ РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ»

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обладнання для різання листового металу



Електромеханічні гільйотинні ножиці МТЕ 2060 x 4 НСС

Гідравлічні гільйотинні листові ножиці СНУ-36



Високошвидкісна лінія поздовжнього різання 0.2-2x1250 виробництва Wuxi Jiye Complete Equipment Co., Ltd: а) розкроювальна частина; б) лінія подачі



Стрічкопильний верстат по металу
STILER BS 550G



Стрічкопильний верстат по металу
BerNardo GBS 200 G

№ док. №

Підп. і дата

Взам. инв. №

Инд. № док.

Підп. і дата

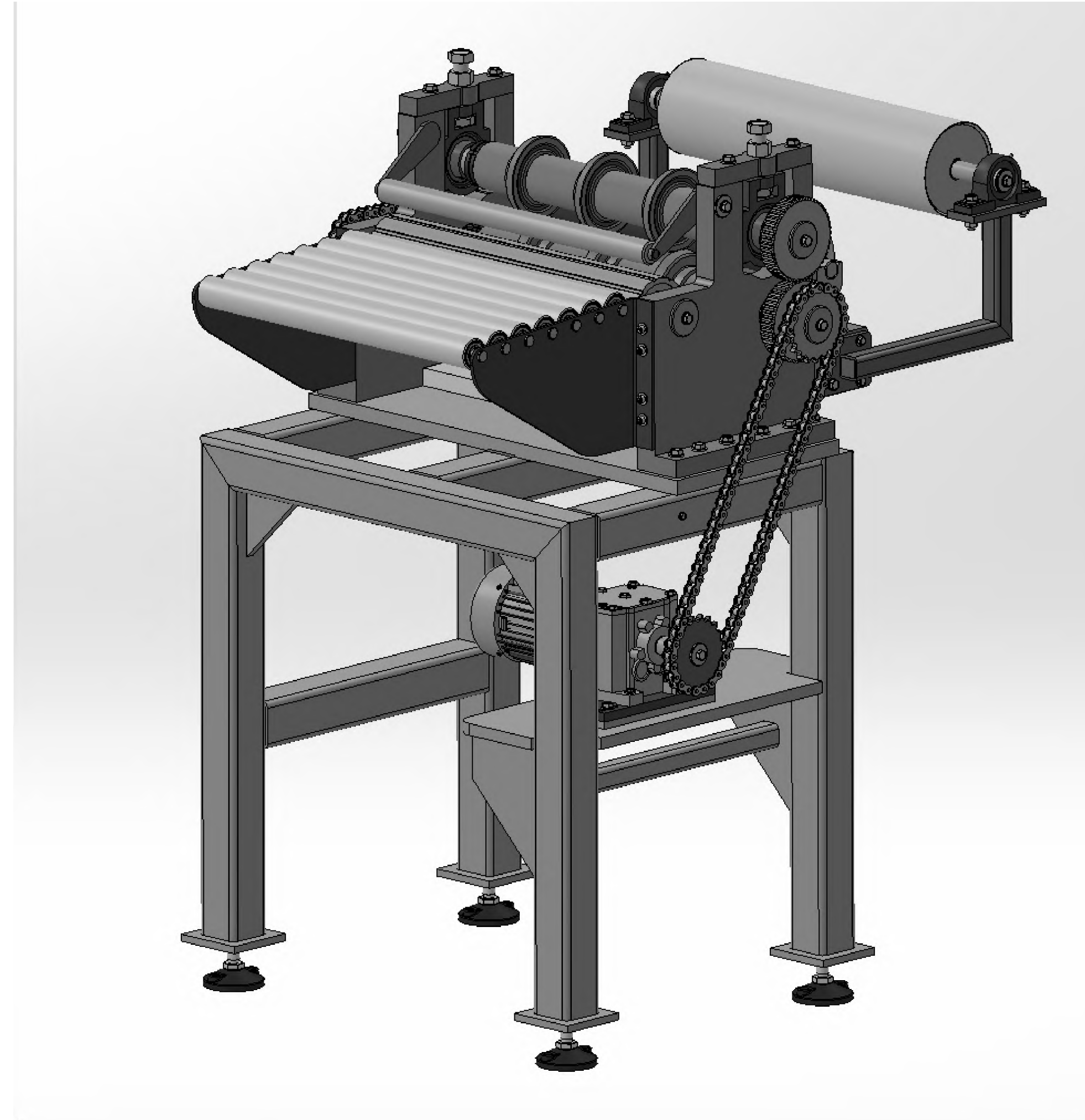
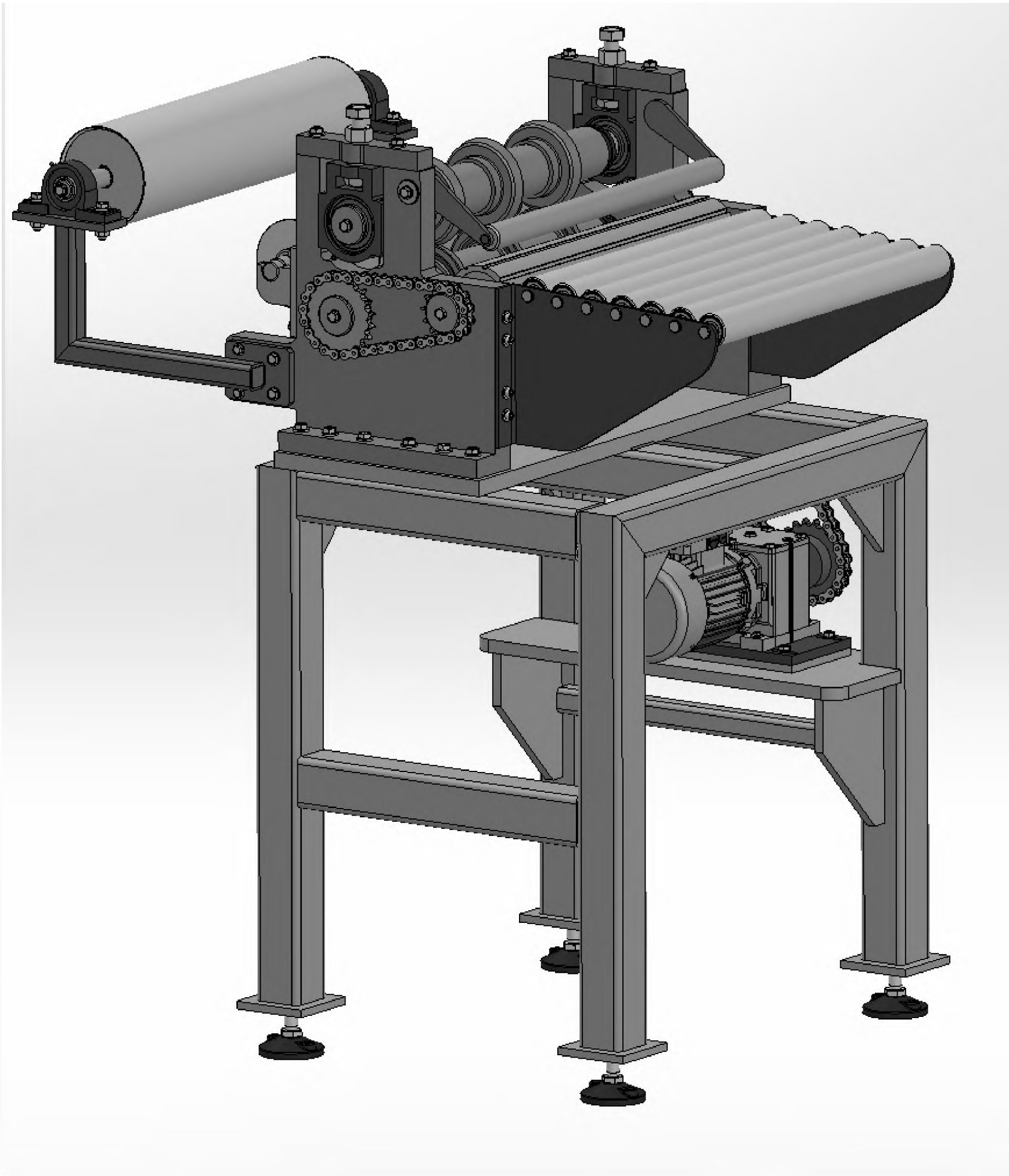
Стор. №

Перф. промен.

08-62БКП.07.01.00.000.П1

						08-62БКП.07.01.00.000.П1		
Изм. Разраб. Пров. Г. контр.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Одладнання для різання листового металу	Лист	Масса	Масштаб
		Білокань Л.В.						1:1
		Полещук О. В.					Лист	Листов
Нконтр. Утв.		Слодкий А. В.				ВНТУ, зр. ГМ-218		
		Полещук Л. К.				Копировал		
						Формат А1		

Верстат для різання листового металу



№ док. №

Підп. і дата

Взам. инв. №

Инд. № док.

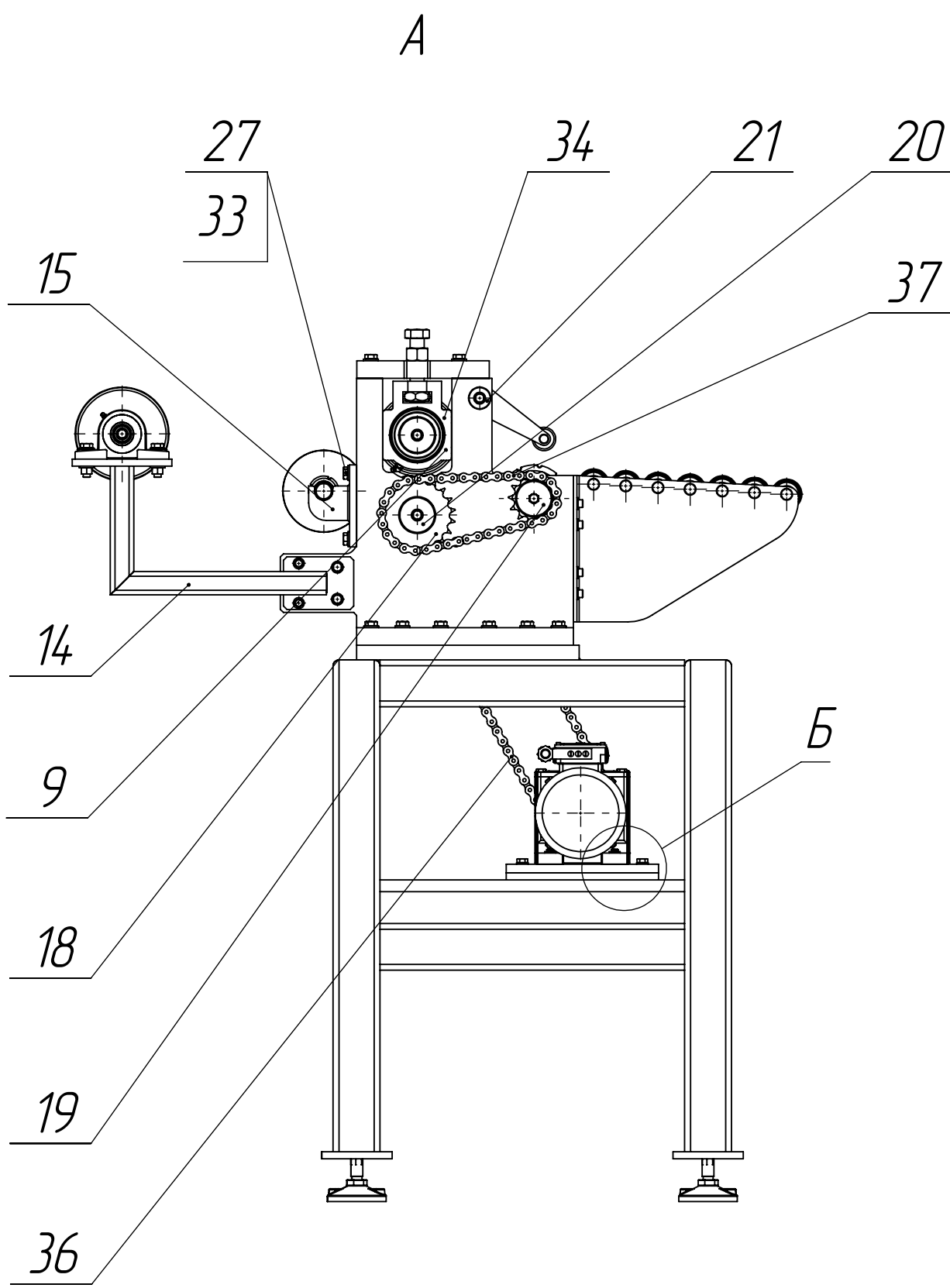
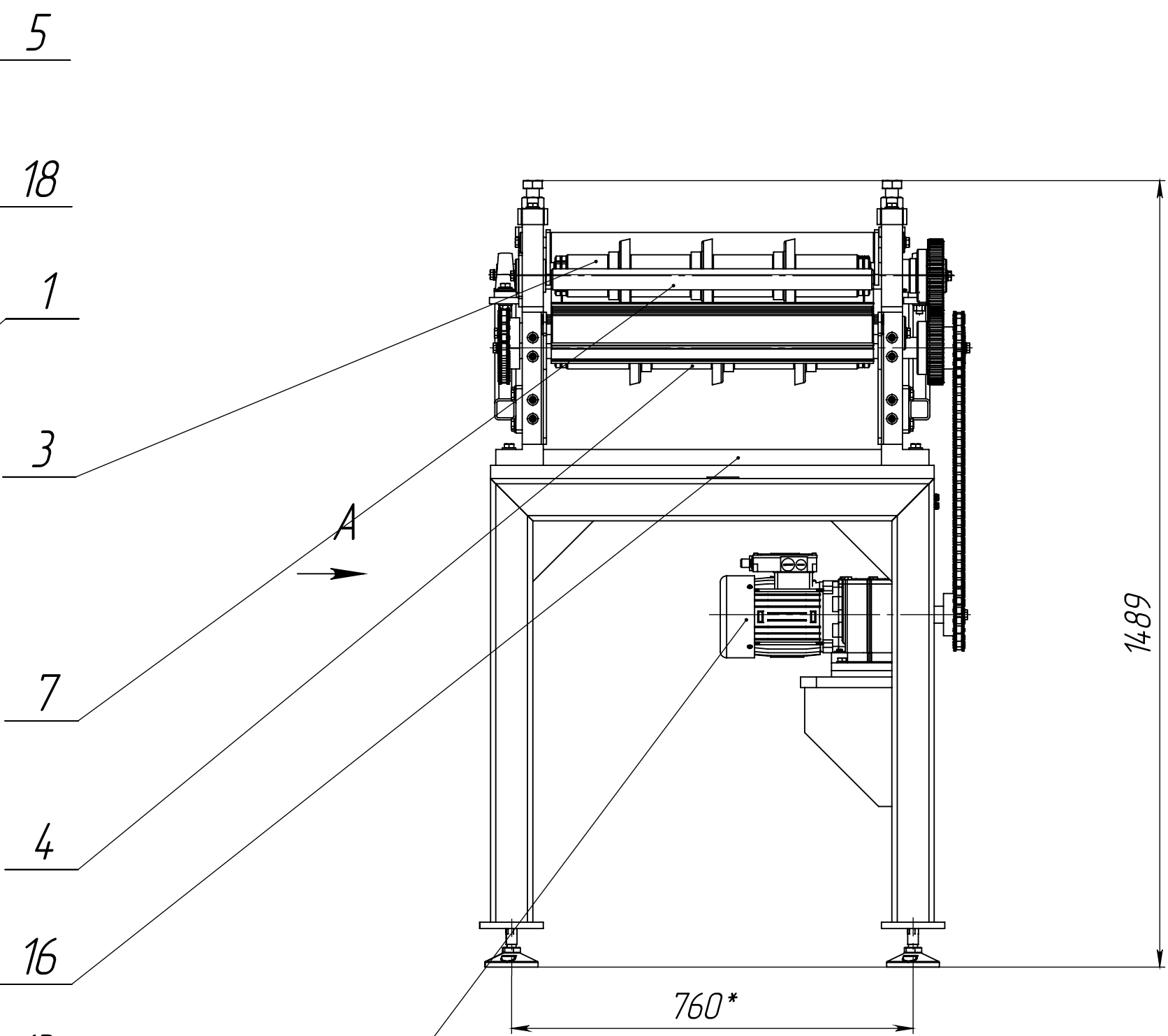
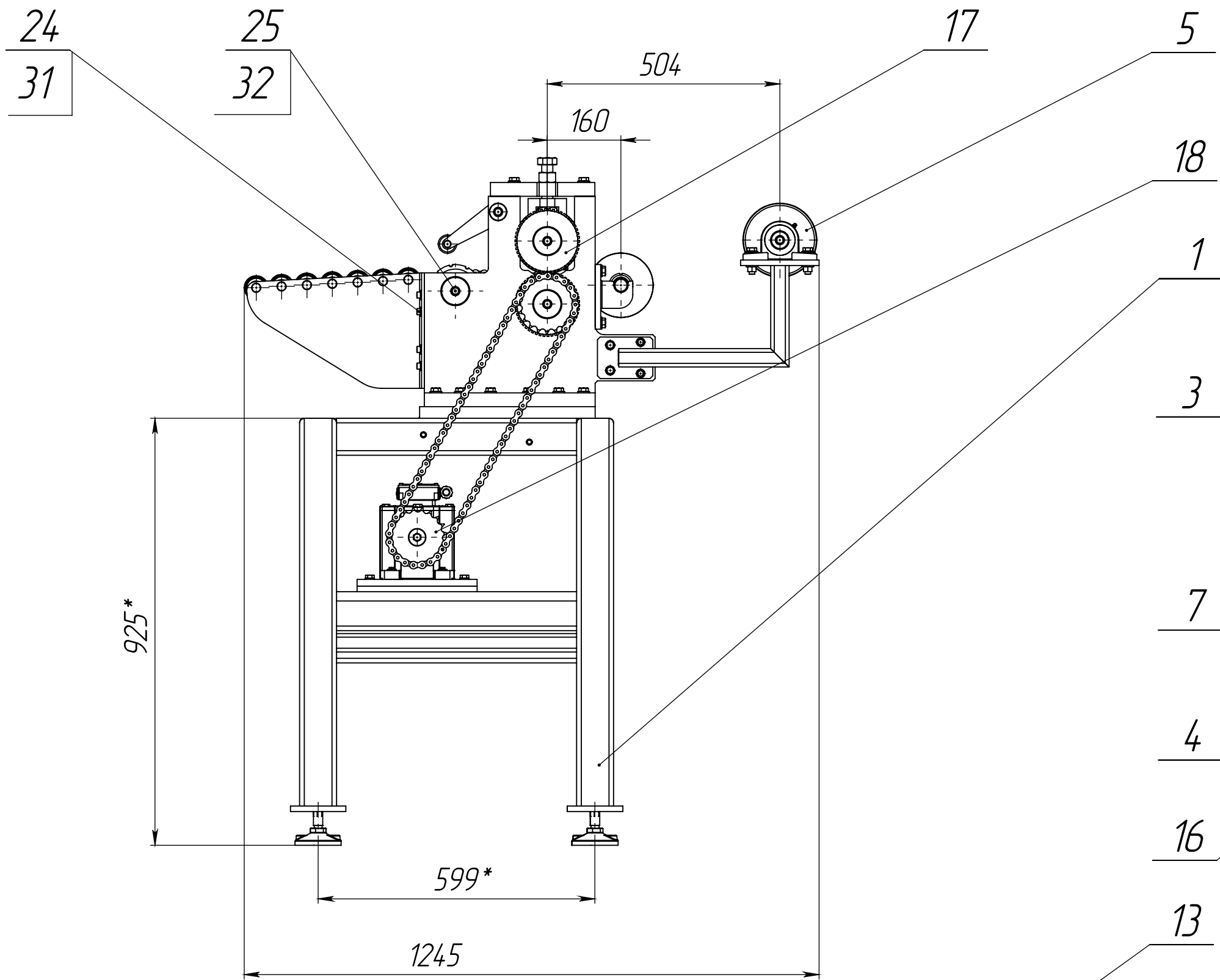
Підп. і дата

Стор. №

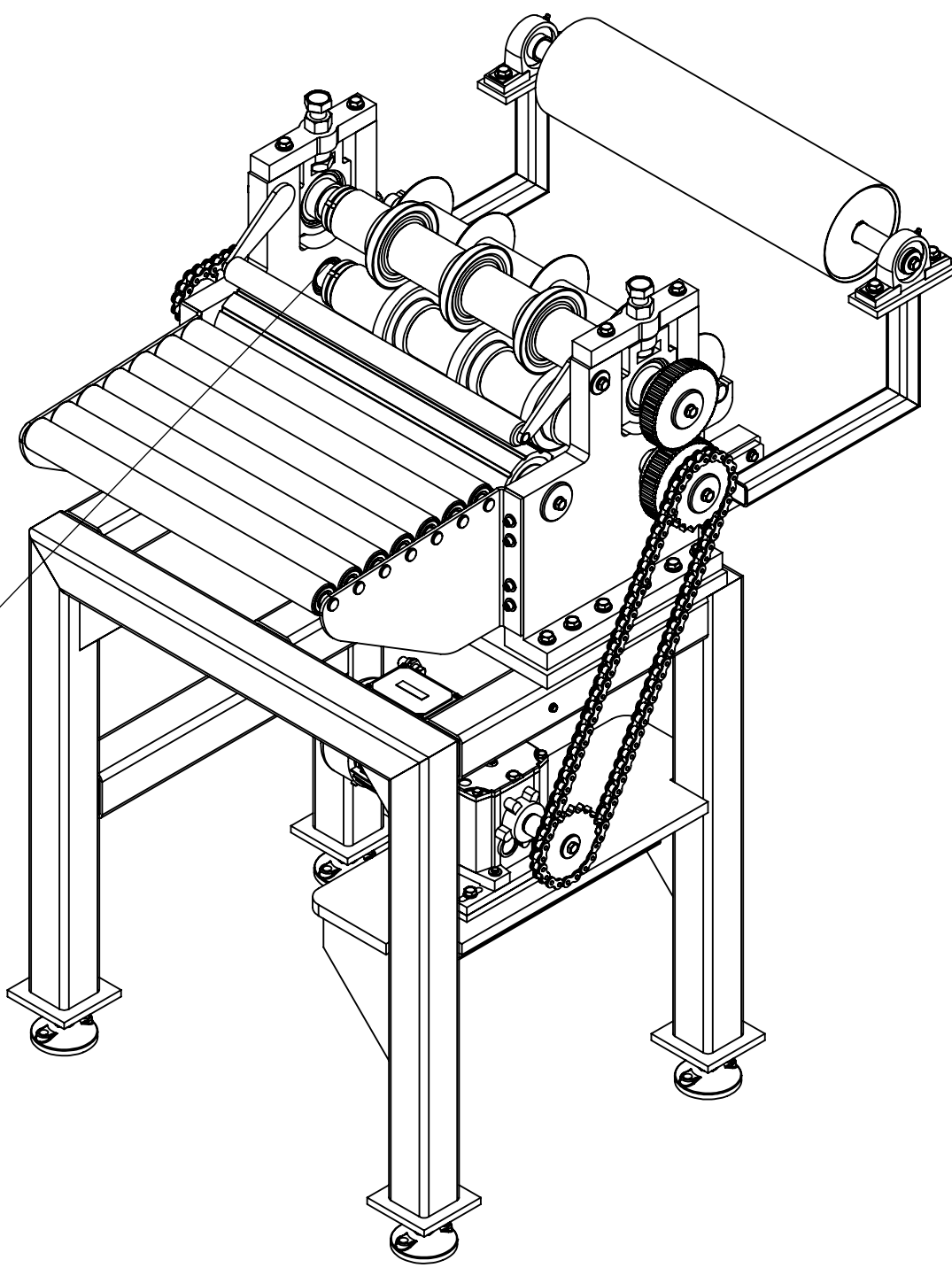
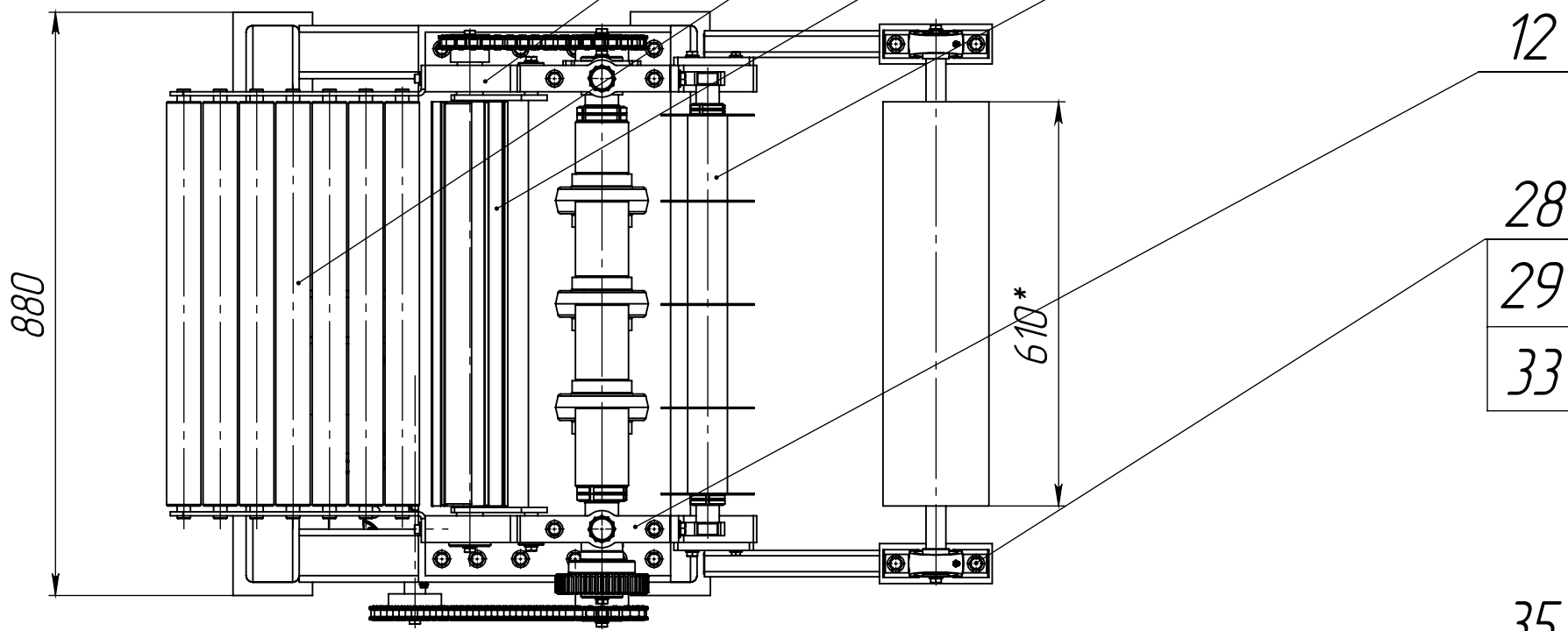
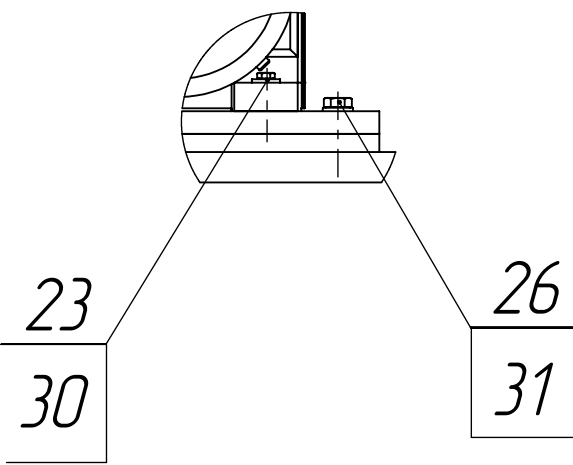
Перф. промен.

08-62БКП.07.01.00.000.П2

						08-62БКП.07.01.00.000.П2			
Ізм. Розроб. Проб. І.контр.	Лист	№ док.	Підп.	Дата	Верстат для різання листоваго металу	Лит.	Маса	Масштаб	
		Білокань Л.В.						1:1	
		Полещук О. В.				Лист	Листів	1	
Н.контр.		Слодкий А. В.				ВНТУ, зр. ГМ-210			
Утв.		Полещук Л. К.				Копіював			
						Формат А1			



Б (1 : 5)



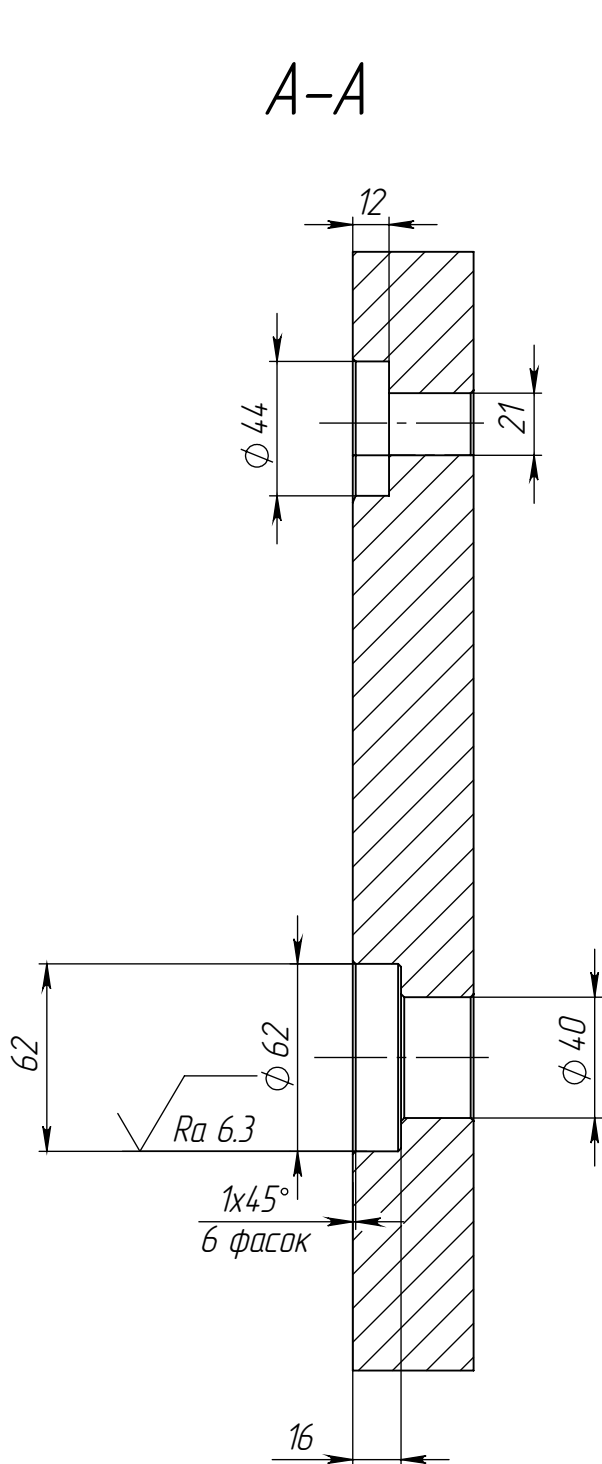
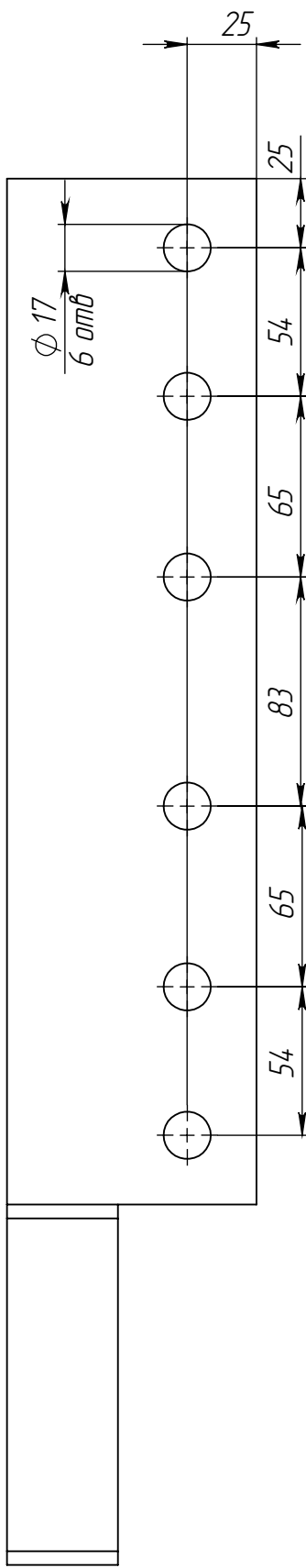
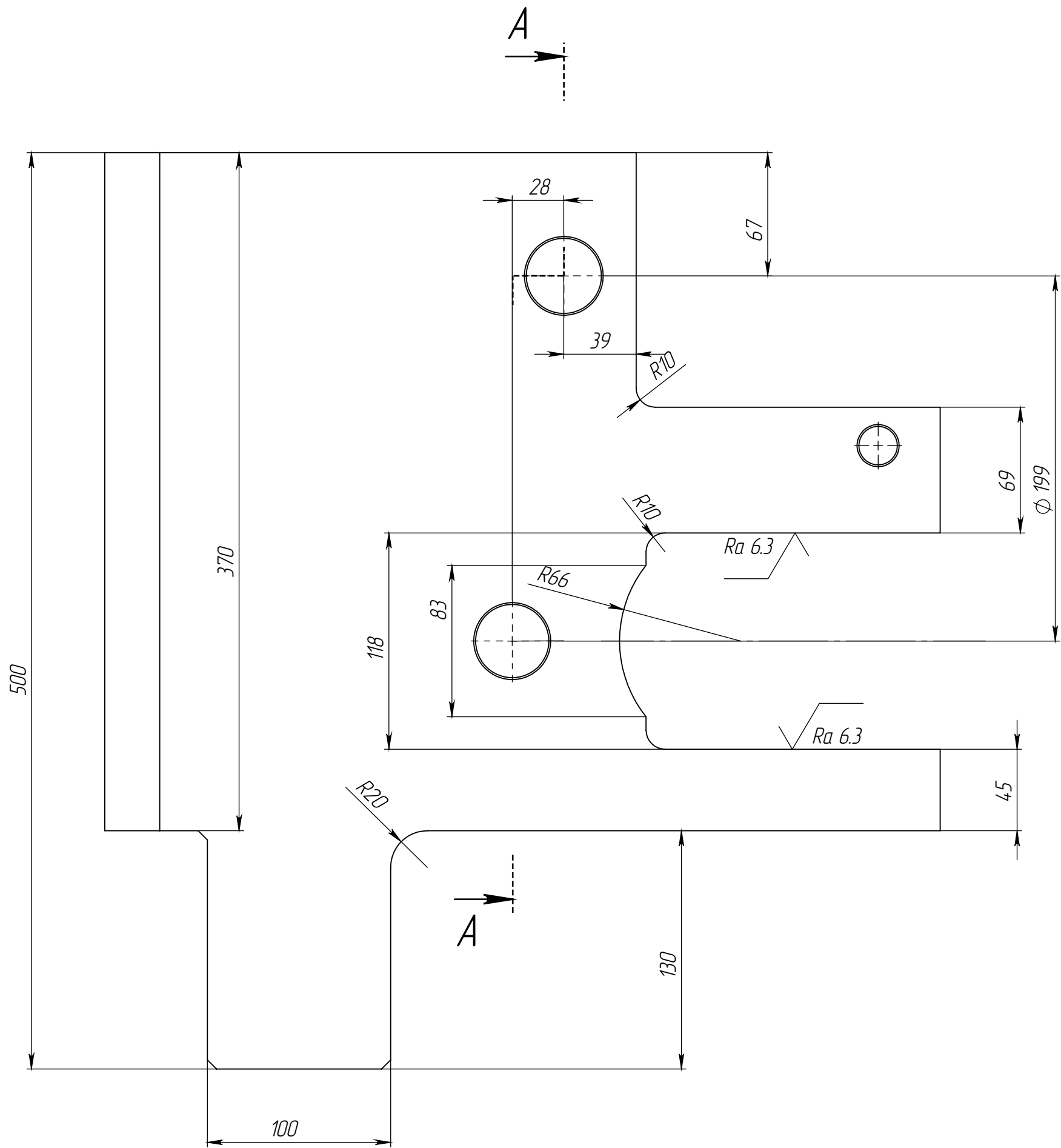
- Технічні характеристики
1. Продуктивність – 72 м/год
 2. Максимальна товщина сталевого листа – 0,5 мм
 3. Максимальна ширина листа/рулона – 600 мм
- Технічні вимоги
1. Невказані відхилення $h14$, $H14$, $\pm IT14/2$
 2. Зварні шви виконувати за ГОСТ 14771-76 з подальшим контролем якості (візуальним або ультразвуковим)
 3. Підшипникові вузли монтувати з попереднім нагрівом до 80-100°C
 4. Мащення підшипників ковзання здійснювати пластичною змазкою ЦИАТИМ-201
 5. Відхилення від співвідносності робочих валів – не більше 0,05 мм на 1 м довжини
 6. Усі різьбові з'єднання покрити пластичною змазкою Циатим 201
 7. Гайки та болти затягувати за допомогою динамометричного ключа моментом 50±5 Нм
 8. Рівень шуму під час роботи – не вище 85 дБ на відстані 1 м
 9. Перед запуском відкрити ланцюгову передачу закрити кожухом
 10. Провести запуск на холостому ході протягом 30 хв
 11. Корпусні та нерухомі частини покрити емаллю в два шари

				08-62.БКП.07.01.000.СК				
				Верстат для різання листового металу				
Эмч		Арк	№ докум	Підп.	Дата	Літ	Маса	Масштаб
		Розроб	Білоконь Л.Д.		11.05.2015			1:10
		Перев	Поліщук О.В.					
		Т. контр				Аркциш 1		Аркциш 1
		Нач. КБ				ВНТУ, гр. ГМ-21б		
		Н.контр	Славкив А.В.					
		Утв.	Поліщук Л.К.					

Інв. № орг.	Підпис та дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис та дата	Довід. №	Перв. застосов.

Інв. № ориг.	Підпис та дата	Взам. інв. №	Інв. № згід.	Підпис та дата	Довід. №	Перв. застосу.
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------	----------	----------------

08-62.БКП.07.01.00.012



Ra 12.5 (✓)

- Н14, h14, +- IT14/2
- Невказані радіуси скруглень 1 мм
- Перед установкою припасувати

08-62.БКП.07.01.00.012						Станина ліва			Літ.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	11.05.2025						1:2.5
Розроб.	Білокань І.В.										
Перев.	Поліщук О. В.										
Т.контр.									Аркуш 1	Аркушів 1	
Нач. КБ											
Н.контр.	Сладкий А. В.										
Утв.	Поліщук Л. К.										

Сталь 45 ДСТУ 7809:2015

ВНТУ, зр. ГМ-218

Копіював

Формат А1

Додаток В
(обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЇ
«ВЕРСТАТ ДЛЯ РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МЕТАЛУ»

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Формат		Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Прим.
					<u>Документація</u>		
					<u>Складальні одиниці</u>		
		1		08-62.БКП.07.01.00.000.СК	Рама		
		2		08-62.БКП.07.01.02.000.СК	Роликовий стіл		
		3		08-62.БКП.07.01.03.000.СК	Вал ножовий верхній		
		4		08-62.БКП.07.01.04.000.СК	Вал ножовий нижній		
		5		08-62.БКП.07.01.05.000.СК	Тримач рулону		
		6		08-62.БКП.07.01.06.000.СК	Валок підтримуючий		
		7		08-62.БКП.07.01.07.000.СК	Валок притискний		
		8		08-62.БКП.07.01.08.000.СК	Валок очисний		
		9		08-62.БКП.07.01.09.000.СК	Натяжний пристрій		
					<u>Деталі</u>		
		12		08-62.БКП.07.01.00.012	Станина ліва	1	
		13		08-62.БКП.07.01.00.013	Станина права	1	
		14		08-62.БКП.07.01.00.014	Кронштейн	2	
		15		08-62.БКП.07.01.00.015	Кронштейн	2	
		16		08-62.БКП.07.01.00.016	Ребро підсилення	1	
		17		08-62.БКП.07.01.00.017	Колесо зубчасте	2	
		18		08-62.БКП.07.01.00.018	Зірка	3	
		19		08-62.БКП.07.01.00.019	Зірка ведена	1	
		20		08-62.БКП.07.01.00.020	Підкладка	6	
		21		08-62.БКП.07.01.00.020	Підкладка	2	
Підп. і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №					
Підп. і дата	Інв. № ориг.						
		Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	08-62.БКП.07.01.00.000 Верстат для різання листового металу Літ. Аркуш Аркушів ВНТУ, гр. ГМ-216
Розроб.	Білоконь Л.Д.						
Перевір.	Поліщук О.В.						
Нач. від.							
Н.контр	Слабкий А.В.						
Затв.	Поліщук Л.К.						

Підп. і дата				30		DIN 125-A6,4-300HV	4	
				31		DIN 125-A8,4-300HV	8	
				32		DIN 125-A10,5-300HV	22	
				33		DIN 125-A13-300HV	24	
Інв. № дубл.				34		Корпусний підшипниковий вузол UCT210	2	
				35		Підшипник 6908 (40×62×12)		
						ГОСТ 8338-75 / ISO 6908	2	
				36		Ланцюг роликовий 12В-1, однорядний		
Зам. інв. №						крок 19,05 мм, ANSI B29.1, L=5,0 м	1	
				37		Ланцюг роликовий 12В-1, однорядний		
						крок 19,05 мм, ANSI B29.1, L=1,0 м	1	
Підп. і дата								
Інв. № ориг.								
						08-62.БКП.07.01.00.000		
	Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			

Додаток Г
(обов'язковий)

АКТ ПЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ

					08-62.БКП.07.01.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Верстат для різання листового металу

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра галузевого машинобудування, ФМТ, гр. 1ГМ-216

(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 12 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Поліщук Л.К., зав. кафедри ГМ

(прізвище, ініціали, посада)

Шенфельд В.Й., доцент кафедри ГМ

(прізвище, ініціали, посада)

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

ШЕНФЕЛЬД В.Й.
(прізвище, ініціали)

З висновком експ

ознайомлений(-на)

Керівник

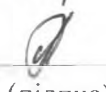

(підпис)

Поліщук

т.н., доцент

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач


(підпис)

Білоконь Л.В.

(прізвище, ініціали)