

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
(назва факультету)

кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему Модернізація приводу летючих кривошипних-шатунних ножиць в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент групи 6.1331-с

Ткачов М. Є.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Гречаний О.М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 року

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти бакалавр

(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Ткачова Микити Євгеновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація приводу летючих кривошипних-шатунних ножиць в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»
керівник кваліфікаційної роботи ст.викладач, Ph.D. Гречаний О.М.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” грудня 2023 року № 2215-с.
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 14 червня 2024 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи прокатного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Летючі кривошипно-шатунні ножиці – 2А1; 2. Головний привод ножиць – 2А1; 3. Диференційний редуктор – 1А1; 4. Фундамент диференційного редуктора – – 1А1.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Гречаний О.М., Ph.D., ст. викладач		
2	Гречаний О.М., Ph.D., ст. викладач		
3	Гречаний О.М., Ph.D., ст. викладач		
4	Гречаний О.М., Ph.D., ст. викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проектування	13.05.2024 – 20.05.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	21.05.2024 – 27.05.2024	
3	Виконання теоретичної частини проекту	26.05.2024 – 29.05.2024	
4	Виконання графічної частини проекту	30.05.2024 – 05.06.2024	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2024 – 10.06.2024	
6	Перевірка проекту консультантами	11.06.2024 – 13.06.2024	
7	Попередній захист проекту	14.06.2024	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ткачов М. Є. Модернізація приводу летючих кривошипних-шатунних ножиць в умовах прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник О. М. Гречаний. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2024.

Проаналізовані переваги та недоліки конструкцій устаткування для поперечного різання штаби. Запропонований варіант модернізації вузла вузла повзуна кривошипно-шатунних ножиць. Виконані необхідні для впровадження модернізації розрахунки. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології в прокатному виробництві.

Ключові слова: ножиці, розкат, штаба, супорт, ніж, електропривод, шатун, ексцентрик

ABSTRACT

Tkachov M. Ye. Modernization of the Drive of Flying Slider-Crank Linkage Scissors in the Conditions of the Rolling Shop of Zaporizhstal PJSC

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser O. M. Hrechanyi. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

The advantages and disadvantages of the constructions of the equipment for transverse cutting of staffs are analyzed. The proposed version of the modernization of the unit of the sliding unit of crank-and-connecting scissors. Calculations necessary for the implementation of modernization have been completed. Attention is paid to issues of man-made safety and ecology in rolling production.

Keywords: scissors, roller, staff, caliper, knife, electric drive, connecting rod, eccentric

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Технологія прокатки та вантажопотоки безперервного тонколистового стану гарячої прокатки 1680	8
1.2 Коротка характеристика устаткування безперервного тонколистового стану гарячої прокатки 1680	16
1.3 Заходи щодо усунення конструктивних недоліків обладнання цеху	23
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	24
2.1 Огляд і аналіз устаткування для поперечного різання штаби	24
2.2 Опис проекту модернізації приводу кривошипно-важільних летючих ножиць	27
2.3 Опис конструкції й принципу роботи кривошипно– важільних летючих ножиць з ковзним кривошипом	28
2.4 Розрахунки потужності приводу й найбільш навантажених вузлів летючих ножиць	33
2.4.1 Розрахунок швидкості ножів	33
2.4.2 Визначення прискорення ножів (супортів) при їхньому нерівномірному обертанні	38
2.4.3 Визначення моментів і потужності електродвигуна	39
2.5 Вибір вальниць кочення	42
2.5.1 Типи вальниць та їх призначення	42
2.5.2 Розрахунок роликової сферичної вальниці	43
2.6 Розрахунки черв'ячної передачі механізму регулювання зазору між ножами	44
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	57
3.1 Монтаж летючих ножиць і їх приводу	57
3.2 Експлуатація летючих ножиць	57
3.3 Змащення вузлів ножиць	58

	2
3.4 Фундаменти	60
3.4.1 Розрахунок фундаменту для установки диференційного редуктора	60
3.4.2 Розрахунок анкерних болтів для закріплення диференційного редуктора на фундаменті	64
3.4.3 Розрахунок площі пакету підкладок	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	69
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища	69
4.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища	71
4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії	73
4.3.1 Мікроклімат	73
4.3.2 Освітлення виробничих приміщень	74
4.4 Техногенна безпека	75
4.4.1 Заходи щодо техніки безпеки	75
4.4.2 Заходи пожежної безпеки	76
Висновки	77
Список використаної літератури	78
ДОДАТКИ	82

ВСТУП

Відомо, що для поперечного різання гарячого й холодного металу квадратного, прямокутного й круглого перетину, а також сортових профілів і заготовок, використовують ножиці. По своїй конструкції ножиці діляться на наступні типи:

- ножиці з паралельними кромками ножів.
- гільйотинні ножиці.
- дискові ножиці.
- летючі ножиці, які свою чергу поділяються на барабанні, кривошипно-шатунні, планетарні й маятникові.

Барабанні летючі ножиці набули широкого застосування для гарячого різання широких штаб товщиною до 12 мм., холодного різання сталевих штаб товщиною до 3 мм. Позитивною якістю цих ножиць є висока швидкість різання, повна врівноваженість оберткових мас. Однак ці ножиці не забезпечують одержання вертикальної площини різання, що пов'язано з окружною траєкторією польоту ножів. Для того, щоб площина різання штаби була рівною, необхідно щоб ножі в період різання зближались, залишалися паралельними один відносно іншого й становили кут 90° зі штабою, що рухається. Цим вимогам задовольняють кривошипно-шатунні ножиці.

При модернізації окремих важко навантажених деталей приводу й підвищенні їх стійкості ці ножиці найбільш перспективні в прокатному виробництві.

Пояснювальна записка до дипломного проекту містить 92 сторінки, на яких 21 рисунок, 12 таблиць, 10 додатків та бібліографічний список, що має 39 найменувань літературних джерел.

Об'єкт проектування – вузли кривошипно-шатунних ножиць лінії поперечного різання штаби ПАТ «Запоріжсталь».

Мета роботи – усунення конструктивних недоліків існуючої конструкції вузла повзуна кривошипно-шатунних ножиць.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Технологія прокатки та вантажопотоки безперервного тонколистового стану гарячої прокатки 1680

Сляби в нагрівальні печі тонколистового стану можуть подаватися в такий спосіб:

- транзитом – безпосередньо після прокатки на обтискному стані по похилому транспортові або через складальні столи й прийомні столи грубого рольганга;
- зі складу – електромостовим краном через прийомні столи грубого рольганга.

Методичні рекуперативні печі для нагрівання слябів – чотирьохзонні із двостороннім нагріванням, дворядні, з торцевою посадкою й видачею.

Печі опалюються сумішшю доменного коксового й природного газів калорійністю від 1070 до 1350 кКал/годину (при температурі 200 °С й тискові 760 мм рт. ст.) відповідно до технологічної карти [1]. У якості паливоспалюючих пристроїв застосовуються інжекційні пальники.

Основні розміри робочого простору печей наведено в таблиці 1.1. У кожній печі є чотири глисажні труби, які служать опорою для слябів.

Відстань між осями глисажних труб лівої й правої пари 1065 мм, двох крайніх труб – 3500 мм.

Повітря, необхідне для горіння підігрівається в блоковому керамічному рекуператорі обсягом 330 м³ до температури від 500 до 1500 °С. Продукти горіння від усіх печей відводяться по лежакам у два димаря висотою 85 м. Величина тяги регулюється димовим шибером поворотного типу, встановленим у лежакові за кожною піччю. Нагрівання слябів у методичних печах проводиться по режимах, залежно від температури металу й групи сталі. Основні технічні

характеристики нагрівальних печей та розміри робочого простору наведено в таблиці 1.1.

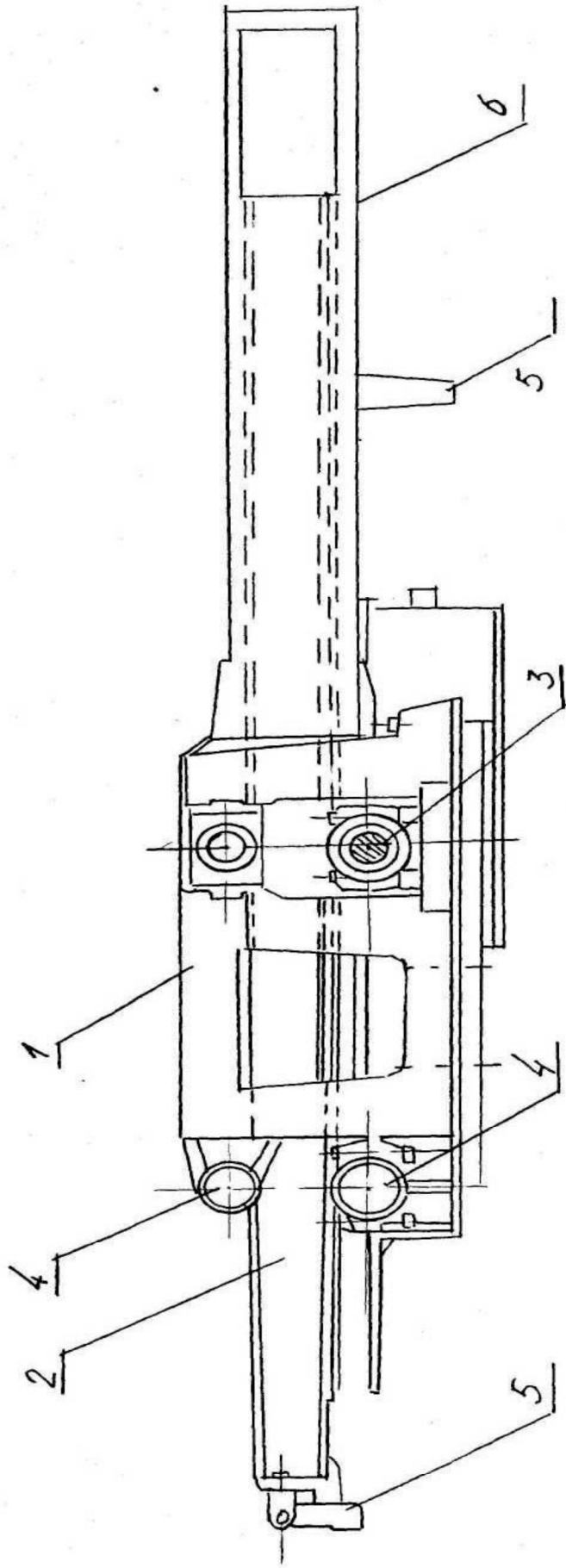
Таблиця 1.1 – Коротка технічна характеристика й основні розміри робочого простору нагрівальних печей

Найменування	Одиниця виміру	Камера печей 1,2,3,4	Камера печі 5
Корисна довжина	мм	31540	31540
Ширина печі	мм	5220	5684
Довжина методичної зони	мм	5252	6900
Довжина другої зварювальної зони	мм	7810	8850
Довжина першої зварювальної зони	мм	9280	9280
Теплова потужність	ккал/годинна	53x106	53x106

Завантаження й переміщення слябів через печі здійснюється двома штовхачами рейкового типу (рисунок 1.1), кожний з яких має наступні характеристики:

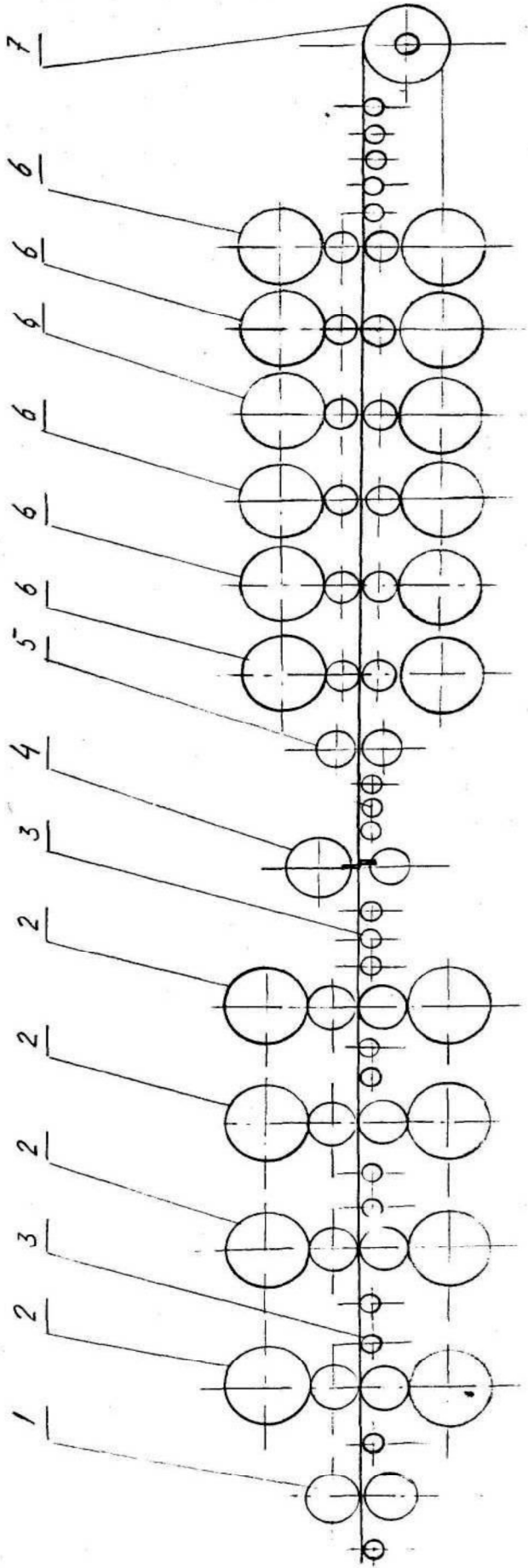
максимальне зусилля, т	80
робоча швидкість штовхання, м/с	0,25
максимальний хід штанги, м	3,8
максимальний хід, м	5,4
максимальний робочий хід, м	3,0
потужність двигуна, кВт	100

Кінематична схема безперервного тонколистового стану 1680 наведено на рисунку 1.2



1 – станина, 2 – штанга, 3 – вал-шестерня, 4 – опорні ролики, 5 – упор, 6 – кожух

Рисунок 1.1 – Схема здвоєного рейкового штовхача



1 – чорнова двохвалякова кліть, 2 – чорнові робочі кліті кварто №1, №2, №3, №4, 3 – рольганг, 4 – легючі ножиці, 5 – чистовий
окалінозломувач, 6 – чистові кліті №5, №6, №7, №8, №9, №10, 7 – моталки

Рисунок 1.2 – Кінематична схема безперервного тонколистового стану 1680

Сляб, нагрітий до необхідної температури, за допомогою штовхачів видається з печі на нижній грубний рольганг, де встановлені буфери, що дозволяють зафіксувати метал на рольгангу, потім транспортується по рольгангові (рисунок 1.3) до кліті ДУО, де обжимається на величину, зазначену в таблиці 1.2. При виході із кліті ДУО сляб при прокатці подається в кліть № 1 і потім транспортується до наступних клітей чорнової групи.

Таблиця 1.2 – Припустимі максимальні обтискнення по клітях чорнової групи залежно від ширини сляба

Максимальне обтискнення при прокатці вуглецевих і низьколегованих сталей		
Кліть	Ширина сляба до 1250 мм	Ширина сляба понад 1250 мм
ДУО	25	20
№ 1	37	35
№ 2	40	37
№ 3	40	37
№ 4	40	40

Обтиснення кромки розкату:

- проводиться у вертикальних клітях, встановлених перед клітями №№ 2, 3, 4.
- величина обтиснення кромки розкату в межах від 4 до 23 мм.

Збиття окалини проводиться за допомогою води високого тиску стікаючої зі спеціальних сопел, установлених на гідравлічних колекторах води високого тиску перед і за кліттю ДУО, за чорновими клітями № 2 і № 3 і за чистовим окалиноломачем. Для збиття окалини з верхньої й нижньої поверхні штаби встановлено по одному колектору з кожної сторони на всіх гідрозбивах.

Розкат (штаба) із чорнової групи клітей надходить до летючих ножиців для обрізки переднього кінця. Обов'язкового обрізу переднього кінця розкату зазнають розкати, що прокочуються в чистовій групі на штаби (листи) товщиною від 2 до 3 мм. При прокатці інших товщин обрізка переднього кінця розкату проводиться вибірково, залежно від форми переднього кінця розкату. При поставці металу на експорт у рулонах передній кінець штаби обов'язково обрізається.

Після чорнової групи розкат надходить у чистову групу. Контроль товщини й ширини штаб, що прокочуються, здійснюється стаціонарним товщинозмірювачем і ширинозмірювачем.

Для одержання штаб з високою площинністю та мінімальної поперечної різнотовщинністю застосовується система противозгину робочих валків клітей № 9 і № 10.

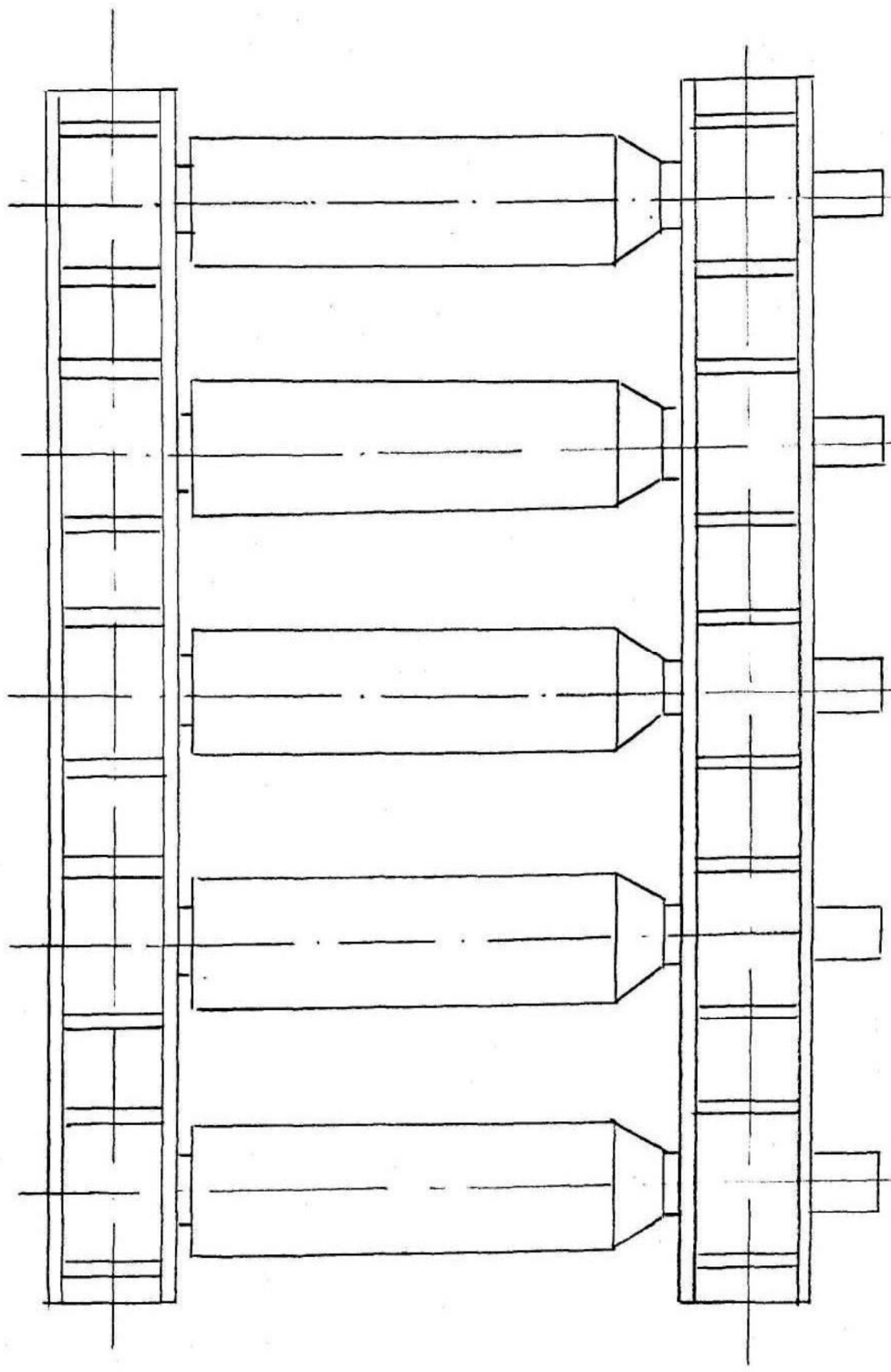
Прокатні штаби призначені для подальшого переділу на гарячекатаний і холоднокатаний лист у цехові холодної прокатки, транспортуються до моталок стану.

Штаби, призначені на гарячекатаний лист із обробленням у цеху гарячої прокатки, можуть транспортуватися:

- до летючих ножиць;
- до моталок №№ 4, 5, 6.

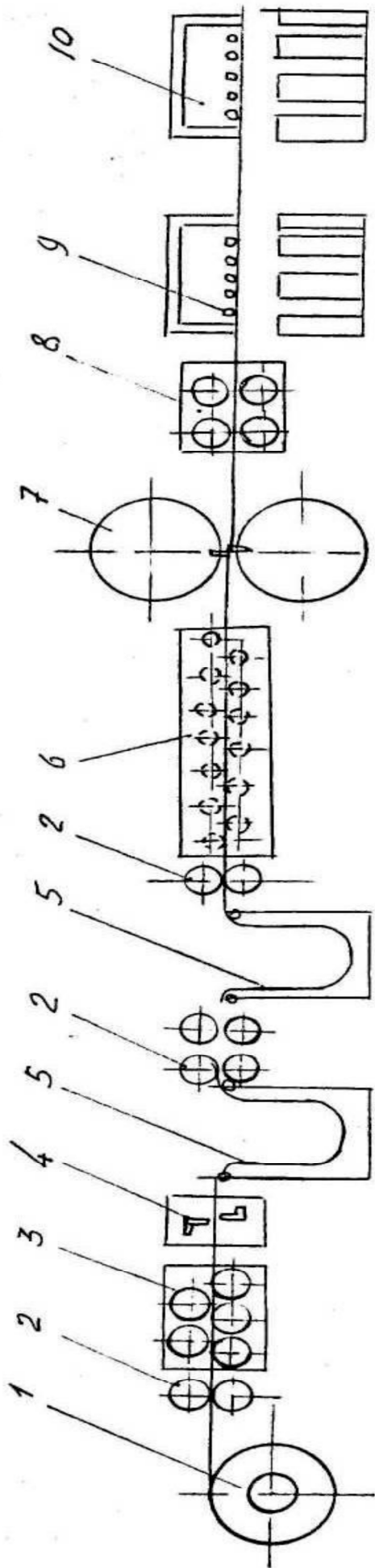
При транспортуванні до летючих ножиць штаби передаються із центрального рольганга на бічні й транспортуються до правильних машин, де проходять виправлення, а потім надходять до летючих ножиць для розрізки на мірні довжини. Листи, після різання їх на летючих ножицях, надходять до складальної кишені, де укладаються в столи (рисунок 1.4).

Пачка листів передається транспортером у проліт складу листів і за допомогою мостових кранів передаються на склад, де укладаються на стелажі.



1 – рама, 2 – опорні вузли, 3 – ролики

Рисунок 1.3 – Схема 5-ти роликів секції ролганга



1 – розмотувач, 2 – тягучі ролики, 3 – 5-ти роликів правильна машина, 4 – ножиці з нижнім різом, 5 – петельні ями, 6 – 13-ти роликів правильна машина, 7 – летючі ножиці, 8 – машина, що промаслює, 9 – листоукладальник некондиції, 10 – листоукладальник кондиції

Рисунок 1.4 – Схема агрегату поперечного різання штаб

Змотування в рулони на моталках №№ 4, 5, 6.

Штаба, призначена для подальшого переділу, після прокатки на стані транспортується по центральному рольгангові до моталок, де змотується в рулони. Якщо буде потреба штаби перед змотуванням у рулон, у процесі транспортування можуть охолоджуватися водою за допомогою спеціальної душируючої установки, яка встановлена на центральному рольгангу.

Після змотування штаби на моталках, рулон виштовхується зіштовхувачем на кантувач із наступним кантуванням на конвеєр.

Рулон по транспортуючому конвеєру рухається до підйомно-поворотного столу, піднімається на висоту 550 мм і залежно від призначення рулону повертається на 90°.

Після підйомно-поворотного столу рулон транспортується в проліт складу рулонів.

Зважування рулонів проводиться на вагах вагового рольгангу. Зважені рулони надходять на прийомний рольганг, де знімаються електромостовим краном за допомогою електромагніту або спеціальних кліщів на склад для охолодження й наступного оброблення на агрегатах різання відповідно до технологічної інструкції [1].

1.2 Коротка характеристика устаткування безперервного тонколистового стану гарячої прокатки 1680

Стан складається із двох груп – чорнової і чистової.

До складу чорнової групи входять:

- а) двохвалкова кліть;
- б) чотири чотирьохвалкові №№ 1,2,3,4;
- с) три вертикальні кліті №№ 1,2,3.

До складу чистової групи входять:

- а) двохвалкова кліть (чистовий окалинозломувач);
- б) кліті чотирьохвалкові №№ 5,6,7,8,9,10.

Коротка характеристика устаткування стану наведено в таблиці 1.3.

Летючі ножиці 25x1700 мм для обрізки переднього кінця (розкату перед чистовою групою).

Характеристика ножиць

Тип ножиць	важільні
Перетин штаби, що розрізається, мм	(18...25)x(600...1550)
Потужність двигуна, кВт	300
Число обертів двигуна, хв ⁻¹	750.
Характеристика подаючих роликів ножиць	25x1700 мм
Діаметр бочки роликів, мм	350
Довжина бочки роликів, мм	1700
Максимальний підйом верхнього ролика, мм	55
Потужність двигуна, кВт	33,5
Число обертів двигуна, хв ⁻¹	158.

Таблиця 1.3 – Характеристика устаткування стану 1680

№ кліті	Потужність приводу, кВт	Швидкість обертання валка, хв ⁻¹	Швидкість прокатки, м/с	Найменування пристрою		
				Кіл-сть двигунів, шт.	Потужність двигуна, кВт	Швидкість обертання, хв ⁻¹
ДУО	1840	21	0,99	2	9	900
1	5400	22,2	1,02–1,09	–	50	875
2	3700	25,5	1,05–1,13	2	34	580
3	3700	49,2	1,5–1,57	2	35	830
4	3700	68	2,08–2,17	2	35	830
5	4000	37,4–69	1,16–2,2	2	46	625
6	4000	57,8–107	1,89–3,42	2	46	625
7	4000	98,2–182	3,3–5,78	2	46	625
8	4000	135–250	4,16–7,93	2	46	625
9	4000	173–320	5,35–10,14	2	46	625
10	4000	191–354	5,9–11,25	2	46	625
окалин озлому вач	365	12,9–38,6	0,396–1,23	2	8	1250

Примітка: Фактична швидкість обертання вала двигуна 10-ї кліті не повинна перевищувати 400 хв^{-1} .

До складу допоміжного устаткування входять лівий і правий рольганги зі шлепперними пристроями, летючі ножиці з додатковим устаткуванням для нарізки штаб на листи, ножиці з нижнім різом, намотувальні пристрої, моталки №№ 1,2,3,4,5,6, з кантувачем рулонів конвеєр, що відводить, підйомно-поворотний стіл, ваги й прийомний рольганг. Характеристика валків стану гарячі прокатки та рольгангів наведено в таблицях 1.4 та 1.5 відповідно

Таблиця 1.4 – Характеристика валків стану гарячі прокатки

№ кліті	Тип валків	Матеріал валків	Діаметр бочки, мм		Довжи на бочки	Вага валка початкова, т
			Початковий	Кінцевий		
ДУО	Робочі	Сталь 50ХН	900	810	1680	13,2
№ 1	Робочі	Сталь 9ХФ	940	880	2440	19,1
№ 1	Опорні	Сталь 9ХФ	1320	1245	2440	38,2
№ 2	Робочі	Сталь 9ХФ	850	780	1680	9,65
№ 2–10	Опорні	Сталь 9ХФ	1240	1170	1680	22,7
№ 3–10, Чистовий окаліно- зломувач	Робочі	Чавун вибілений а) двошаровий ППХNg–65 б) двошаровий ППХNg–71	620	580	1680	5,62
Вертикальний № 1, 2	Робочі	Ст. 50, Ст. 55	810–760	–	–	1,2
Вертикальний № 3	Робочі	Ст. 50, Ст. 55	600–570	–	–	0,5

Примітка: 1. Матеріал робочих валків кліті № 10 вибілений чавун

2. У якості робочих валків чистового окалинозломувача, відпрацьовані валки кліті № 10.

Таблиця 1.5 – Характеристика рольгангів.

Найменування	Довжина рольганга, м	Ролики				Потужність двигуна, кВт.	Швидкість рольганга, м/с
		Кіл- сть, шт.	Діа- метр, мм	Дов- жина бочки, мм	Конст- рукція ролика		
Пічний нижній перед кліттю	69,75	94	400	1700	Кований	67	2,0
ДУО	4,5	7	350	2400	– // –	17	0,5...1,4
Перед кліттю № 1	3,9	6	350	2400 – 1700	– // –	17	– // –
Перед кліттю № 2	14,61	17	350	1700 – 2400	– // –	17	– // –
Перед кліттю № 3	12,42	12	350	1700 – 2400	– // –	17	1...2
Перед кліттю № 4	19,52	17	350	1700 – 2400	– // –	17	1,2...2,4
Проміжний	104,9	186	350	1700	– // –	10	0,5...2,5
За кліттю № 10	50,02	41	300	1730	– // –	1,8	3,9...9,8
За моталками № 1, 2, 3 до моталки № 4	124,2	208	260	1830	– // –	2,0	3,7...9,2

Летючі ножиці лівого й правого рольганга складаються з наступних механізмів:

- a) диференціального редуктора;
- b) колінчасто-важільного механізму;
- c) приводу кривошипа;
- d) головного приводу й електродвигуна;
- e) роликів, що подають;
- f) рольганга перед ножицями;
- g) рольганга перед правильною машиною;
- h) правильної машини;
- i) пульта керування з апаратурою.

Головний привод ножиць

Тип	МП 13/6
Потужність, кВт	150
Число обертів, хв^{-1}	400 – 1500

13–ти роликів правильна машина приводиться від двигуна типу СП–133 (напруга 220Вт, потужність 36,6 кВт, число обертів 600 хв^{-1}) через редуктор. Швидкість виправлення 1,016 – 2,023 м/с. Складальна кишеня збирає в пачки листи довжиною від 1500 до 6000 мм, шириною від 710 до 1580 мм.

Ножиці з нижнім різом 10x1700 мм:

Головний привод ножиць

Тип	МТВ731–10
Потужність, кВт	160
Число обертів, хв^{-1}	587
Зусилля різання, т	160
Моталки №№ 1,2,3	
Тип	роликіві
Кількість роликів, шт.	6

Привод роликів індивідуальний від двигуна СВ 405 із частотою обертів 528 хв⁻¹. Приймна частина моталок складається із двох роликів, що подають, діаметром 355 мм і довжиною 1830 мм. Зіштовхувач рулонів пневматичний.

Моталки №№ 4,5,6

Тип	роликово–барабанні
Тип барабана приводу	МП–82
Потужність, кВт	100
Число обертів, хв ⁻¹	475
Діаметр роликів, мм	300

Кантувач рулонів моталок №№ 4,5,6.

Максимальна вага рулону, кг 7500

Привод переміщення

Тип	МП–72
Потужність, кВт	75
Число обертів, хв ⁻¹	520

Привод кантувача

Тип	МП–46
Потужність, кВт	46
Число обертів, хв ⁻¹	580

Конвеєр від моталок до підйомно–поворотного стола має швидкість руху ланцюгів 4,5...90 м/хв. Привод конвеєра:

Тип	МП–72
Потужність, кВт	72
Число обертів, хв ⁻¹	520

Підйомно–поворотний стіл

Вантажопідйомність, т	25
Час повороту стола на 180°, с	10,3
Хід стола, мм	530

Конвеєр за поворотним столом (вихідний) має швидкість руху ланцюгів 3...6 м/с, кут нахилу конвеєра – 4–5 °

Привод конвеєра		
Тип	МП–72	
Потужність, кВт	72	
Число обертів, хв ⁻¹	520	
Поворотний рольганг		
Привод роликів Тип	АОФ 42–6	
Потужність, кВт	1,7	
Число обертів, хв ⁻¹	930	
Ваговий рольганг із упорами		
Ухил рольганга	3°30′	
Кількість роликів, шт.	45	
Крок роликів, мм	200...300	
Привод упорів	пневматичний	
Хід поршня, мм	398	
Діаметр циліндра, мм	400	
Тиск повітря, МПа	0,4...0,8	
Прийомний рольганг конвеєра		
Довжина рольганга, мм	109200	
Привод роликів		
Тип	АОФ 42–6	
Потужність, кВт	1,7	
Число обертів, хв ⁻¹	930	
Намотувальний пристрій у лінії холодного рольганга		
Діаметр барабана, мм	750	
Швидкість намотування, м/хв	65	
Передаточне число редуктора	34,6	
Тиск у циліндрах, МПа	4,9	
Тиск у пневмоциліндрах, МПа	0,4...0,6	

У цеху гарячої прокатки працюють два агрегати поперечного різання штаб технічна характеристика агрегату наведена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Характеристика агрегату поперечного різання штаби

Швидкість агрегату	Довжина листа	Продуктивність агрегату в листах у хвилину	
		При безперервній роботі ножиць	При роботі без гільотинних ножиць
0,75	1,9-6	5,5-4	19-7
1,5	1,9-6	8-6	38-14

1.3 Заходи щодо усунення конструктивних недоліків обладнання цеху

На північній ділянці «вузьким» місцем є нижній північний рольганг із груповим приводом роликів через конічні шестірні від трансмісійного валу. Через нерівномірне температурне нагрівання зубчасті зачеплення конічних шестірень швидко зношуються, тому північний рольганг доцільно виконати як рольганг із індивідуальним приводом від окремих редукторів із циліндричними шестірнями.

На ділянці чистової групи клітей у силових редукторах клітей № 5 і № 6 швидко зношуються посадкові місця вальниць через відсутність подачі змащення. Усунути цей недолік можна zalиванням з наступною точною обробкою посадкових місць або ж заміною редукторів.

У хвостовій частині стану «вузьким» місцем є моталки. Часто виходить із ладу пневмоциліндр зштовхування рулонів і підшипники тягнучих роликів перед моталками. Своєчасна заміна монтажних ущільнень у циліндрі зіштовхування, реконструкція станин тягнучих роликів із заміною вальниць на більш довговічні дозволить зменшити позапланові ремонти.

У приводі летючих ножиців з ковзним кривошипом часто руйнується вальниця вузла повзуна, зуби шестірень роторних валів, руйнуються шийки колінчастого вала шатуна. Усунення цих недоліків можна виконати шляхом збільшення діаметра шийки колінчастого вала, а також заміною вальниць на більш довговічні, чому і присвячено дану роботу.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд і аналіз устаткування для поперечного різання штаби

Для поперечного різання гарячого й холодного металу квадратного, прямокутного, круглого перерізу, а також сортових профілів і заготовок служать ножиці [2].

По своїй конструкції ножиці діляться на наступні типи: ножиці з паралельними ножами (з верхнім і нижнім різом), гільйотинні, дискові ножиці й пилки, летючі ножиці [3].

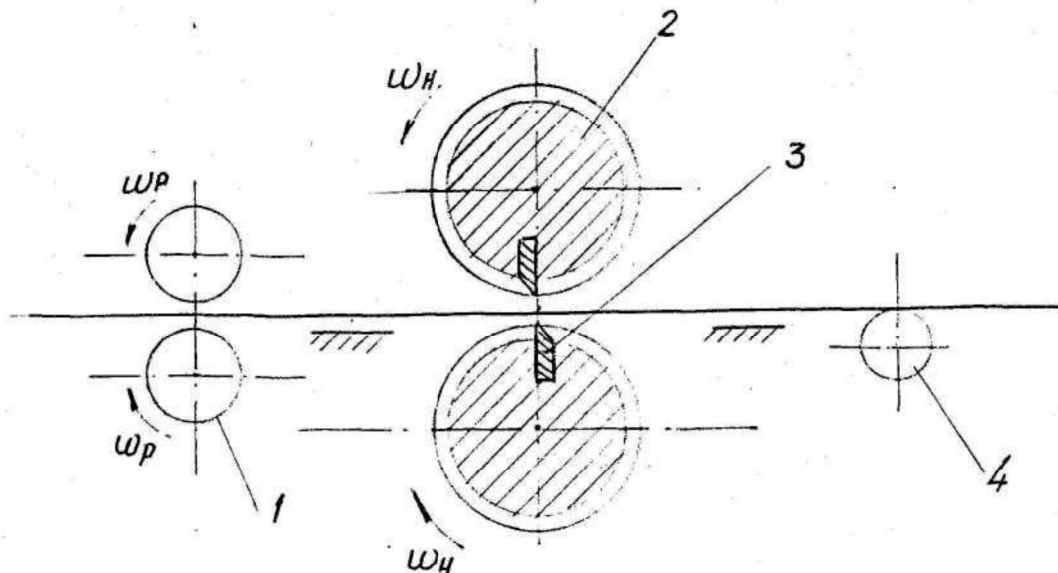
У свою чергу летючі ножиці діляться на барабанні, кривошипно–шатунні, планетарні, маятникові. Летючі ножиці призначені для різання металу на ходу при його русі з великою швидкістю [4]. У багатьох випадках працездатність цих ножиць визначає продуктивність прокатного стану.

Барабанні летючі ножиці набули широкого застосування для гарячого різання широкої штаби товщиною до 12 мм, холодного різання сталевий штаби товщиною до 3 мм. Пристрій і принципи роботи цих ножиць (рис. 2.1) полягає в наступному. На двох барабанах по їхніх утворюючих радіально закріплені ножі (по одному або по декілька на одному барабану). Штаба рухається безупинно й подається до ножиць, що подають роликами з постійною швидкістю. При зустрічі верхнього й нижнього ножів відбувається різання штаби. Для створення розриву між відрізнаними листами швидкість вихідного рольганга повинна бути більше швидкості штаби перед ножицями.

В зв'язку з тим що, барабани обертаються рівномірно з постійною кутовою швидкістю й обертові маси повністю врівноважені, ці ножиці дозволяють різати метал зі швидкістю 15 м/с і більше. Однак ці ножиці мають наступні недоліки:

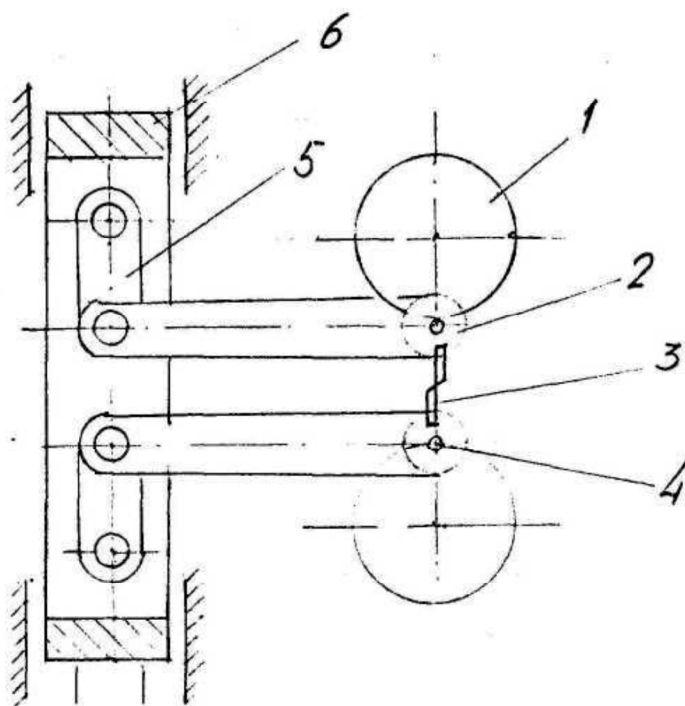
- траєкторією руху ріжучих крайок є окружності, тому при зустрічі зі штабою, що горизонтально рухається, різання буде відбуватися при змінному куті й площина різання на штабі не буде вертикальною;

- різання штаби здійснюється паралельними ножами, тобто одночасно по всій її ширині, внаслідок чого виникають більші зусилля при динамічному їхньому притискові [4].



1 – ролики, що подають, 2 – барабанні ножиці, 3 – ножі, 4 – ролики рольганга

Рисунок 2.1 – Схема барабанних летючих ножиць



1 – приводний барабан, 2 – супорти, 3 – ножі, 4 – кривошип, 5 – серга, 6 – штанга

Рисунок 2.2 – Схема летючих кривошипно-шатунних ножиць

Кривошипно–шатунні летючі ножиці

При описі барабаних летючих ножиць відзначалося, що у виді руху ножів по круговій траєкторії вони зустрічаються зі штабою під деяким кутом по всій ширині, внаслідок чого виникають великі динамічні навантаження й площина різання не вертикальна; по цій же причині установка одного ножа похило (як на гільйотинних ножицях) з метою зменшення динамічних зусиль при різанні натрапляє на більші труднощі.

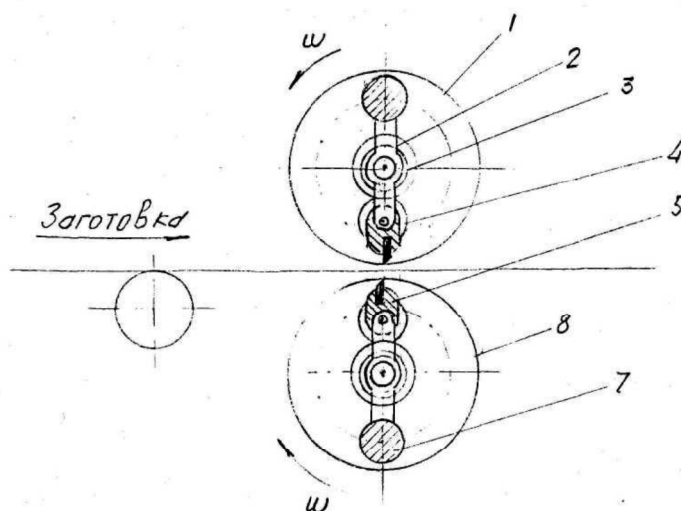
Для того, щоб площина різання штаби була більш рівною й вертикальною необхідно, щоб ножиці в період різання зближалися, залишаючись паралельними один одному, і становили кут 90° зі штабою, що рухається.

Цим вимогам задовольняють важільно-кривошипні ножиці (рис. 2.2) [3].

Планетарні летючі ножиці

Планетарні летючі ножиці (рис. 2.3) застосовуються для різання заготовок (зусилля різання $1120\dots 50$ кН) і сортових профілів (зусилля для різання $1\dots 1,5$ МН) [4].

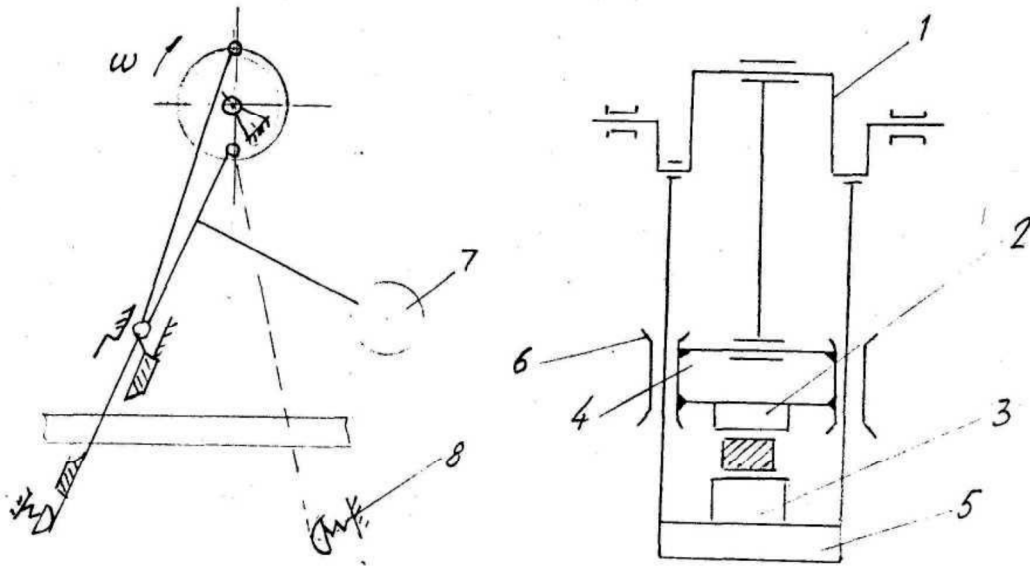
Недоліком цих ножиць є більш складна конструкція механізму різання й великий сумарний маховий момент (момент інерції) обертючих мас ножиців, що вимагає застосування електродвигуна великої потужності [5].



1, 8 – зубчасте колесо, 2 – рамки диференціалів, 3 – сонячні шестірні, 4 – планетарні шестірні, 5 – супорти з ножами, 7 – балансир

Рисунок 2.3 – Схема летючих планетарних ножиць

Маятникові тихохідні летючі ножиці мають просту конструкцію, однак внаслідок великої інерційності мас, що рухаються, вони досить тихохідні й застосовуються для різання металу, що рухається зі швидкістю не більш 2,5 м/с (рис.2.4) [6].



1 – приводний вал, 2 – верхній ніж, 3 – нижній ніж, 4 – супорт, 5 – нижній супорт, 6 – пази, 7 – контр-вантаж, 8 – амортизатори

Рисунок 2.4 – Схема маятникових тихохідних ножиць

2.2 Опис проєкту модернізації приводу кривошипно-важільних летючих ножиць

Практика експлуатації летючих ножиць з ковзним кривошипом показує, що їм властиві наступні недоліки, через більші динамічні навантаження, що виникають внаслідок наявності неврівноважених мас: руйнується зовнішня обойма спеціальної квадратної вальниці вузла повзуна, вальниці вузла маховика й вузла великої шестірні приводу ножиць, а також руйнуються зуби амортизаційних шестерень роторних валів. Це збільшує число необхідних

ремонтів відповідних вузлів і механізмів, веде до додаткових витрат на ремонти. Зміна цих вузлів важка й вимагає багато часу.

Усі ці недоліки негативно позначаються на продуктивності агрегату, а також прокатного стану в цілому. Тому в нашому випадку пропонується виконати заміну спеціальної вальниці № 97768 на серійну № 3768, яка вставляється в підготовчу обойму.

Колінчатий вал необхідно підсилити за рахунок збільшення шийки шатуну, а зуби шестерень необхідно піддати термічній обробці цементування.

Усі ці заходи щодо реконструкції приводу летючих кривошипно-важільних ножиць дозволить зменшити трудомісткість поточних і капітальних ремонтів, а також зменшити час тривалості ремонтів, що відповідно знизить вартість і підвищить продуктивність агрегату й прокатного стану в цілому.

2.3 Опис конструкції й принципу роботи кривошипно– важільних летючих ножиць з ковзним кривошипом

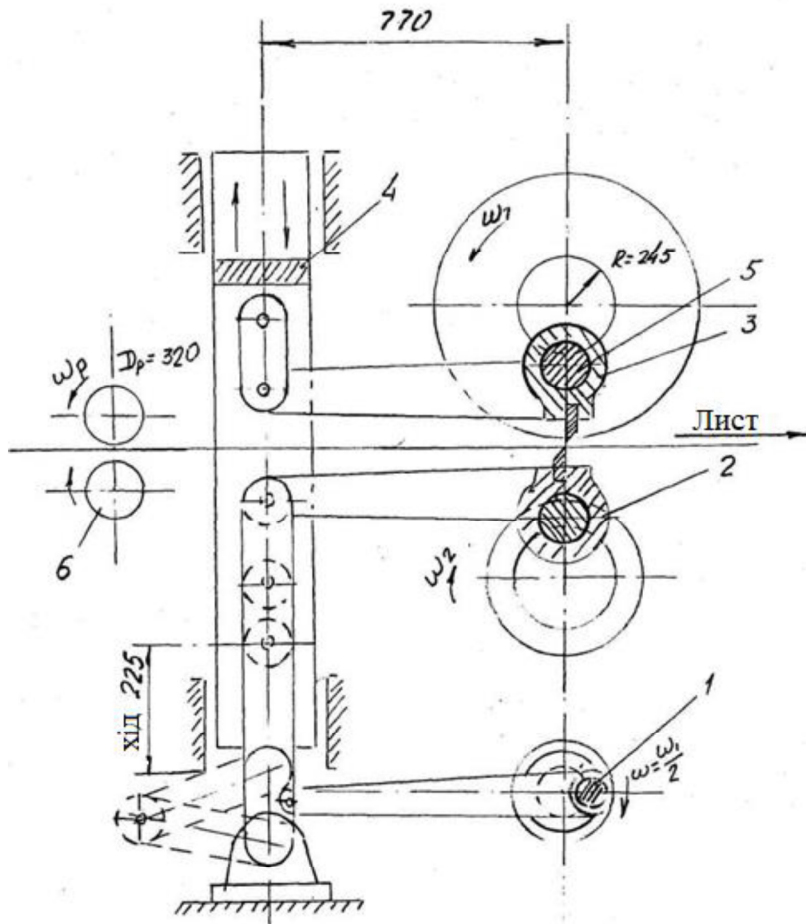
Кривошипно-шатунні летючі ножиці з ковзним кривошипом (рис.2.5) установлені в лінії стану 1680 (ліва й права сторони) на обробних агрегатах №1 і №2 і призначені для різання спеціальної штаби (σ_B до 600 МПа) зі швидкістю до 2,5 м/с; товщина штаби 2,5...6 мм, ширина до 1550 мм, максимальне зусилля різання 1МН. Обидва ножі встановлені з нахилом (1:140); довжина ножів 1670 мм.

При нарізанні листів від 1500 до 3000 мм довжина їх може змінюватися через кожні 5 мм, а при різанні від 3000 до 6000 мм довжина може змінюватися через кожні 10 мм. У такий спосіб на летючих ножицях можна одержати 600 різних довжин листів.

Основними вузлами й механізмами летючих ножиць є:

– головний привод з розгалуджуючим редуктором і розчіпною кулачковою муфтою;

- подаючі ролики з редуктором;
- диференціальний редуктор;
- силовий редуктор з маховиком і гальмом;
- повзун із приводом (двохкривошипний механізм);
- механізм запору повзуна із приводом;
- механізм різання;
- колінчасто–важільний механізм;
- механізм пропуску різання із приводом;
- механізм регулювання ножового зазору.

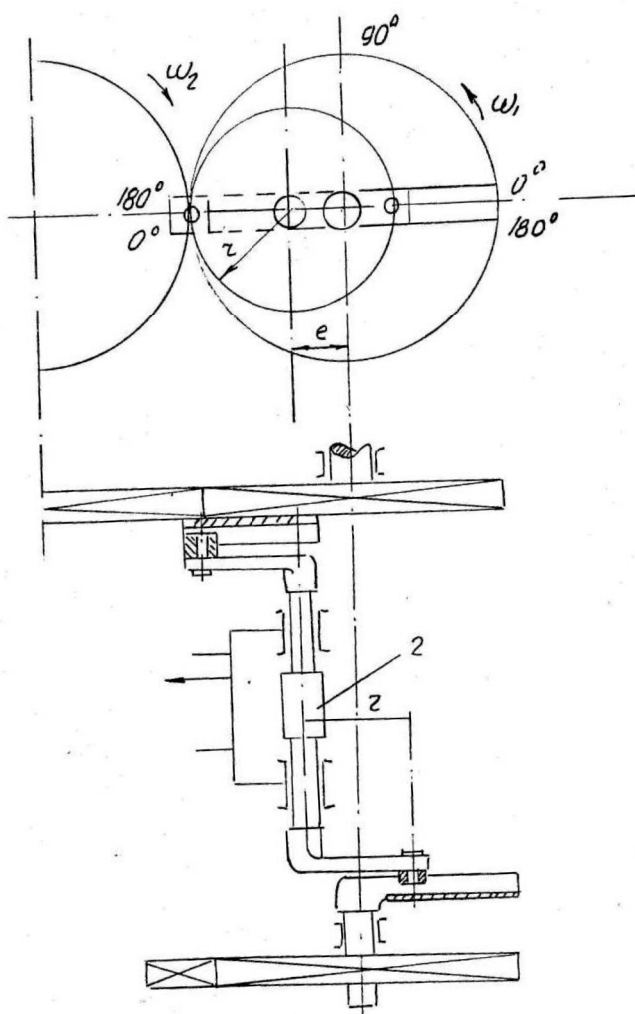


1 – кривошипно-шатуний привод вертикального переміщення штанги, 2 – супорт нижнього ножа, 3 – супорт верхнього ножа, 4 – штанги, 5 – кривошип, 6 – ролики, що подають

Рисунок 2.5 – Кінематична схема важільно-кривошипних летючих ножиць

Через велику інерційність частин, що рухаються, зворотно–поступального механізму різання на цих ножицях не допускається робота з більшим випередженням або відставанням ножів. Для нормальної роботи ножиць, необхідно дотримувати наступних умов:

Щоб на ділянці різання швидкість ножів (у проекції на горизонталь) було тільки 1...3 % більше швидкості руху штаби. Тому на ножицях застосовують ще один спеціальний механізм вирівнювання швидкості ножів і штаби в момент різання (двокривошипний кулісний механізм, рис 2.6).



1,3 – лаштунки, 2 – двохкривошипний вал, 4 – повзун, 5 – зубчасте колесо, 6, 7, 8 – шестірня, 9 – повзун, 10 – кривошип

Рисунок 2.6 – Схема двохкривошипного механізму вирівнювання швидкостей ножів зі швидкістю штаби

На рис. 2.7 показана схема ріжучого механізму летючих ножиць із пристроєм пропуску різання.

При безперервній обертанні бічних приводних барабанів 1 супорти 2, шарнірно з'єднані з ними кривошипами 3, будуть робити плоский зворотно-поступальний рух, при цьому ножі будуть описувати еліпсоподібні траєкторії, що перетинаються в моменті різання штаби, буде відбуватися за кожний оберт кривошипа 3, серги 4 і 5 і роблять коливальний рух щодо шарнірів ω^1 і ω^2 . Ці шарніри розташовано в бічних вертикальних штангах 6, які можуть переміщатися униз і вгору (так звані ковзні кривошипи), за допомогою шатунно-кривошипного механізму 7.

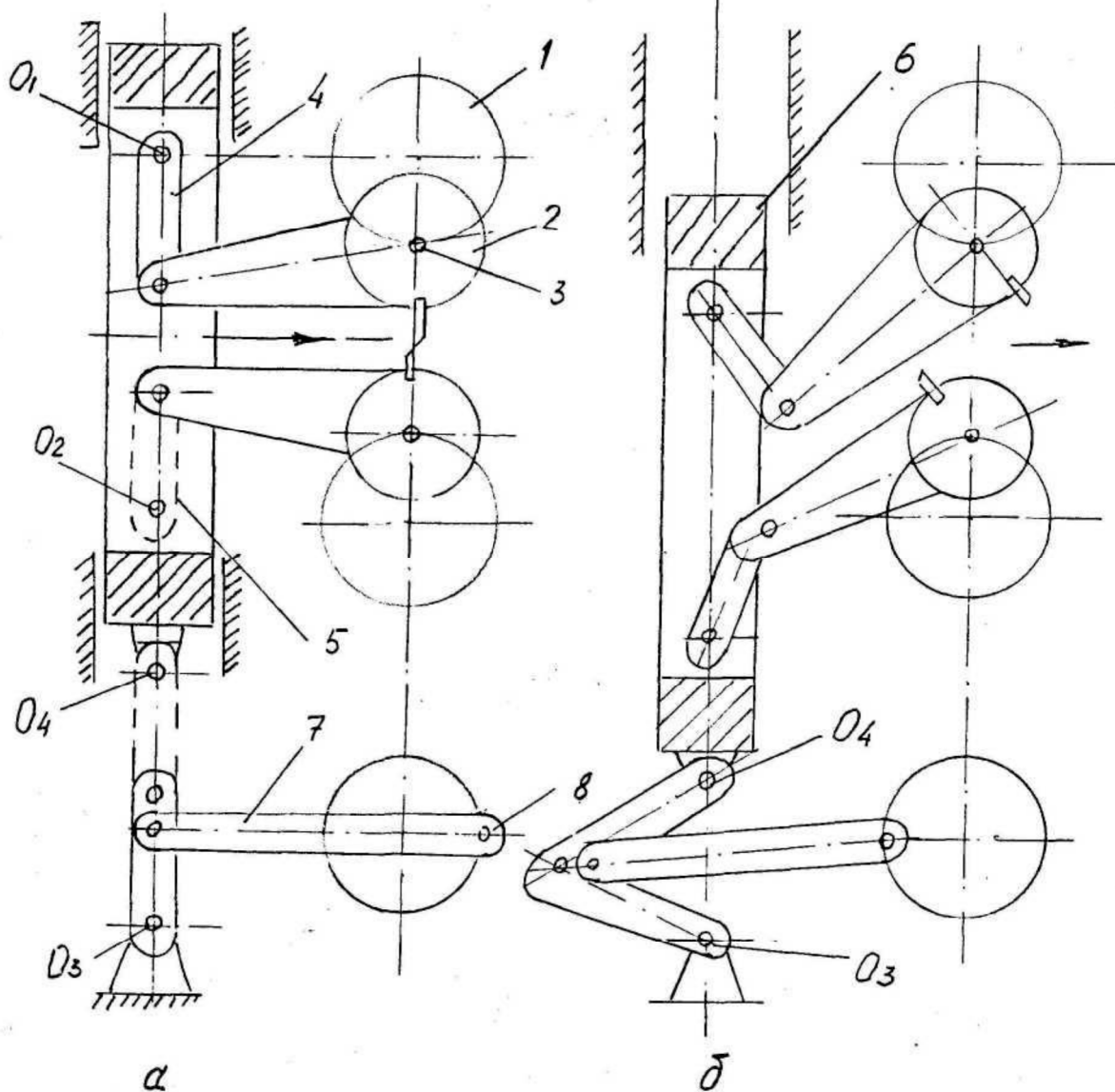
Якщо не потрібно різати штабу, бічні штанги 6 опускаються вниз; при цьому ножі розійдуться: верхній ніж разом зі своїм супортом відхилиться вправо, а нижній уліво; при безперервному обертанні приводних барабанів 1 ножі як і раніше будуть описувати еліптичні траєкторії, але вони не будуть перетинатися між собою на ділянці різання.

Шатунно-кривошипні ножиці з механізмом пропуску різання й вирівнюванням швидкостей ножів і штаби, є найбільш придатними для різання штаби товщиною більш 3 мм.

Однак вони є досить складними внаслідок більших невірноважених мас і нерівномірного обертання супортів, при роботі ножиць виникають більші динамічні навантаження, що обмежує можливість їх застосування при швидкості вище 2 м/с. Ножиці, й ролики що подають приводяться одним електродвигуном потужністю 150 кВт, через відповідні редуктори. Через те, що приводний момент ножиць значно більше приводного моменту, роликів що подають, диференціальний редуктор встановлено у лінії приводу роликів, що подають. Установка необхідного ексцентриситету двохкривошипного валу здійснюється за допомогою гвинтового механізму із приводом від електродвигуна типу МТК потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор; положення кривошипа фіксується спеціальними затискачами й вказується стрілками циферблата.

Момент різання

Момент пропуску різання



1 – приводний барабан, 2 – супорт, 3 – кривошип, 4, 5 – серги, 6 – штанга, 7 – шатунно-кривошипний механізм, 8 – кривошип

Рисунок 2.7 – Схема ріжучого механізму летючих ножиць з ковзним кривошипом [3]

Шатунно-кривошипний механізм опускання двох штанг (пропуск різання), приводиться від шестірні нижнього барабана ножиць через дві шестірні з передаточним числом $u = 2$.

На відміну від інших схем приводу летючих ножиць даною схемою передбачена можливість різання переднього (нерівного) кінця штаби певної довжини (для зменшення відходів на обріз). В зв'язку з тим, що при наявності маховика потрібен підвищений час розгону двигуна після його включення, що не дозволяє відрізати кінець точної (мірної довжини), перед пуском маховик відключається й розганяється до робочої швидкості за допомогою допоміжного двигуна потужністю 4,5 кВт; після розгону ножиць і відрізання переднього кінця, маховик “на ходу” підключається до вала основного двигуна за допомогою фрикційної муфти.

Кривошипно-важільні летючі ножиці з механізмом пропуску різання й вирівнюванням швидкості ножів і штаби найбільше доцільно застосовувати для холодного різання штаби, товщиною більше 3 мм [7].

2.4 Розрахунки потужності приводу й найбільш навантажених вузлів летючих ножиць

2.4.1 Розрахунок швидкості ножів

Вихідні дані згідно технологічної інструкції цеху:

Товщина штаби $h = 3 \dots 6$ мм;

Ширина штаби $b = 1550$ мм;

Довжина листів:

–при роботі без пропуску різання $L = 1500 \dots 3000$ мм;

–при роботі із пропуском різання $L = 1500 \dots 3000$ мм;

Межа міцності матеріалу штаби: $G_B = 6000$ т/мм²;

Швидкість штаби $V = 1 \dots 2,5$ м/с;

Максимальне зусилля різання P до 1000 кН;

Довжина ножів $L_n = 1670$ мм;

Обидва ножі встановлені з нахилом (1:400) $\text{tg } \alpha = 0,007$

Визначення зусилля різання при товщині штаби 6 мм.

$$P = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \frac{2/3 - \varepsilon_H}{2 \operatorname{tg} \alpha} \cdot \varepsilon_H \cdot \delta_B h^2, \quad (2.1)$$

де $K_1 = \psi_{\max}/\psi_H = 0,7 \dots 0,75$.

$K_2 = 1,2 \dots 1,4$ – коефіцієнт, що враховує підвищення зусилля різання при затупленні ножів [8];

$K_3 = 1,1 \dots 1,3$ – коефіцієнт, що враховує підвищення зусилля різання при збільшенні бічного зазору між ножами [8]; приймаємо $K_3 = 1,3$

α – кут нахилу ножа [8];

$\varepsilon_H = 0,5$ – відносна глибина впровадження ножів, при якій відбувається відрив нерозрізаної частини металу [9];

h – товщина штаби, мм.

$$P = 0,7 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot \frac{0,6 - 0,5}{2 \cdot 0,007} \cdot 0,5 \cdot 600 \cdot 6^2 = 840 \text{ кН}.$$

У момент початку різання (зіткнення ножів зі штабою рис. 2.8), горизонтальна швидкість ножів V_{XH} повинна бути рівна (або на 1...2% більше) швидкості штаби для того, щоб не було вигину штаби, що набігає, при різанні.

Приймаємо $V_{XH} = V_X \cos \alpha = V_n$, тобто – окружна швидкість кривошипа повинна бути рівною:

$$V_n / \cos \alpha_p, \quad (2.2)$$

де α_p – кут різання.

При різанні штаби на ножицях із середньою товщиною штаби $h = 3,5$ мм хід H_H назустріч один одному складе (рис. 2.9)

$$H_H = h = b \operatorname{tg} \alpha = 3,5 + 1550 \cdot 0,007 = 14,4 \text{ мм},$$

де b – ширина штаби мм;

α – кут нахилу ножів.

При різанні без пропуску різання (мінімальна) основна довжина листів $L_{\text{осн}} = 1500$, тому одержимо радіус кривошипа:

$$R = \frac{L_{\text{осн}}}{2 \cdot \pi} + \frac{H_{\text{н}}}{2} + \frac{1500}{2 \cdot 3,14} + \frac{14,4}{2} = 245,3 \text{ мм}, \quad (2.3)$$

Приймаємо $R = 245,3$ мм.

При різанні штаби на листи основної довжини $L_{\text{осн}} = 1500$, зі швидкістю $V_{\text{н}} = 2,5$ м/с час одного різання буде рівно:

$$t_{\text{р}} = \frac{L_{\text{осн}}}{V_{\text{н}}} = \frac{1500 \cdot 10^{-3}}{2,5} = 0,6 \text{ с}, \quad (2.4)$$

середня кутова швидкість ножів:

$$\omega_{\text{носн}} = \frac{2\pi}{t} = \frac{2 \cdot 3,14}{0,6} = 10,467 \text{ с}^{-1}. \quad (2.5)$$

Окружна швидкість кривошипа (ножів):

$$V_{\text{н}} = \omega_{\text{н}} \cdot R = 10,467 \cdot 245 \cdot 10^{-3} = 2,56 \text{ м/с}, \quad (2.6)$$

де $\omega_{\text{н}}$ – кутова швидкість ножів, с^{-1}

R – радіус кривошипа, мм;

Визначаємо кут різання:

$$\cos \alpha_{\text{р}} = 1 - \frac{H_{\text{н}}}{2 \cdot R} = 1 - \frac{14,4}{2 \cdot 245} = 0,97143, \quad (2.5)$$

$$\alpha_p = 13^\circ 44'$$

Горизонтальна швидкість ножів у момент різання:

$$V_{\text{НХ}} = V_{\text{Н}} \cdot \cos \alpha_p = 2,56 \cdot 0,97143 = 2,5 \text{ м/с.} \quad (2.6)$$

В зв'язку з тим що $V_{\text{Н}} = V_{\text{НХ}}$ – умову недопущення набігання (вигину) штаби перед ножами дотримано. При подальшому повороті ножів кут α_p буде зменшуватися, а $V_{\text{НХ}}$ – збільшуватися, тобто різання буде відбуватися з невеликим випередженням швидкості руху ножів у порівнянні зі швидкістю штаби. При різанні штаби на листи довжиною 3000 мм при швидкості $V_{\text{н}} = 2,5$ м/с час різання складе:

$$t = \frac{L}{V_{\text{н}}} = \frac{3000 \cdot 10^{-3}}{2,5} = 1,2 \text{ с.} \quad (2.7)$$

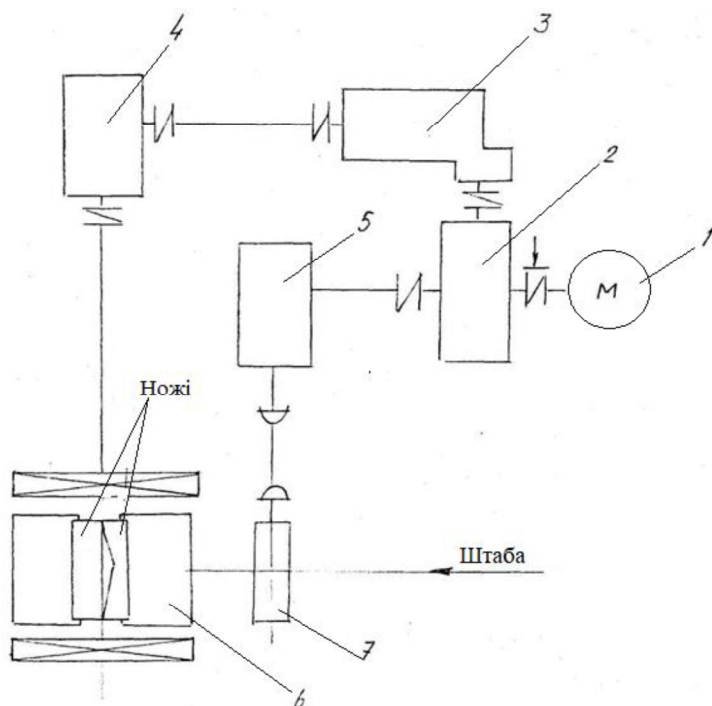
Середня кутова швидкість ножів:

$$\omega_{\text{Н}} = \frac{2 \cdot \pi}{t} = \frac{2 \cdot 3,14}{1,2} = 5,233 \text{ с}^{-1} \quad (2.8)$$

Окружна швидкість ножів (кривошипа)

$$V_{\text{Н}} = \omega_{\text{Н}} \cdot R = 5,233 \cdot 0,245 = 1,28 \text{ м/с}$$

Для того, щоб швидкість ножів збігалася в момент різання зі швидкістю штаби, у приводі ножиць установлений двохкривошипний механізм із радіусом кривошипа $r = 450$ мм.



1 – електродвигун, 2 – розгорточний редуктор, 3 – диференційний редуктор, 4 – силовий редуктор, 5 – редуктор подаючих роликів, 6 – супорти, 7 – пінг-ролики

Рисунок 2.8 – Кінематична схема приводу летючих ножиць

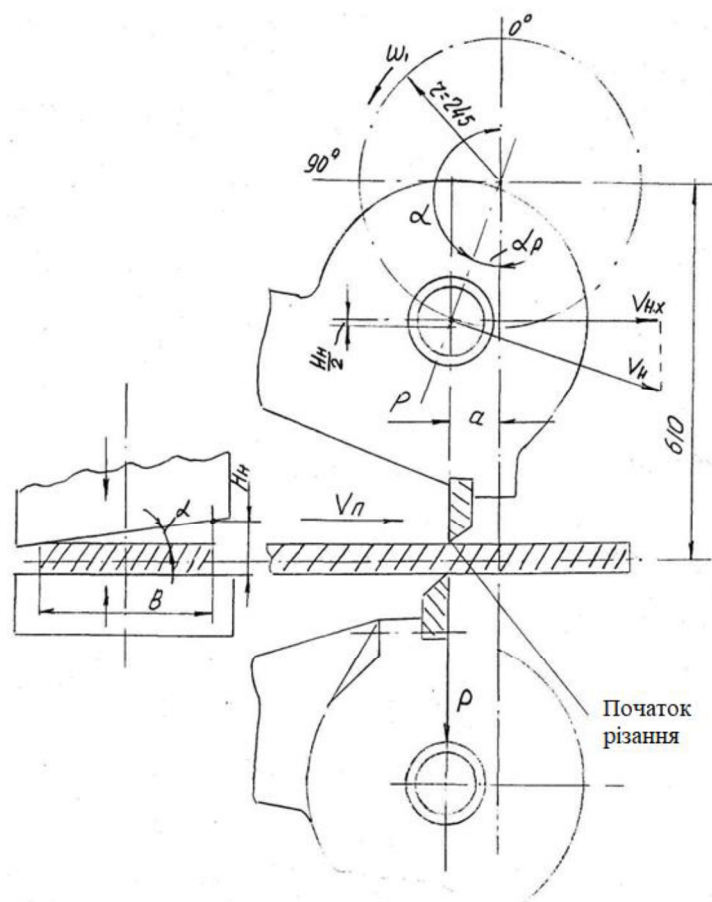


Рисунок 2.9 – Схема різання штаби летючими ножицями

При різанні штаби на листі довжиною 3000 мм при $\frac{L}{L_{\text{осн}}} = \frac{3000}{1500} = 2$ для збігу швидкості штаби (у приводі ножиців) зі швидкістю ножів вал кривошипа необхідно змінити на величину:

$$\frac{L}{r} = \frac{L/L_{\text{осн}} - 1}{L/L_{\text{осн}} + 1} = \frac{2-1}{2+1} = \frac{1}{3}; \quad (2.9)$$

Отже приймаємо $L = 150$ мм.

2.4.2 Визначення прискорення ножів (супортів) при їхньому нерівномірному обертанні

Згідно [7] протягом одного оберту супортів з ножами миттєве відношення кутових прискорень веденої куліси (і супортів) до ведучих, змінюється по складній кривій, близькій до синусоїдальної. Для подальших розрахунків сімейство цих кривих виражаємо аналітичною формулою:

$$L_{\text{мг}} = \frac{W1}{W2} = a \cdot b \cdot \cos \alpha, \quad (2.10)$$

де a і b – коефіцієнти зсуву кривих відносно прямої

$\cos \alpha$ – ураховує початок відліку при $\alpha = 180^\circ$ (момент різання)

$$\frac{L}{r} = \frac{1}{3} L_{\text{мг}} = 1$$

Для кривої одержимо:

$$a = \frac{i_{\text{max}} + i_{\text{min}}}{2} = \frac{2 + 0,5}{2} = 1,25$$

$$b = \frac{i_{\text{max}} - a}{1} = \frac{2 - 1,25}{1} = 0,75$$

де i_{\max} – максимальне відношення кутових швидкостей,
 i_{\min} – мінімальне відношення кутових швидкостей.

Для визначення прискорення розглянемо невеликий відрізок кривої поблизу A_n , візьмемо ділянку $110\text{--}115^\circ$.

$$i_0 = a - b \cdot \cos 110^\circ = 1,25 + 0,75 \cdot \sin 20^\circ = 1,506$$

$$i_n = a - b \cdot \cos 115^\circ = 1,25 + 0,75 \cdot \sin 25^\circ = 1,567$$

Кутове прискорення на ділянці $110\text{--}115^\circ$ буде дорівнювати:

$$\varepsilon = \varphi \cdot \omega_H \cdot (i_n^2 - i_0^2) = 3 \cdot 5,233 \cdot (1,567^2 - 1,506^2) = 30 \text{ 1/c}^2, \quad (2.11)$$

Таким чином, при роботі ножиць із середньою кутовою швидкістю $\omega_H = 5,233 \text{ 1/c}$ при зузі двохкривошипного механізму $\frac{L}{r} = \frac{1}{3}$, максимальне прискорення ножиць $\varepsilon = 30 \text{ 1/c}^2$ і воно виникає при куті повороту ножів (від вертикального діаметра) $\alpha = 114^\circ$.

2.4.3 Визначення моментів і потужності електродвигуна

Момент інерції мас усіх обертових деталей ножиць верхнього й нижнього супортів із шестірнями $1500 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, сумарний момент інерції маси обертових деталей ножиць на приводному валу $I = 2500 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ (моментом інерції важелів, що поступально рухаються, зневажаємо).

Максимальний динамічний момент, який виникає при нерівномірному обертанні ножиць з максимальним прискорення $\varepsilon = 30 \text{ 1/c}^2$

$$M_{\text{дин}} = I \cdot \varepsilon = 2500 \cdot 30 = 75 \text{ кНм}, \quad (2.12)$$

де I – момент інерції маси на приводному валу, кг м^2

ε – максимальне прискорення, $1/\text{с}^2$

Цей момент виникає при куті повороту приводного вала $\alpha = 1140$, коли миттєва кутова швидкість рівна $\omega = 5,233 \text{ } 1/\text{с}^2$

Необхідна потужність двигуна:

$$N_{\text{дин}} = M_{\text{дин}} \cdot \omega = 75 \cdot 5,233 = 392,5 \text{ кВт.} \quad (2.13)$$

Для приводу ножиць (з роликами, що подають) приймаємо електродвигун постійного струму 4П–450–26–500–У3, потужністю 500 кВт, частотою обертання 1400 хв^{-1} , при ККД приводу $\eta = 0,85$ [10].

Зусилля різання виникає в момент початку різання; плече прикладання цього зусилля буде рівним [11]:

$$A = R \cdot \sin \alpha_p = 245 \cdot 0,2374 = 58 \text{ мм,} \quad (2.14)$$

де R – радіус кривошипа, мм

Однак максимальне зусилля різання буде відповідати прикненню ножів у метал на величину $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\varepsilon_n}{2}\right) = \frac{\varepsilon_n}{4}$, де ε_n – відносна глибина впровадження ножів, при якій відбувається відрив нерозрізаної частини металу; у цьому випадку кут прикладання зусилля P буде рівний при $\varepsilon_n = 0,5$ і перекритті ножів $\Delta = 0,3 h = 1,8$ мм:

$$\cos \beta = 1 - \frac{h \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_n}{2}\right) + \Delta}{2 \cdot R} = 1 - \frac{6 \cdot (1 - 0,25) + 1,8}{2 \cdot 245} = 0,9872, \quad (2.15)$$

де h – товщина штаби, мм.

$$\beta = 9,2; \sin \beta = 0,159$$

Плече прикладання сили Р:

$$a_1 = R \cdot \sin \beta = 245 \cdot 0,159 = 39 \text{ мм.} \quad (2.16)$$

Статичний момент різання на шестернях привода супорта ножів [12]:

$$M_{\text{ст}} = 2 \cdot P \cdot a = 2 \cdot 840 \cdot 0,039 = 65,52 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (2.17)$$

де Р – зусилля різання, Н

Таким чином, навантаження на двигун від зусилля різання менше навантаження від динамічного моменту при розгоні обертових мас ножиць з більшим прискоренням.

Маючи графік функції динамічного моменту від кута повороту [11] $\beta_1 = 9^{\circ}10'$, відкладаємо в його кінці максимальне значення статичного моменту від зусилля різання й точку максимуму з'єднуємо з абсцисою кута різання $13^{\circ}44'$. Одержуємо, що в момент виникнення максимального статичного моменту від зусилля різання динамічний момент рівний $M_{\text{дин}} = 10,5 \text{ кНм}$. Таким чином, у цей момент на валу приводу ножиць результуючий момент:

$$M_{\text{max}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}} = 65,52 + 10,5 = 76,02 \text{ кНм}, \quad (2.18)$$

Максимальна потужність на валу ножиць:

$$P_{\text{max}} = M \cdot \omega = 76,02 \cdot 5,233 = 397,9 \text{ кВт.} \quad (2.19)$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$K = \frac{N_{\text{дв}} \cdot \eta}{P_{\text{max}}} = \frac{500 \cdot 0,85}{395,2} \approx 1,08 \leq [K]=2 \quad (2.20)$$

Таким чином, остаточно вибираємо електродвигун 4П–450–26–500–УЗ.

2.5 Вибір вальниць кочення

2.5.1 Типи вальниць та їх призначення

Тип вальниці вибирається залежно від навантаження, його напрямку й характеру дії на опору. При цьому враховуються й такі фактори, як необхідна твердість опори, неприпустимість перекосів від неспіввісності посадочних місць або прогинів валів, спосіб фіксації пов'язаних з опорами деталей, забезпечення зручності монтажу й, якщо потрібно, регулювання, швидкохідності опори, спрощення конструкції й уніфікації опор, їх вартість і ін. [13]

У випадках, коли осьові навантаження вище радіальних, опори виконують комбінованими з вальниць двох типів: наприклад, для сприйняття осьового навантаження встановлюють упорні вальниці, а для сприйняття радіального – один з типів радіальних вальниць [14].

Тип вальниці повинен вибиратися на підставі ретельного аналізу всіх факторів, що впливають на працездатність опори.

Для порівняння, деякі характеристики вальниць наведені в табл.2.1

В нашому випадку радіальне навантаження значно перевищує осьове, тому згідно таблиці 2.1 замість вальниці роликової конічної дворядної № 97768 пропонується встановити роликову вальницю дворядну, сферичну № 3768, у якої відносна вантажопідйомність майже у 1,5 раза більша [15].

Таблиця 2.1 – Деякі порівняльні характеристики підшипників [15]

Тип підшипника	Відносна вантажо–підйомність	Відносна швидкохідність	Відносна вартість
Шарикопідшипник радіальний, однорядний	1	1	1
Шарикопідшипник дворядний, сферичний	0,8	0,9	1,15
Роликотпідшипник з короткими циліндричними роликами	1,5	1	1,2
Роликотпідшипник дворядний, сферичний	2,5	0,7	3,0
Шарикотпідшипник радіально – упорний	1,2	1	1,8
Роликотпідшипник конічний, дворядний	1,7	0,7	2,0
Шарикотпідшипник упорний	–	0,3	1,1

2.5.2 Розрахунок роликової сферичної вальниці

Радіальні вальниці здатні сприймати не тільки радіальні, але й осьові зусилля, що не перевищують 70% невикористаного припустимого радіального навантаження. Їх застосовують іноді й для роботи при осьовому навантаженні, однак у цьому випадку використовують шарикові вальниці зі збільшеним радіальним зазором між кульками й доріжками кочення [16].

Вихідні умови: радіальне навантаження на валу $F_a = 840$ кН, навантаження з легкими поштовхами, бажана довговічність $L_h = 15000$ год, температура підшипникових вузлів не перевищує 100 °С, приміщення запилене.

Визначимо попередньо динамічне еквівалентне навантаження [17]:

$$P_m = F_a \cdot K_t \cdot K_\delta = 840 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1008, \text{ кН} \quad (2.21)$$

де F_a – осьове навантаження на вальницю, кН;

K_t – температурний коефіцієнт, $K_t = 1$;

K_δ – коефіцієнт характеру навантаження на вальницю, $K_\delta = 1,2$.

Потрібна орієнтовна динамічна вантажопідйомність:

$$C_m = \frac{f_d}{f_n} P_m = \frac{2,5}{1,1} 1008 = 2290 \text{кН} \quad (2.22)$$

де f_d – емпіричний коефіцієнт динамічного навантаження, що враховує тип механізму й необхідну надійність і безпеку його роботи;

f_n – коефіцієнт частоти обертання.

Перевірка довговічності:

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P_m} \right)^3 = \frac{10^6}{60 \cdot 8} \left(\frac{2290}{1008} \right)^3 = 24428 \text{год}, \quad (2.23)$$

що більше необхідної довговічності, прийнятої 15000 ч, тому остаточно приймаємо дворяду, сферичну вальницю № 3768 з номінальною вантажопідйомністю $C = 2809$ кН.

2.6 Розрахунки черв'ячної передачі механізму регулювання зазору між ножами

Установка необхідного ексцентриситету двохкривошипного валу здійснюється за допомогою гвинтового механізму із приводом від електродвигуна типу МТК потужністю $P = 7,5$ кВт через черв'ячний редуктор.

Розраховуємо черв'ячну передачу механізму регулювання (рис.2.10) по наступних вихідних даних:

Максимальне зусилля на маховику $F = 300\text{Н}$;

Повний момент на колесі $T_{\text{кmax}} = 750 \text{ Н}\times\text{М}$;

Передача повинна прослужити 15 років;

Коефіцієнт річного й добового використання відповідно рівні: $K_1 = 0,25$;
 $K_C = 0,33$.

Передаточне число черв'ячної передачі [18]:

$$U = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1}, \quad (2.24)$$

де ω_1 і ω_2 – кутові швидкості черв'яка й колеса, рад/с;

n_1, n_2 – частоти обертання, хв^{-1} ;

Z_1 – число заходів черв'яка;

Z_2 – число зубів колеса.

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{189}{1} = 189, \quad (2.25)$$

Частота обертання колеса:

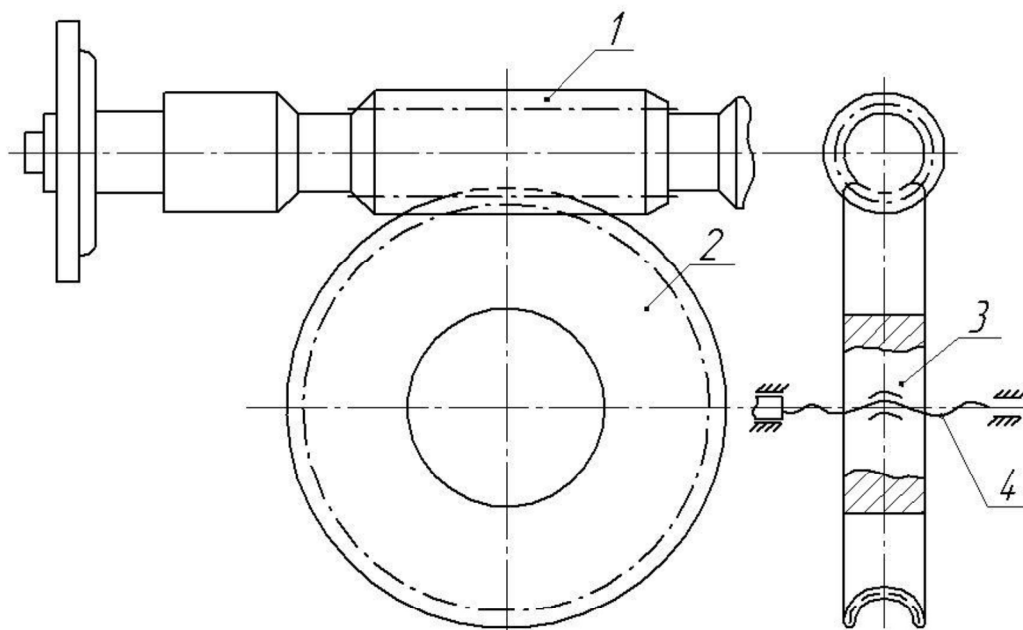
$$n_2 = \frac{n_1}{Z_1} = \frac{1}{189} = 0,0529 = 5,29 \cdot 10^{-3} \text{ хв}^{-1}; \quad (2.26)$$

де n_1 – частота обертання черв'яка;

U – передаточне число.

Приймаємо матеріал вінця черв'ячного колеса – бронза БрОФ10.1 [19] ОСТ 1.90054–72 ($\sigma_B = 250 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_T = 150 \text{ Н/мм}^2$); черв'як зі сталі 45 ДСТ 1050–74 ($\sigma_B = 700 \text{ Н/мм}^2$; $\sigma_T = 350 \text{ Н/мм}^2$) із твердістю НВ 250...300, шліфований, коефіцієнт

діаметра черв'яка $q = 10$; число заходів черв'яка $z_1 = 1$; коефіцієнт навантаження 1,3.



1 – черв'як, 2 – червячне колесо, 3 – втулка, 4 – вал

Рисунок 2.10 – Кінематична схема червячної передачі механізму регулювання зазору між ножами

Міжосьову відстань знаходимо по формулі при сталевому черв'яку й бронзовому колесі [20]:

$$\begin{aligned}
 a_{\omega} &= \left(\frac{Z_2}{q} + 1 \right) \cdot \sqrt{\left(\frac{170}{\frac{Z_2}{q} \cdot [\sigma_H]} \right)^2} \cdot K \cdot T_{\max} = \\
 &= \left(\frac{189}{10} + 1 \right) \cdot \sqrt{\left(\frac{170}{\frac{189}{10} \cdot 268} \right)^2} \cdot 1,3 \cdot 7,5 \cdot 10^6 = 398 \text{ мм},
 \end{aligned} \tag{2.27}$$

Допустиме напруження знаходимо:

$$[\sigma_H] = 0,75 \cdot \sigma_B \sqrt[8]{\frac{10^7}{N_{HE}}} = 0,75 \cdot 260 \cdot \sqrt[8]{\frac{10^7}{5,05 \cdot 10^5}} = 268 \text{ Н/мм}^2, \quad (2.28)$$

де N_{HE} – еквівалентне число циклів нагруження знаходимо по формулі:

$$N_{HE} = 60 \cdot n_2 \sum_{i=1} \left(\frac{T_2 i}{T_{k \max}} \right)^4 \cdot \lambda_H = 60 \cdot 5,29 \cdot 10^{-3} \times \\ \times (1^4 \cdot 0,1 + 0,54 \cdot 0,5 + 0,1^4 \cdot 0,4) \cdot 1625 = 8,05 \cdot 10^5; \quad (2.29)$$

де λ_H – число годин роботи:

$$\lambda_H = 365 \cdot 24 \cdot K_\Gamma \cdot K_C \cdot \frac{15}{100} = 365 \cdot 24 \cdot 15 \cdot 0,25 \cdot 0,35 \cdot 0,15 = 1625 \text{ год} \quad (2.30)$$

де K_Γ – коефіцієнт річного використання;

K_C – коефіцієнт добового використання.

Приймаємо за [21] $a_\omega = 400$ мм.

Знаходимо модуль:

$$m = \frac{2 \cdot a_\omega}{q + Z_2} = \frac{2 \cdot 400}{10 + 189} \approx 4,02 \text{ мм}, \quad (2.31)$$

де q – коефіцієнт діаметра черв'яка, мм;

Z_2 – число зубів черв'ячного колеса;

За рекомендаціями [22] приймаємо $m = 4$ мм.

Перевіряємо зуб на міцність по вигину:

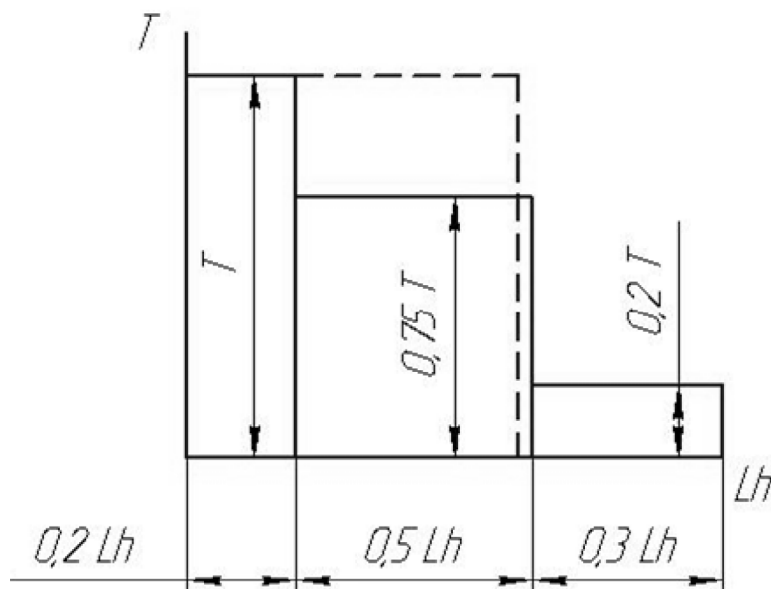
$$\sigma_F = \frac{Y_F \cdot K \cdot F_{t2} \cdot \cos \gamma}{1,3 \cdot m^2 \cdot q} \leq [\sigma_F], \quad (2.32)$$

де U_F – коефіцієнт форми зуба;

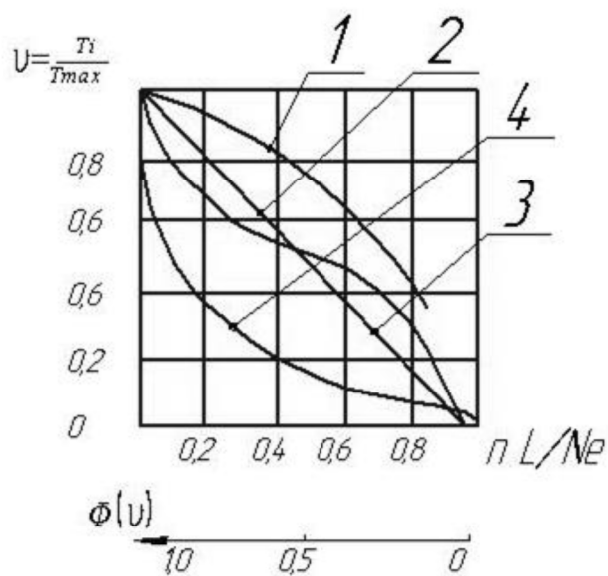
K – коефіцієнт навантаження;

F_{t2} – окружне навантаження на колесі;

q – коефіцієнт діаметра черв'яка;



а



б

1 – важкий; 2 – середній; 3 – середній нормальний; 4 – легкий

Рисунок 2.11 – Графіки навантаження: а – ступінчастий, б – типові режими навантаження [12]

$$\sigma_F = \frac{1,26 \cdot 1,3 \cdot 1984 \cdot \cos 11^\circ 20'}{1,3 \cdot 4^2 \cdot 10} = 14,74 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma_F] = 41,5 \text{ Н/мм}^2, \quad (2.33)$$

Y_F – вибираємо по еквівалентному числу зубів.

$$Z_V = Z_2 / \cos^3 \gamma, \quad (2.34)$$

Окружна сила:

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot T_{K_{\max}}}{m \cdot Z_2} = \frac{2 \cdot 7,5 \cdot 10^5}{4 \cdot 189} = 1984 \text{ Н}; \quad (2.35)$$

де T_{\max} – максимальний момент на колесі, Н·м.

Визначаємо максимально допустиме напруження вигину:

$$[\sigma_{-1F}] = 0,16 \cdot \sigma_B \cdot \sqrt[9]{\frac{10^6}{N_{FE}}} = 0,16 \cdot 260 = 41,5 \text{ Н/мм}^2, \quad (2.36)$$

$$\text{де } N_{FE} = 60 \cdot n_2 \sum_{i=1} \left(\frac{T_{Ki}}{T_{K_{\max}}} \right)^2 \lambda_{ni} = 60 \cdot 5,19 \cdot 10^{-3} \cdot (190,1 + 0,5^9 \cdot 0,5 + 0 + 190,4) = 6,6 \cdot 10^5;$$

$$\text{т.я. } N_{FE} < N_0 = 106; N_0 \text{ – базове число циклів приймаємо } \frac{10^6}{N_{FE}} = 1;$$

Перевіряємо зуб на міцність по пусковому моменту:

$$\sigma_{FH} = \sigma_F \cdot \frac{T_{2H}}{T_{2\max}} = 14,74 \cdot \frac{275}{75} = 29,48 \text{ Н/мм}^2; \quad (2.37)$$

$$\sigma_{FH} = 29,48 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma_{FH}] = 0,8\sigma_{\Gamma} = 0,8 \cdot 150 = 120 \text{ Н/мм}^2$$

Коефіцієнт зсуву інструмента знаходимо по формулі:

$$X = \frac{a_{\omega}}{m} - 0,5(q + Z_2) = \frac{400}{4} - 0,5 \cdot (10 + 189) = -0,5; \quad (2.38)$$

Знаходимо розміри черв'яка: (рис. 2.12)

ділільний діаметр:

$$d_1 = m \cdot q = 4 \cdot 10 = 40 \text{ мм}; \quad (2.39)$$

діаметр вершин:

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot (h_a^* \cdot m) = 40 + 2 \cdot 4 = 48 \text{ мм} \quad (2.40)$$

де $h_a^* = 1$ – коефіцієнт висоти головки;

діаметр западин черв'яка:

$$d_{f1} = d_1 - 2(h_a^* + C^*) \cdot m = 40 - 2(1 + 0,2) \cdot 4 = 31,84 \text{ мм} \quad (2.41)$$

де $C^* = 0,2$ – коефіцієнт радіального зазору;

початковий діаметр:

$$d_{\omega} = (g - 2 \cdot x) \cdot m = (10 - 2 \cdot 0,5) \cdot 4 = 36 \text{ мм} \quad (2.42)$$

довжина нарізної частини:

$$b_1 \geq (11 + 0,06 \cdot Z_2) \cdot m + 25 = (11 + 0,06 \cdot 189) \cdot 4 + 25 = 114 \text{ мм} \quad (2.43)$$

Крок і хід:

$$P = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 4 = 12,56; \quad (2.44)$$

$$PZ = P \cdot Z_1 = 12,56 \cdot 1 = 12,56 \text{ мм.} \quad (2.45)$$

Визначимо розміри колеса:

ділительний діаметр:

$$d_2 = m \cdot Z_2 = 4 \cdot 189 = 756 \text{ мм;} \quad (2.46)$$

середній діаметр вершин зубів:

$$da_2 = d_2 + 2 \cdot m(h_a^* + x) = 756 + 2 \cdot 4(1 + 0,5) = 760 \text{ мм;} \quad (2.47)$$

середній діаметр:

$$df_2 = d_2 - 2 \cdot m(h_a^* + c + x) = 756 - 2 \cdot 4(1 + 0,2 + 0,5) = 760 \text{ мм;} \quad (2.48)$$

найбільшим діаметром:

$$da \leq da_2 + 6 \cdot m \div Z_1 + 2 = 756 + 6 \cdot 4 \div 1 + 2 = 764 \text{ мм} \quad (2.49)$$

Ширина вінця:

$$b_2 \leq 0,75 \cdot da_1 = 0,75 \cdot 48 = 36 \text{ мм.} \quad (2.50)$$

Зусилля, що діють у зачепленні знаходимо по формулі:

окружна сила на колесі $F_{t2} = 1984 \text{ Н}$;

радіальна сила:

$$F_r = F_{t2} \cdot \operatorname{tg}\alpha = 1984 \cdot \operatorname{tg}20^\circ = 772 \text{ Н}; \quad (2.51)$$

Швидкість ковзання:

$$V_{\text{СК}} = \frac{m \cdot n_1}{19100} \cdot \sqrt{Z_1 + g^2} = \frac{4 \cdot 1}{19100} \cdot \sqrt{1^2 + 10^2} = 2,1 \cdot 10^{-1} \text{ м/с}, \quad (2.52)$$

де n_1 – частота обертання черв'яка, хв^{-1}

$$n_1 = n_2 \cdot U = 5,29 \cdot 10^{-3} \cdot 189 = 9,99 \cdot 10^{-1} \approx 1 \text{ мин}^{-1} \quad (2.53)$$

По швидкості ковзання призначаємо 9 – 10 ступінь точності передачі й вид сполучення В СТСЕВ211–76 [23]. Коефіцієнт деформації черв'яка $\Theta = 108$ [23]

Коефіцієнт навантаження:

$$K = K_\beta \cdot K_v; \quad (2.54)$$

де K_v – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження.

K_β – коефіцієнт, що враховує нерівномірності розподілу навантаження

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{Z_2}{\Theta} \right)^3 \cdot (1 - x) = 1 + \left(\frac{189}{108} \right)^3 \cdot (1 - 0,39) = 1,3;$$

де $x = 0,39$ – відношення середнього крутного моменту на колесі:

$$x = \sum \frac{T_U}{T_{U \max}} = \frac{L_{ni}}{L_h} = 1,0 + 0,5 + 0,1 \cdot 0,4 = 0,39$$

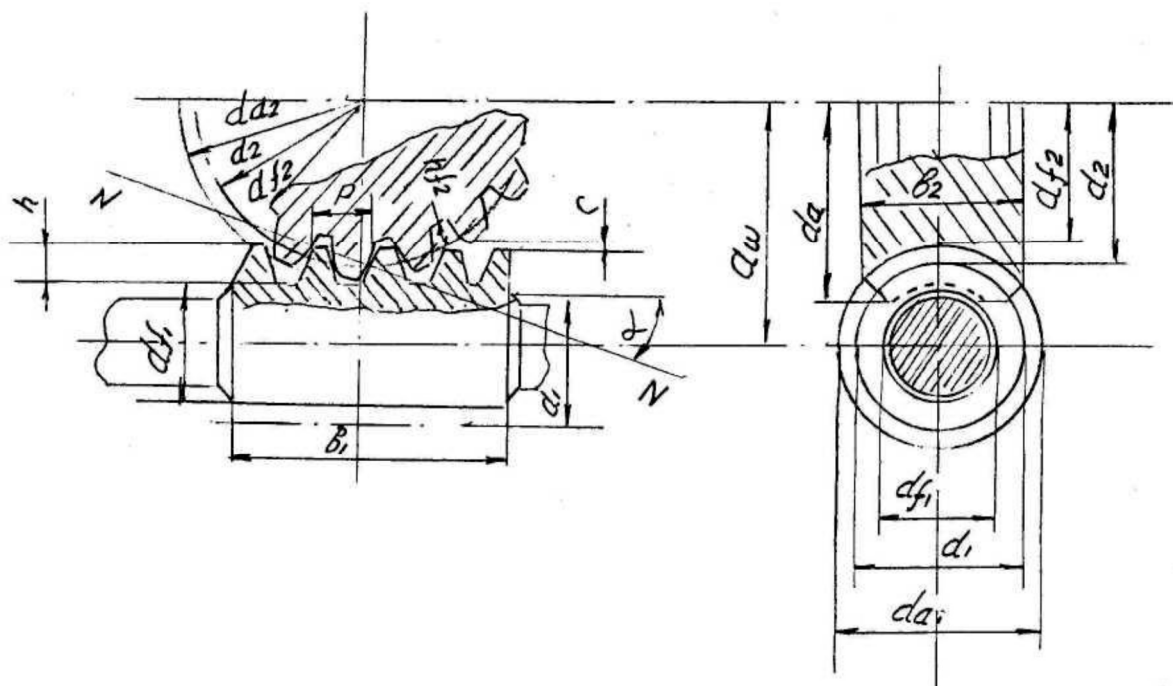


Рисунок 2.12 – Кінематична схема черв'ячної передачі

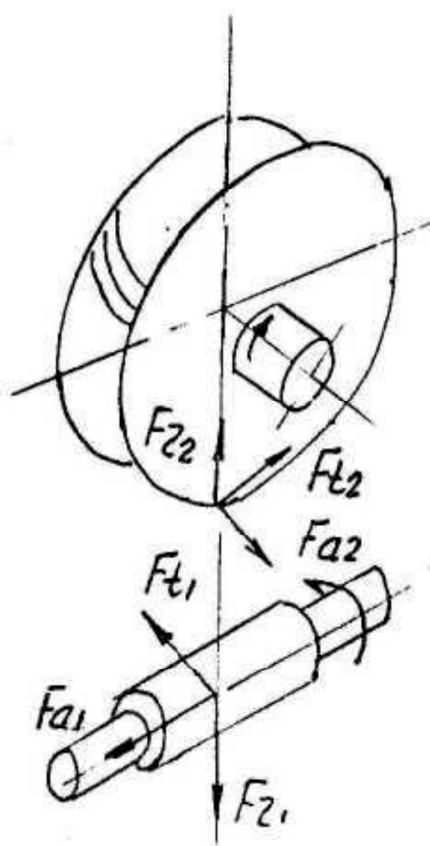


Рисунок 2.13 – Сили в черв'ячному зачепленні

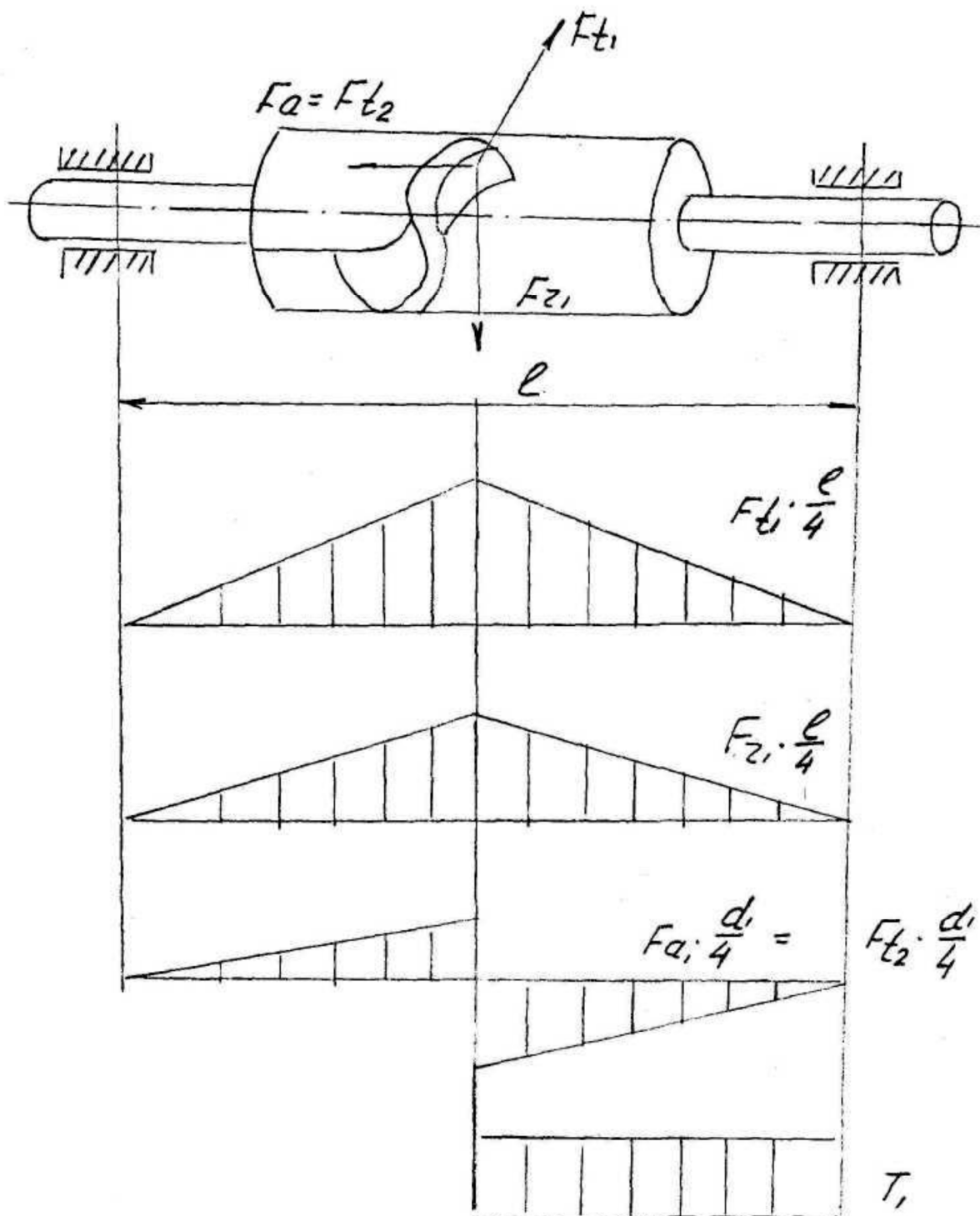


Рисунок 2.14 – Епюри моментів для черв'яка

При швидкості ковзання $V_{ск} \geq 2,1 \cdot 10^{-1}$ м/с;

коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, приймаємо рівним по [21]:

$$K_V = 1,2.$$

Коефіцієнт навантаження:

$$K = 1,3 \cdot 1,2 = 1,56 > K = 1,4$$

Визначимо ККД передачі:

$$h = 0,96 \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg}(\gamma + P)} = 0,96 \cdot \frac{\operatorname{tg} 5^\circ 40'}{\operatorname{tg}(5^\circ 40' + 1^\circ 40')} = 0,785, \quad (2.55)$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} 1/g = \operatorname{arctg} 1/10 = 5^\circ 40'$$

Виконаємо перевірку тіла черв'яка на міцність

Приймаємо відстань між опорами черв'яка (рис. 2.14):

$$l = d_2 = 756 \text{ мм} \quad (2.56)$$

Напруження в тілі черв'яка [24]:

$$\sigma_{F_1} = \frac{M_E}{0,1 \cdot d^3_{f_1}} = \frac{1,7873 \cdot 10^5}{0,1 \cdot 32^3} = 54,5 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma] = 70 \text{ Н/мм}^2; \quad (2.57)$$

де M_E – крутний момент на черв'яку, Н·мм;

d – діаметр черв'яка, мм.

$$\begin{aligned} M_E &= \sqrt{M_F^2 + T_1} = \sqrt{\left(\frac{F_{t_1} \cdot l}{4}\right)^2 + \left(\frac{F_2 \cdot l}{4} + \frac{F_{t_2} \cdot d_1}{4}\right)^2} + T^2 = \\ &= \sqrt{\left(\frac{458 \cdot 756}{4}\right)^2 + \left(\frac{722 \cdot 756}{4} + \frac{1984 \cdot 76}{4}\right)^2} + 2,5 \cdot 10^7 = 1,7873 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{мм}. \end{aligned} \quad (2.60)$$

$$T_1 = \frac{T_2}{U \cdot \eta} = \frac{750000}{189 \cdot 0,785} = 5055 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.61)$$

При недостатній твердості прогин черв'яка великий. Це порушує правильність зачеплення, погіршує умови роботи передачі. Щоб уникнути цього, необхідно розрахувати величину прогину черв'яка й зрівняти її із припустимою:

$$f = \frac{\ell \cdot \sqrt[3]{F_{t1}^2 + F_r^2}}{48 \cdot E \cdot I_{np}} = \frac{756^3 \cdot \sqrt{258^2 + 722^2}}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2,6 \cdot 10^5} = 0,0177 \text{ мм}, \quad (2.62)$$

де F_{t1} – окружна сила на черв'яку:

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 5055}{40} = 258$$

I_{np} – наведений момент інерції перетину черв'яка, мм^4 :

$$I_{np} = \frac{\pi \cdot d_{f1}}{64} \cdot \left(0,375 + 0,625 \cdot \frac{d_{a1}}{d_{f1}} \right) = \frac{3,14 \cdot 32}{64} \cdot \left(0,375 + 0,625 \cdot \frac{48}{32} \right) = 2,06 \cdot 10^5 \text{ мм}^4; \quad (2.63)$$

$$f=0,0177 < [f]=0,03$$

Умова виконується.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Монтаж летючих ножиць і їх приводу

Монтаж летючих ножиць і їх приводу ведеться збільшеними вузлами [25]. Збільшення виконується в підготовчий період. Склад збільшених вузлів обумовлений максимально припустимим вагою – 15 т. Монтаж вузлів проводиться в міру готовності фундаменту під монтажну станину й привід. Фундамент приймається від будівельної бригади по акту з перевіркою основних розмірів на відповідність із проектним. Анкерні болти повинні бути вставлені по контуру, відхилення по висоті ± 10 мм. Монтаж проводиться мостовим краном вантажопідйомністю 15 т.

Монтаж вузлів ведуть у наступній послідовності:

1. Монтаж вузлів станини з вивіркою в план монтаж картера редуктора щодо осі станини, вивірку по висоті робити на сталевих прокладках, установлюваних близько кожного анкерного болта, вузли спочатку виставляються на пакетах прокладок, після виставлення в проектне положення (у проектні розміри) установлюються інші. Після установки роблять затягування анкерних болтів.
2. Монтаж нижнього супорта з вивіркою щодо вузла 1.
3. Монтаж верхнього супорта з вивіркою паралельних осей.
4. Монтаж механізму пропусків різання та монтаж провідного валу.
5. Підшивка бетоном станини.
6. Монтаж вузлів редуктора.

3.2 Експлуатація летючих ножиць

Експлуатація – сукупність усіх фаз існування устаткування, включаючи періоди зберігання, транспортування споживачам, використання по призначенню й усіх видів обслуговування й ремонту .

Технічна експлуатація – це комплекс заходів щодо технічного обслуговування, технічного нагляду й ремонту, спрямованих на забезпечення працездатності машин протягом усього строку їх служби.

Технічне обслуговування устаткування стану виконує експлуатаційний, черговий і ремонтний персонал цеху. Технічне обслуговування – це комплекс операцій або операції по підтримці працездатності або справності виробу при користуванні по призначенню, зберіганні й транспортуванню. У цей комплекс входять очищення, контроль технічного стану, змазування, кріплення, регулювання, виявлення й усунення дефектів. Нагромадження інформації для наступного ремонту. Черговий персонал закріплений за різними видами устаткування й працює позмінно. Він виконує основний обсяг робіт по технічному обслуговуванню.

Функції ремонтного персоналу полягають у підготовці вузлів і деталей устаткування до ремонтів (у міжремонтний період) і виконання ремонту.

Профілактичні огляди під час передачі її виконує експлуатаційний персонал.

Внутрішньо–змінне обслуговування виконує експлуатаційний черговий персонал.

Функції чергового персоналу: перевірка справності системи пластичного змащення, перевірка протікання масла з редукторів, контроль стану підшипникових вузлів, зубчастих передач, зубчастих муфт, перевірка надійності кріплення вузлів і деталей [26].

3.3 Змащення вузлів ножиць

Ножиці забезпечені централізованою системою змащення від електродвигуна й насосів.

Керування насосом перебуває на головному контрольному пункті й двигун його повинен бути приєднаний так, що ножиці не можуть бути включені в роботу

перш, ніж насоси не почнуть працювати й змащення не буде подано до різних точок ножиць.

Крім вальниць, що обслуговуються циркуляційним змащенням, є окремі точки, що змащуються пластичним мастилом. Карту змащування кривошипно-шатунних ножиць та його періодичність наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Карта змащування кривошипно-шатунних ножиць

Найменування змащувального вузла	Марка змащувального матеріалу	Система змащення	Періодичність поповнення (заміни) змащувального матеріалу	Спосіб та періодичність контролю
Зубчасті зачеплення привода нажимних гвинтів, вальниці диференційного редуктора	Масло індустріальне И-40А	Централізована, циркуляційна	За потребою, але не рідше 1 р. в 6 міс.	Візуально
Зубчасті муфти привода	Змащування 1-13 або аналоги	Закладна	Додавати 1 раз за 5 діб	Візуально
Нажимні гвинти, гайки нажимних гвинтів	Масло циліндрове 52	Централізована, циркуляційна	Додавати 1 раз за 10 діб, повна заміна через 1 рік	Візуально
Вальниці станинних роликів	Мастило УНІОЛ-20	Централізована пластична	Додавати 1 раз за 8 год.	Візуально по відпрацюванню живильника
Направляючі планки	Мастило ИП-1	Централізована пластична	Додавати 1 раз за 4 год.	Візуально по відпрацюванню живильника

3.4 Фундаменти

Фундаменти призначені для передачі зусиль на ґрунт і зменшення вібрації машин при експлуатації. Їх виконують з бетону у вигляді блоків, розділених деформаційними швами різного призначення (осадкові, усадкові і ін.). Початковими показниками для проектування фундаментів є параметри і габаритні розміри підстав машин, схема вантаження фундаменту, дані про геологію, гідрогеологію і фізико-механічні властивості ґрунту, схеми прив'язки фундаменту до будівлі, розташування заставних частин, приямків і каналів [25].

3.4.1 Розрахунок фундаменту для установки диференційного редуктора

Фундамент повинен бути спроектований так, щоб дотримувалася умова [25]:

$$\rho = \frac{G_m + G_\phi + P_{\text{тех}}}{a \cdot b} + \sum \frac{M_{\text{пер}}}{W_\phi} \leq [\rho], \quad (3.1)$$

де G_m – вага редуктора, встановленого на фундаменті, $G_p=3650\text{кг}$;

G_ϕ – вага фундаменту, кг:

$$G_\phi = V_\phi \cdot \rho_\phi \quad (3.2)$$

де V_ϕ – обсяг фундаменту, приймається з розрахунку, що на одну тону встановленої маси устаткування витрачають 3 м³ бетону.

Приймаємо $V_\phi = 10,95\text{м}^3$.

ρ_ϕ – щільність бетону, для армованого бетону приймаємо

$$\rho_\phi = 2,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

Тоді

$$G_{\phi} = 10,95 \cdot 2,3 \cdot 10^3 = 25,2 \cdot 10^3 \text{ кг} = 25,2 \text{ т.}$$

$P_{\text{тех}}$ – вертикальна складова технологічного навантаження, так як фундамент розраховується для редуктора, вертикальна складова відсутня;

a, b – розміри підосви фундаменту, м (рис.3.1);

$M_{\text{пер}}$ – перекидний момент, в зв'язку з тим, що редуктор жорстко з'єднано з електродвигуном, то $M_{\text{пер}} = M_{\text{дв}}$ та дорівнює:

$$M_{\text{дв}} = \frac{9,55 P_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}}, \text{ Нм} \quad (3.3)$$

де $P_{\text{дв}}$ – номінальна потужність двигуна, $P_{\text{дв}} = 500 \cdot 10^3$ Вт;

$n_{\text{дв}}$ – номінальна частота обертів двигуна $n_{\text{дв}} = 1400$ хв⁻¹.

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{пер}} = \frac{9,55 \cdot 500 \cdot 10^3}{1400} = 3411 \text{ Нм} \approx 347,7 \text{ кгм}$$

W_{ϕ} – момент опору фундаменту, м³:

$$W = \frac{(a'')^2 \cdot b''}{6}, \text{ м}^3 \quad (3.4)$$

Фундамент складається із двох частин: безпосередньо фундаменту й підосви. Розміри самого фундаменту приймаються з урахуванням довжини й ширини встановлюваного устаткування [27].

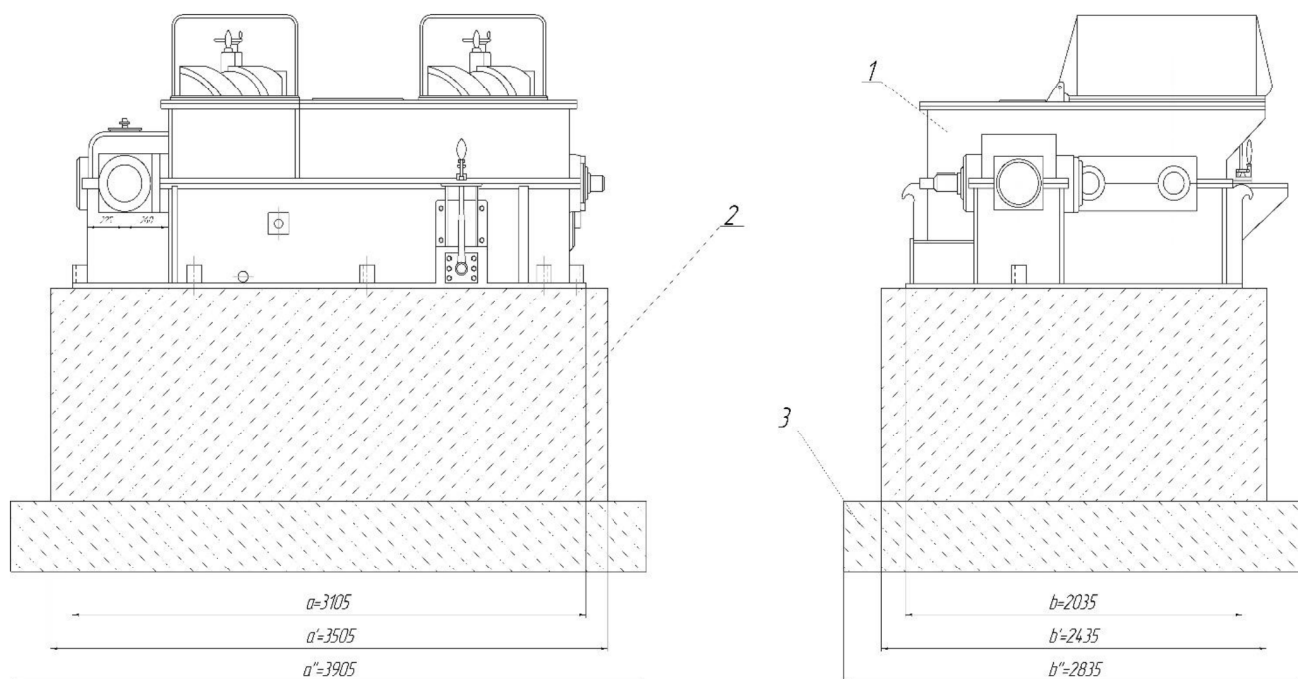
Визначаємо геометричні параметри фундаменту (схема фундаменту представлена на рисунку 3.1):

$$a' = a + 2 \cdot \delta = 3,105 + 2 \cdot 0,2 = 3,505\text{м};$$

$$b' = b + 2 \cdot \delta = 2,035 + 2 \cdot 0,2 = 2,435\text{м};$$

$$a'' = a' + 2 \cdot \delta' = 3,505 + 2 \cdot 0,2 = 3,905\text{м};$$

$$b'' = b' + 2 \cdot \delta' = 2,435 + 2 \cdot 0,2 = 2,835\text{м};$$



1 – диф.редуктор; 2 – власне фундамент; 3 – підшва фундаменту

Рисунок 3.1 – Схема до розрахунку фундаменту

Тоді момент опору фундаменту

$$W = \frac{(a'')^2 \cdot b''}{6} = \frac{3,905^2 \cdot 2,835}{6} = 7,2\text{м}^3$$

$[\rho]$ – допускаємий тиск, на ґрунт, $\text{кг}/\text{см}^2$. Припустимий тиск на ґрунт для Запорізької області приймають $[\rho] = 2\text{кг}/\text{см}^2$.

Визначаємо діючий тиск на ґрунт

$$\rho = \frac{3650 + 25200}{390,5 \cdot 283,5} + \frac{34770}{7,21 \cdot 10^6} = 0,27 \text{ кг/см}^2,$$

$$0,27 \text{ кг/см}^2 < 2 \text{ кг/см}^2.$$

Визначимо загальну висоту фундаменту і його складових частин

$$h_{\text{заг}} = \frac{V_{\text{ф}}}{a' \cdot b'} = \frac{10,95}{3,505 \cdot 2,435} = 1,28 \text{ м} \quad (3.5)$$

Висота підшви фундаменту:

$$h_{\text{п}} = \frac{1}{5} \cdot h_{\text{заг}} = \frac{1}{5} \cdot 1,28 = 0,26 \text{ м}, \quad (3.6)$$

Висота власне фундаменту:

$$h_{\text{ф}} = h_{\text{заг}} - h_{\text{п}} = 1,28 - 0,26 = 1,02 \text{ м}; \quad (3.7)$$

Обсяг підшви фундаменту:

$$V_{\text{п}} = h_{\text{п}} \cdot a'' \cdot b'' = 0,26 \cdot 3,905 \cdot 2,835 = 2,88 \text{ м}^3, \quad (3.8)$$

Для підшви фундаменту приймаємо бетон Б50

Обсяг власне фундаменту:

$$V_{\text{ф}} = h_{\text{ф}} \cdot a' \cdot b' = 1,02 \cdot 3,505 \cdot 2,435 = 8,71 \text{ м}^3, \quad (3.9)$$

Для підшви фундаменту приймаємо бетон Б200 .

Загальний обсяг фундаменту:

$$V_{\Sigma} = V_{\pi} + V_{\phi} = 2,88 + 8,71 = 11,59 \text{ м}^3.$$

Вага фундаменту:

$$G_{\phi} = V_{\Sigma} \cdot \rho = 11,59 \cdot 2,3 = 26,7 \text{ Т};$$

Уточнюємо вагу фундаменту:

$$\Delta G_{\phi} = 26,7 - 10,95 = 15,75 \text{ Т};$$

Уточнюємо тиск на ґрунт:

$$\Delta \rho = \frac{15750}{390,5 \cdot 283,5} = 0,14 \text{ кг/см}^2;$$

$$\rho_{\text{факт}} = \rho + \Delta \rho = 0,27 + 0,14 = 0,41 \text{ кг/см}^2 < 2 \text{ кг/см}^2 \quad (3.10)$$

Умова виконується, отже габаритні розміри фундаменту обрано вірно.

3.4.2 Розрахунок анкерних болтів для закріплення диференційного редуктора на фундаменті

Анкерні болти служать для кріплення устаткування до фундаменту. Анкерні болти розрізняють на глухі й заводні. Глухі встановлюють до бетонування, приварюючи їх до арматур фундаменту, а заводні встановлюються в анкерні колодязі, виконані у фундаменті [27].

Відстань між анкерними болтами – $a = 2115 \text{ мм}$.

На рисунку 3.2 представлена розрахункова схема.

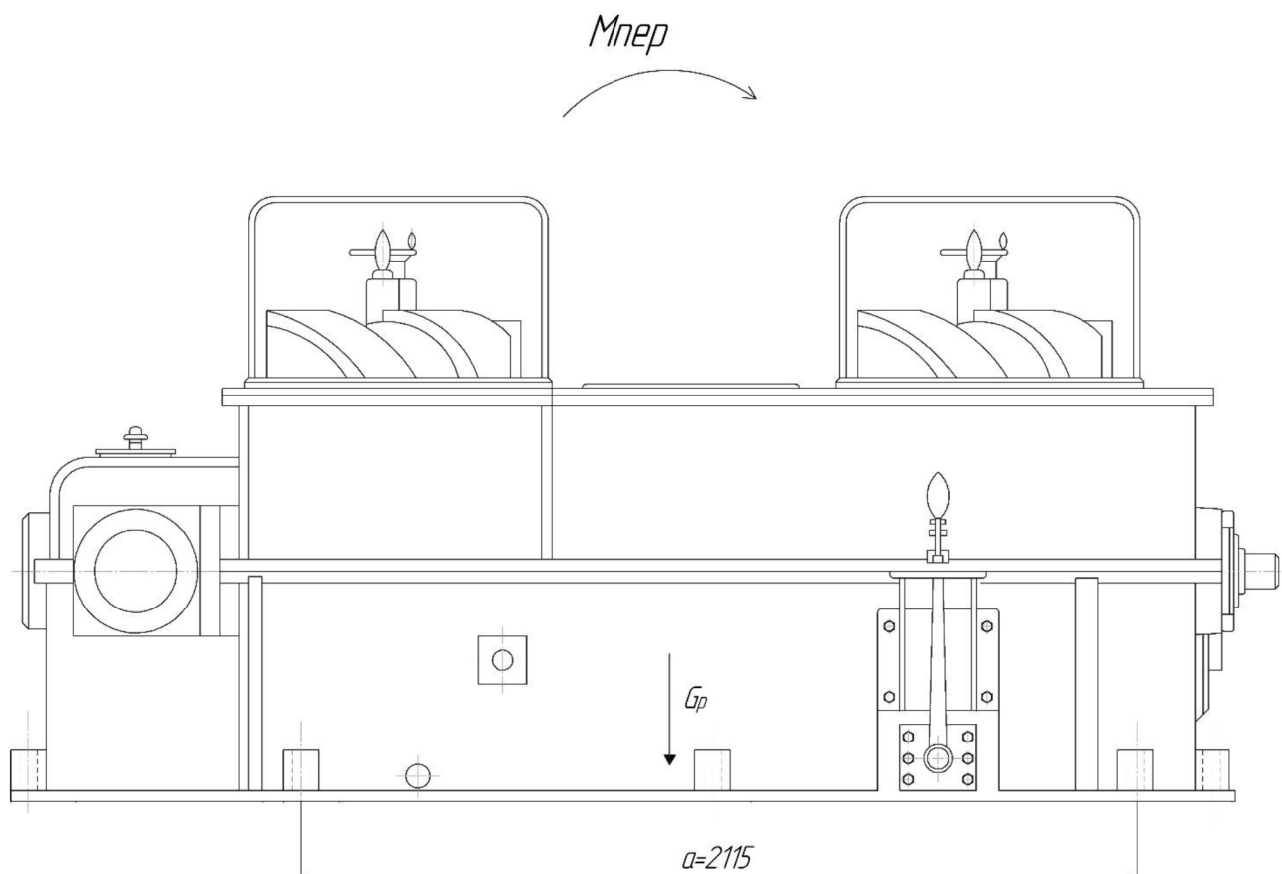


Рисунок 3.2– Схема до розрахунку анкерних болтів

Розрахуємо болти кріплення під редуктор у випадку максимального навантаження на швидкохідний вал крутним моментом.

Болти вибираються з умови:

$$K_y = \frac{M_{вд}}{M_{пер}} \geq 1,4 \quad (3.11)$$

$$\text{тоді } M_{вд} = 1,4 \cdot M_{пер}$$

де K_y – коефіцієнт стійкості;

$M_{пер}$ – перекидний момент (3.3).

Тоді зусилля в стрижні болта:

$$Q_b = \frac{1,4 \cdot M_{\text{від}} - G_p \cdot a/2}{a \cdot n_p} = \frac{1,4 \cdot 4775,4 - 35806,5 \cdot \frac{2,115}{2}}{2,115 \cdot 2} = -7371 \text{Н}. \quad (3.12)$$

Знак “-” зусилля в стрижні болта показує, що механізм не має потреби в закріпленні анкерними болтами, Однак з міркувань надійності закріплюємо устаткування анкерними болтами пропорційними габаритам устаткуванню. Приймаємо для закріплення анкерний болт М32, кількість рядів 2, кількість болтів у ряді 5.

Визначимо діаметри болтів, обмеживши зусилля затягування величиною $Q_b=2000 \text{ кг} \approx 19620 \text{ Н}$:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_b}{\pi \cdot [\sigma]}}, \quad (3.13)$$

де $Q_b=1194,8 \text{ Н}$ – зусилля затягування анкерного болта;

$[\sigma]=120 \text{ МПа}$ – допустиме напруження розтягнення болта.

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 19620}{3,14 \cdot 120}} = 14,43 \text{ мм}.$$

Такому діаметру відповідає болт М16, але попередньо було обрано болти М32, що краще відповідає пропорційності габаритів обладнання.

3.4.3 Розрахунок площі пакету підкладок

Площа нижньої підкладки повинна забезпечувати виконання умови

$$G_{\text{облад}} < [\sigma_{\text{фунд}}]$$

Знаходимо силу діючу на підкладку з наступної формули

$$R = \frac{G_p}{n_{\text{болт}}} + \frac{2 \cdot M_{\text{перек.}}}{a_{\text{болт}} \cdot n_{\text{болт}}} + Q_b, \quad (3.14)$$

де G_p – вага редуктора, $G_p=3650$ кг;

$M_{\text{перек.}}$ – перекидний момент $M_{\text{перек.}}=347,7$ кг м= 347700 кг см (3.3);

$n_{\text{болт}}$ – загальна кількість болтів, $n_{\text{болт}} = 10$;

$a_{\text{болт}}$ – максимальна відстань між болтами, на якій діє перекидний момент, $a_{\text{болт}}=211,5$ см (рис.3.2);

Q_b – зусилля затягування болта $Q_b=2000$ кг \approx 19620 Н:

Виходячи з формули (3.15) знаходимо силу діючу на підкладку

$$R = \frac{3650}{10} + \frac{2 \cdot 34770}{211,5 \cdot 10} + 2000 = 2398 \text{ кг}$$

Знаходимо площу підкладки A з наступної формули

$$A = \frac{R}{k \cdot [\sigma_{\text{фунд}}]}, \quad (3.15)$$

де $[\sigma_{\text{фунд}}]$ – допустиме навантаження на фундамент, приймається за марку

бетону $[\sigma_{\text{фунд}}] = 200$ кг/см²;

k – коефіцієнт контакту фундаменту з підкладкою, $k = 0,5$.

Виходячи з формули (3.16) знаходимо площу підкладки

$$A = \frac{2398}{0,5 \cdot 200} = 23,98 \text{ см}^2$$

Приймаємо підкладку квадратної форми, зі стороною

$$b = \sqrt{A}, \quad (3.16)$$

Виходячи з формули (3.18) знаходимо сторону квадратної підкладки

$$b = \sqrt{23,98} \approx 4,9 \text{ см}$$

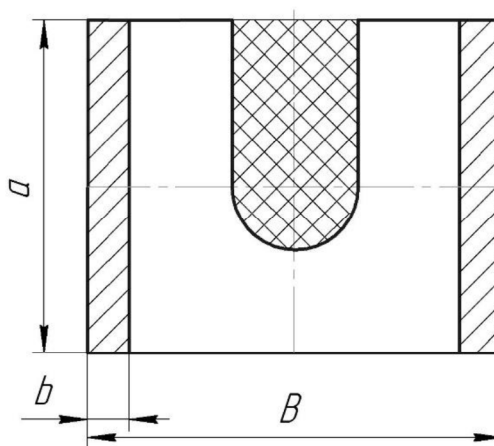


Рисунок 3.3 – До розрахунку площі пакету підкладок

Тоді площа контакту підкладки з фундаментом

$$S = \left(\frac{\pi d^2}{4} / 2 \right) + \left(\frac{a \cdot b}{2} \right) = \left(\frac{3,14 \cdot 4,9^2}{4} / 2 \right) + \left(\frac{4,9 \cdot 4,9}{2} \right) = 21,4 \text{ см}^2, \quad (3.17)$$

Загальна площа підкладки

$$S_{\text{зар}} = S + A = 21,4 + 23,98 = 45,38 \text{ см}^2 \quad (3.18)$$

Тоді сторона підкладки дорівнює

$$a = b = \sqrt{S_{\text{зар}}} = \sqrt{45,38} = 6,74 \text{ см} = 67,4 \text{ мм} \quad (3.19)$$

Остаточно приймаємо підкладку квадратної форми, зі стороною $a=70$ мм

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

Робітники, що обслуговують цех гарячого прокатки тонкого листа, постійно пов'язані з розпеченим металом. Недбалість при роботі з ним може бути причиною нещасного випадку. Найбільшу небезпеку представляє устаткування для переробки й транспортування штаб і рулонів: робочі кліті, кантувачі, електромостові крани.

Багато операцій у цехові супроводжуються створенням шумів низької й високої частоти. Рівень шуму на 50 % перевищує стандартні припустимі норми [28]. Шумові виділення відбуваються при різанні штаби на ножицях, виправлення її на правильних машинах і т.д.

Подача нагрітих зливків від нагрівальних колодязів до прокатного стану є в основному безпечною операцією. Однак при транспортуванні злитків з не застиглою серцевиною зливковозами можливе виплюхування рідкого металу, падіння гарячої окалини, теплові опіки. Ступінь небезпеки виробничого процесу при гарячій прокатці значно вище, ніж при холодній, що пояснюється високою температурою металу, що прокочується. Додатковими небезпечними факторами при гарячій прокатці є температурний режим нагрівання, режим прокатки, швидкість його охолодження при деформації й т.д. При різанні металу на ножицях небезпечними є локальні зони що рухаються й обертаються частин механізму. Значно підвищує фактор небезпеки процесу використання в потоці машин вогневого зачищення металу. При вогневому зачищенні можливий вибух газів. Інші технологічні операції (охолодження, таврування, складування металу) особливого впливу на рівень безпеки технологічного процесу не роблять. подача й транспортування слябів і штаби, а також їх обробка повністю механізована. Для оглядів і обслуговування прокатного стану застосовуються контрольно-вимірні прилади, установлені на постах управління стану й устаткування. Розташування постів керування прокатного стану забезпечує гарну видимість

робочих клітей стану, а також допоміжного устаткування. В таблиці 4.1 приведена карта умов праці механослужби.

Таблиця 4.1 – Карта умов праці механослужби.

Фактори	Норматив не значення, ГДК, ГДУ	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов., і характер праці			Час дії фактора % у зміну
			1 ступ.	2 ступ.	3 ступ.	
I. Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
1 клас безпеки						
2 клас безпеки						
Марганцю оксиди (дезінтегр)	0,3	0,56	1,87			83,1
3-4 клас безпеки						
Масла мінеральні	5,0	6,5	1,3			83,1
Азоту діоксид	2,0	4,0	2			83,1
Ангідрид сірчистий	10,0	13,5	1,35			83,1
II. Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³	4	25			6,3	
III. Шум, дБ	80	96			16	100
IV. Мікроклімат у приміщенні						
- температура повітря, °C	16-27	37		10		83,1
V. Робоча поза						
Важкість праці		IIa		серед.		
Напруженість праці				помір.		
Кількість факторів			4	1	3	

Відповідно до карти умов праці дана професія має три ступені по факторах шкідливості й небезпеки праці – пил, шум, температура повітря.

Гігієнічна оцінка умов праці:

Умови й характер праці на робочому місці ставиться до III кл., 3-ї ступені.

Оцінка технічного й організаційного рівня

Робоче місце відповідає технічній документації й проекту організації робіт на робочому місці.

Атестація робочого місця

Робоче місце має в наявності 3 фактора 1-го ступеня. 2 фактора 2-ої, 3 фактора 3-ї ступені. Робоче місце слід уважати з особливо шкідливими й особливо небезпечними умовами праці, що відповідає показникам списку №1 п.1, додаткова відпустка – 10 днів, надбавка до зарплати до 24%, 0,5 літра молока в зміну [29].

4.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища

При проєктуванні прокатного стану передбачений теплозахист і герметизація, щоб забезпечити зниження температури зовнішніх поверхонь тепловиділяючого устаткування до 45°C [30]. Над пічами й робочими клітями встановлена вентиляція для видалення надлишкової теплоти газів, що виділяються [31]. Електричні машини (мостові крани, прокатний стан і агрегати оброблення штаб), пульти керування становлять основну частину електроустаткування цеху. Відповідно до правил безпеки експлуатації електроустановок [32] прокатний цех відноситься до приміщень підвищеної небезпеки [33]. У цехові застосовується трифазна електромережа з ізольованою проводкою. Захист від дотику до струмовихідним частинам досягається ізоляцією, дистанційним керуванням, електродвигуни виконані в захисному виконанні [32]. Проводка закладена в металеві труби, які заземлені з електроустаткуванням на загальний контур заземлення цеху й мають величину

опору 4.0 Ом. Усі роботи пов'язані з ремонтом устаткування веде служба електриків.

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спец одягом, спец взуттям і засобами індивідуального захисту. До складу спецодягу входять: костюм з х/б тканини, черевики типу "Праця –М". У зимовий час видається утеплена куртка й ватяні штани [34].

Для захисту органів дихання робітником видаються респіратори протипилові типу ШБ – 1М "Пелюсток 5" ДСН 3.3.6.037-99.

Для захисту органів слуху противошумові навушники з межею до 110 дБ. В таблиці 4.2 приведені технічні міри захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища.

Таблиця 4.2 – Технічні міри захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

№ п/п	Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища	Захисний пристрій	Тип пристрою	Параметри пристрою	Місце установки
1	Запилованість	Респіратор СІЗОД	ШБ–1М Тополь	до 10 мг/м ³	Індивідуально
2	Шум	Навушники противошумові	шумозахисні навушники НІОТ	придатні до 90 дБА	Індивідуально
3	Температура -холодний період -теплий період	Утеплена куртка, ватяні брюки костюм х/б рукавиці	Тн 20 Ти	≤-20°С ≤40°С	Індивідуально
4	Шкідливі хімічні речовини	Теж що й при запилованості + костюм х/б, рукавиці	Пм Нм	≤30 мг/м ³	Індивідуально

4.3 Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії

4.3.1 Мікроклімат

Технологічний процес прокатки різноманітний, тому фактично на кожній ділянці свої шкідливі й небезпечні фактори праці. На ділянці нагрівальних печей сильна запилованість окислами заліза (ГДК $10\text{мг}/\text{м}^3$) при фактичній $18,4\text{ мг}/\text{м}^3$.

Ділянка чорнових і чистових груп клітей характеризується наявністю тепловипромінювання до $400\text{ Вт}/\text{м}^2$ (припустимий $140 - 350\text{ Вт}/\text{м}^2$); підвищеної вологості, при припустимій нормі $40 - 60\%$, фактична становить 82% . У процесі розпечений метал випромінює інфрачервоне випромінювання потужністю $980\text{ кВт}/\text{м}^2$, при нормі $140\text{ кВт}/\text{м}^2$. наявність шкідливих газів в атмосфері цеху обумовлене порушенням режиму, несправністю й недосконалістю устаткування [9]. Склад газів на ділянці нагрівальних печей характеризується наступними компонентами: зміст вуглекислого газу CO_2 до 12% , оксиду вуглецю CO – до 9% .

Під вентиляцією розуміють систему заходів і пристроїв, призначених для забезпечення на робочих місцях, в робочих і обслуговуваних зонах приміщень метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища [31]. Залежно від способу переміщення повітря розрізняють природну й механічну вентиляцію. Для усунення осідання пилу в приміщенні, зменшуючи її кількість у повітрі, все устаткування закрито парасолями (витяжна вентиляція), з'єднаними за допомогою воздуховодів із пристроями для очищення повітря, що видаляється.

Також у прольоті металургійної ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і видаляється через щілини вікна, двері, ворота, ліхтарі.

Опалення побутових приміщень здійснюється за допомогою панелей (батарей) у яких як теплоносії використовують пару. Опалення побутових приміщень здійснюється від цеху тепловодопостачання.

Ефективним засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі, і відповідаючим вимогам ДСН 3.3.6.042-99

передбачена вентиляція деяких робочих місць. Норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Оптимальні норми температури, відносної вологості й швидкості руху повітря в робочій зоні при роботі середньої ваги [35]

Період року	Параметри мікроклімату		
	t°C	W _{пов} , м/с	φ%
Холодний	17 – 19	0,3	60 – 40
Теплий	20 – 22	0,4	60 – 40

4.3.2 Освітлення виробничих приміщень

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення [36]. В таблиці 4.4 приведена характеристика освітлення приміщення металургійної ділянки.

Таблиця 4.4 – Характеристика приміщення металургійної ділянки [37]

Параметр	Характеристика
характер робіт	середня точність
розмір об'єкта розпізнавання, мм	від 0,5 до 1
розряд зорової роботи	IV
підрозряд роботи	B
контрастність об'єкта розпізнавання	середня
E _н – штучна, лк	300

На промислових підприємствах штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення) і охоронне. При необхідності частина світильників того або іншого виду освітлення може використовуватися для чергового освітлення.

Штучне освітлення проектується двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого освітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими й неосвітленими місцями стомлює очі сповільнює швидкість роботи й нерідко є причиною нещасних випадків.

Згідно [37] для приміщень, у яких проводяться роботи 6 розряду, тобто спостереження за ходом виробничого процесу, передбачається сполучене освітлення.

Природне освітлення нормується. Основним показником нормування служить коефіцієнт природної освітленості (КПО).

Місто Запоріжжя перебуває в 4 поясі світлового клімату, тому КПО для нього буде обчислюватися по формулі [38]:

$$\text{КПО}_{\text{in}}^4 = \text{КПО}_{\text{in}}^3 \cdot m \cdot e = 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1,38\%, \quad (4.1)$$

де КПО_{in}^3 – значення КПО для 3 поясу світлового клімату;

m – коефіцієнт світлового клімату;

e – коефіцієнт сонячності клімату.

Освітленість повинна бути забезпечена не менш 75% максимуму, що досягається застосуванням комбінованого освітлення.

4.4 Техногенна безпека

4.4.1 Заходи щодо техніки безпеки

Зменшити дію шкідливих факторів під час виконання ремонтних робіт покликане використання засобів індивідуального захисту: спец. одягу, спец. взуття, засобів захисту рук і головних уборів.

Для захисту від впливу високої температури, полум'я іскор, що відлітають, окалини й бризків розплавленого металу, застосовується спецодяг, як матеріал для виготовлення якого використовується сукно. Для захисту органів подиху використовують респіратор типу «Тополь».

Спеціальне взуття забезпечує захист працюючих від механічних травм, теплових опіків, високих температур, пили, вологи й забруднюючих речовин.

Для захисту рук від механічних пошкоджень та травмування шкіряного покриву під час ремонту використовують сукняні й брезентові рукавиці. Для захисту шкіри особи й органів зору використовуються наголовні й універсальні щитки, що захищають очі й прилягаючі ділянки тіла людини.

4.4.2 Заходи пожежної безпеки

Ділянка має категорію пожежонебезпеці Г (негорючі речовини, розпечені або розплавлені, і горючі речовини які спалюються або утилізуються як паливо). Будинок металургійної ділянки ставиться до III ступеня вогнебезпеки (будинку з несучими й конструкціями, що обгороджують, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів) [39].

До первинних засобів пожежогасіння на комбінаті відносять: вогнегасники, пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні цебра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири й ін.).

Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами. В цеху застосовуються пінні вогнегасники ВП–5 і вуглекислотні вогнегасники ВВ–2, ВВ –5 і ВВ –8 і пересувні двухбалонні й однобалонні ВП–2 і ВП–1.

Висновки

1. Ознайомлення з технологією і обладнанням прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь» показало, що незадовільна робота ножиць зусиллям різання 20 МН, яка виявляється в частих ремонтах є основним тригером ремонтних робіт.
2. На підставі наведеного огляду й аналізу технічної літератури встановлено, що для різання штаби на мірні відрізки в формі листів на «льоту» в світовій практиці використовуються різні конструкції машин, серед яких перевага належить ножицям, які мають ті ж самі недоліки, що і ножиці металургійного комбінату «Запоріжсталь».
3. Відомо, що основними недоліками відомих конструкцій є недосконала конструкція шатунів, з ексцентриковим валом, а саме недосконала конструкція вальниць, котра призводить до частих поломок агрегату в цілому.
4. В результаті модернізації ножиць будуть досягнуті наступні цілі – збільшення продуктивності, терміну служби, а також збільшення міжремонтних періодів.
5. Проведені розрахунки на міцність найбільш навантажених деталей і вузлів, які вказують на високу працездатність і надійність машини.
6. Для забезпечення необхідних показників роботи машини слід враховувати вимоги щодо її монтажу та експлуатації, які наведено в розділі 3, а для організації безпечних умов роботи співробітників цеху варто застосувати заходи, які наведено в розділі 4.
7. Згідно розрахованій необхідній потужності та вимогам до електроприводу в даному технологічному процесі обрано електродвигун постійного струму типу 4П–450–26–500–У3, потужністю 500 кВт.
8. Результати роботи можуть бути використані не тільки на комбінаті «Запоріжсталь», але й на інших підприємствах чорної й кольорової металургії.

Список використаної літератури

1. ТІ 226-П.ГЛ-01-2005 Технологічна інструкція "Нагрів слябів та прокатка штаби на безперервному тонколистовому стані гарячої прокатки «1680». Запоріжжя : ПАТ "Запоріжсталь". 49 с.
2. Гуменюк І. В., Гуменюк О. В., Паржницький В. В. Технологія бляхарних робіт : навч. посіб. Київ : Грамота, 2023. 272 с.
3. Кравченко Ю. В. Машини для різки металів. Ножиці. *vseosvita.ua*. URL: <https://vseosvita.ua/lesson/tema-331-mashyny-dlia-rizky-metaliv-nozhytsi-24888.html>.
4. Karnaukh S., Chosta N. Розробка перспективних технологій і конструкцій обладнання для безвідхідного розділення прокату. *Обробка матеріалів тиском*. 2023. № 1(52). С. 170–181. URL: [https://doi.org/10.37142/2076-2151/2023-1\(52\)170](https://doi.org/10.37142/2076-2151/2023-1(52)170)
5. Karnaukh S. G., Markov O. E., Aliieva L. I., Kukhar V. V. Designing and researching of the equipment for cutting by breaking of rolled stock. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2020. 109. pp. 2457-2464.
6. Віштак І. В., Кобилянський Є. О. Огляд обладнання для механічної обробки металу. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2015. № 2. С. 15–22.
7. Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: навчальний посібник. К: Вища шк., 1995. 455 с.
8. Гречаний О. М. Обґрунтування вибору технічних параметрів гільйотинних ножиць прокатного стану. *Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії*. 2017. Т. 38, № 2. С. 126–130.
9. Аналіз можливих шляхів підвищення продуктивності обладнання поточкових ліній прокатних цехів / О. М. Гречаний та ін. *Вісник*

- Херсонського національного технічного університету. 2021. Т. 78, № 3. С. 36–42. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2021.3.4>
10. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352 с.
 11. Шевченко І. А., Васильченко Т. О. Теорія механізмів і машин : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 216 с.
 12. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
 13. Гайдамака А. В., Скиба О. С. Підшипники кочення: огляд методів розрахунку : thesis. 2018. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/38131>
 14. Павлище В. Т. Підшипники кочення: Основні параметри, конструкції опор, змащування, ущільнення та розрахунки ресурсу. Львів : НУ "Львівська політехніка", 2001. 136 с.
 15. Скуратовський А.К. Підшипники кочення. Частина 2. Роликові підшипники: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 52 с.
 16. Гайдамака А.В. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення: навч. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», 2009. 248 с.
 17. Монтаж, регулювання, діагностування і змащення підшипників кочення: навч. посіб. / Д.О. Вишневський та ін. Алчевськ. ДонДТУ, 2012. 191 с.
 18. Літовченко П.І. Деталі машин: навч. посіб. Х.: НАНГУ, 2015. 302 с.
 19. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Матеріалознавство : підручник. К. : Вища освіта, 2012. 548 с.
 20. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посіб. Харків : НТУ "ХПІ", 2020. 275 с.
 21. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: підруч. 2-ге вид. Львів: Афіша, 2003. 560 с.

22. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
23. Мархель І. І. Деталі машин : навч. посіб. К. : Алерта, 2005. 368 с.
24. Писаренко Г. С. Опір матеріалів : Підруч. для ст. машинобуд. спец. вищ. навч. закл. К., 1993. 655 с.
25. Монтаж металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. Київ : Вид-во «Кондор», 2017. 374 с.
26. Білоус О. І. Конспект лекцій з дисципліни "Монтаж, діагностика та ремонт обладнання". Кам'янське : ДДТУ, 2017. 113 с.
27. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин: підруч. 4-е вид.,перероб. і доп. Донецьк: ТОВ «Юго-Восток, Лтд», 2008. 379 с.
28. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999–12–01. Вид. офіц.
29. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
30. ДСТУ 2894–94. Пристрої екранувальні для захисту від інфрачервоного випромінювання. Параметри та загальні технічні вимоги. Чинний від 1996–01–01. Вид. офіц. 1994.
31. ДСТУ EN 12097:2022. Вентиляція будівель. Повітроводи. Вимоги до складових повітроводів для полегшення обслуговування систем повітроводів. На заміну EN 12097:2006, IDT ; чинний від 2024-09-01. Вид. офіц. 2024.
32. Правила улаштування електроустановок. URL: <https://mev.gov.ua/storinka/pravylyla-ulashtuvannya-elektroustanovok> (дата звернення: 03.05.2024).
33. СОУ МПП 77.180-164:2007. Устаткування металургійне. Загальні технічні вимоги. Чинний від 2007-08-01. Вид. офіц. 2007.
34. НПАОП 0.00–4.01–08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими

- засобами індивідуального захисту [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566.
35. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
36. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч. посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
37. ДБН В.2.5–28–2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // Мінбуд України. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5–28–2006.pdf](http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf).
38. Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 16 с.
39. НАПБ А.01.001–2014. Правила пожежної безпеки в Україні. На заміну НАПБ А.01.001–2004 Правила пожежної безпеки в Україні ; чинний від 2023–04–07. Вид. офіц. 2014.

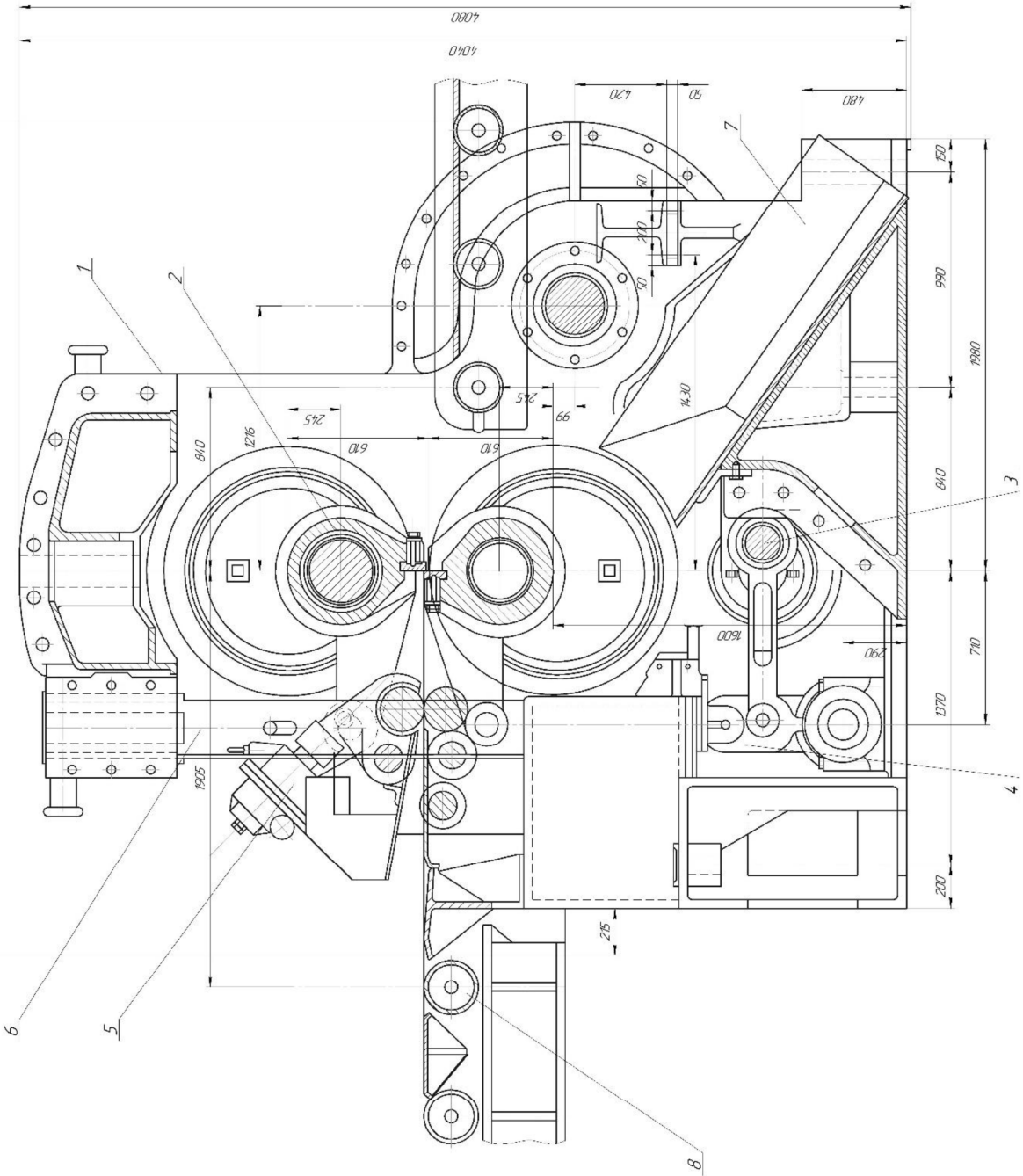
ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.				<u>Документація</u>		
	*		ДП.021191.100 СК	Складальне креслення		2хА1
Справ. №				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Вузол повзунa	1	
		2		Вузол привода	1	
		3		Рама привода	1	
				<u>Деталі</u>		
		4		Кришка	1	
		5		Кришка	1	
		6		Шестерня	1	Сталь 45 ХНМ
		7		Вал-шестерня	1	Ст.40
		8		Упорна шайба	1	Ст.3
		10		Шестерня	1	Ст.45
		11		Шестерня	1	Ст.45Х
		12		Шестерня	1	Ст.45Х
		13		Вал	1	Ст.3
		14		Кільце упорне	1	Ст.3
		15		Кільце	1	Ст.3
		16		Втулка	2	Ст.3
		17		Кришка підшипника	1	Ст.3
		18		Кільце	2	Ст.3
		19		Обойма підшипників	1	Ст.3
		20		Кришка	1	Ст.3
	21		Кільце	2	Ст.3	
Подп. и дата						
Подп. и дата						
Взам. инв. №						
Инв. № дубл.						
Подп. и дата						
Инв. № подл.	Разраб.	Ткачов М.Е.				
	Пров.	Гречаний О.М.				
Инв. № подл.	Н.контр.	Васильченко Т.О.				
	Утв.	Власов А.О.				
ДП.021191.200						
Головний привод НОЖИЦЬ				Лист	Лист	Листов
					1	2
				МОН України ІННІ ім. Ю.М. Потєбні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.133Г-с		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инд. № дѣл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов	
				<i>Документація</i>																		
			<i>ДП.021191.110 СК</i>	<i>Складальне креслення</i>																		
				<i>Складальні одиниці</i>																		
		1		<i>Корпус редуктора</i>	1																	
				<i>Деталі</i>																		
		2		<i>Кришка редуктора</i>	1																	
		3		<i>Ручка</i>	1																	
		4		<i>Штурвал</i>	1																	
		5		<i>Втулка</i>	1																	
		6		<i>Вал</i>	1																	
		7		<i>Підшипник</i>	1																	
		8		<i>Кришка</i>	1																	
		9		<i>Колесо зубчасте</i>	1																	
		10		<i>Вал-шестерня</i>	1																	
		11		<i>Колесо зубчасте</i>	1																	
		12		<i>Колесо зубчасте</i>	2																	
		13		<i>Колесо зубчасте</i>	1																	
		14		<i>Блок</i>	1																	
		15		<i>Вал</i>	1																	
				<i>Стандартні вироби</i>																		
		16		<i>Гайка М20 х 15 ГОСТ5915-70</i>	4																	
													ДП.021191.110									
													Диференційний редуктор									
													МОН України ІННІ ім. Ю.М. Потемні ЗНУ, каф. МО, гр. 6.1331-с									
													Копіював Формат А4									

ДП.02.191.100.В3

3857



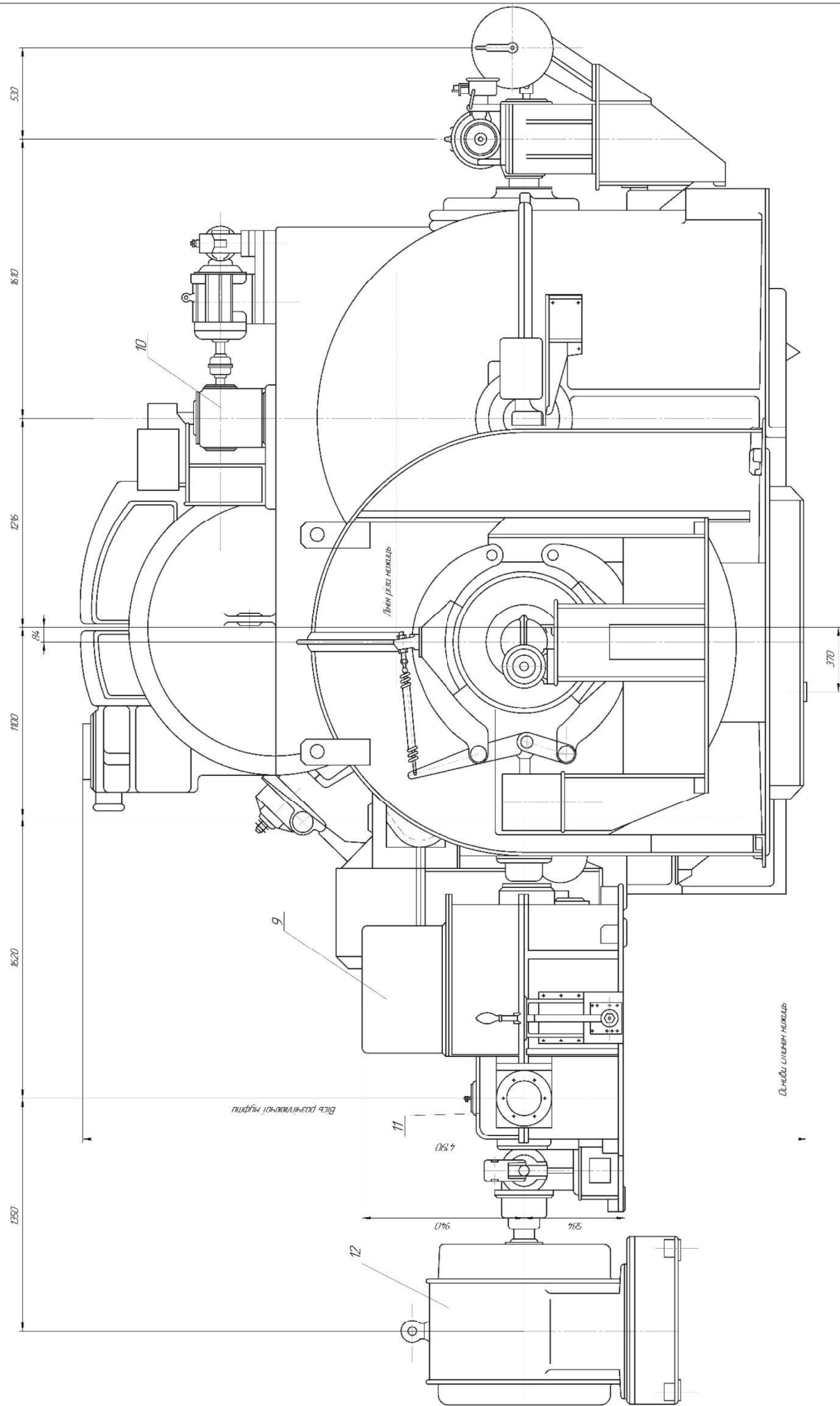
1. Механические эскизы, размеры, мм - 1000
 2. Литьевая модель, мм - 1670
 3. Габариты изделия, мм - 25,60
 4. Ширина изделия, мм - 88,950
 5. Ширина изделия, мм/с - 25,25
- Объемы не соответствуют габаритам (1140)

ДП.02.191.100.В3		Лист №	Кол-во	Масштаб
Лист №	Кол-во	Лист №	Кол-во	Масштаб
Исполн.	Лист №	Исполн.	Лист №	Масштаб
Провер.	Лист №	Провер.	Лист №	Масштаб
Состав.	Лист №	Состав.	Лист №	Масштаб
Масштаб	Лист №	Масштаб	Лист №	Масштаб
Серия	Лист №	Серия	Лист №	Масштаб
Исполн.	Лист №	Исполн.	Лист №	Масштаб
Провер.	Лист №	Провер.	Лист №	Масштаб
Состав.	Лист №	Состав.	Лист №	Масштаб
Масштаб	Лист №	Масштаб	Лист №	Масштаб
Серия	Лист №	Серия	Лист №	Масштаб
Исполн.	Лист №	Исполн.	Лист №	Масштаб
Провер.	Лист №	Провер.	Лист №	Масштаб
Состав.	Лист №	Состав.	Лист №	Масштаб
Масштаб	Лист №	Масштаб	Лист №	Масштаб
Серия	Лист №	Серия	Лист №	Масштаб

Лист №	Кол-во	Лист №	Кол-во	Масштаб
Исполн.	Лист №	Исполн.	Лист №	Масштаб
Провер.	Лист №	Провер.	Лист №	Масштаб
Состав.	Лист №	Состав.	Лист №	Масштаб
Масштаб	Лист №	Масштаб	Лист №	Масштаб
Серия	Лист №	Серия	Лист №	Масштаб
Исполн.	Лист №	Исполн.	Лист №	Масштаб
Провер.	Лист №	Провер.	Лист №	Масштаб
Состав.	Лист №	Состав.	Лист №	Масштаб
Масштаб	Лист №	Масштаб	Лист №	Масштаб
Серия	Лист №	Серия	Лист №	Масштаб

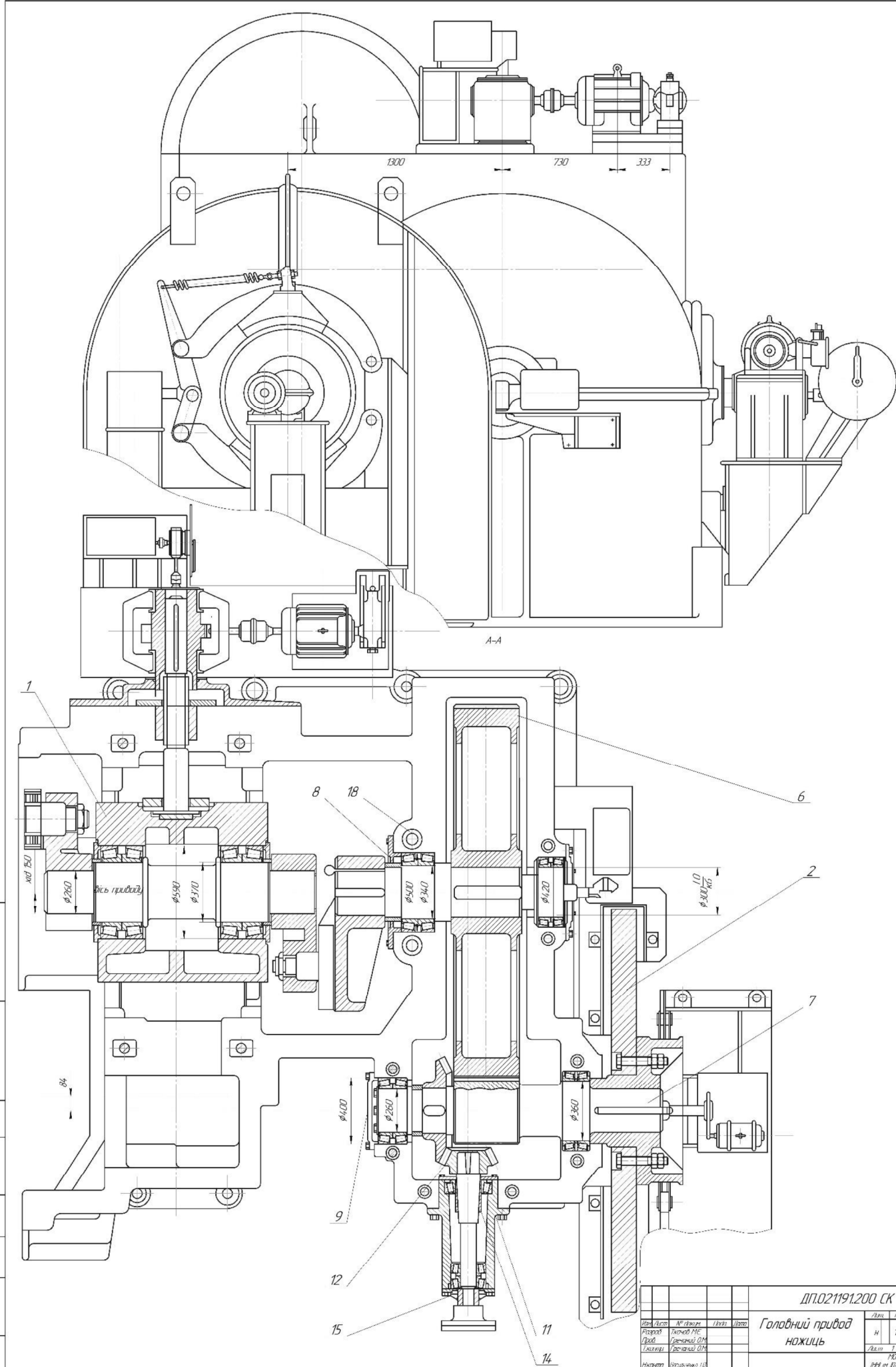
№ докум.	ИП.02.191.100.Б3
№ листа	7
Исполн.	А.И.Савин
Провер.	Л.В.С.
Утвержд.	

Образец А1



ИП.02.191.100.Б3

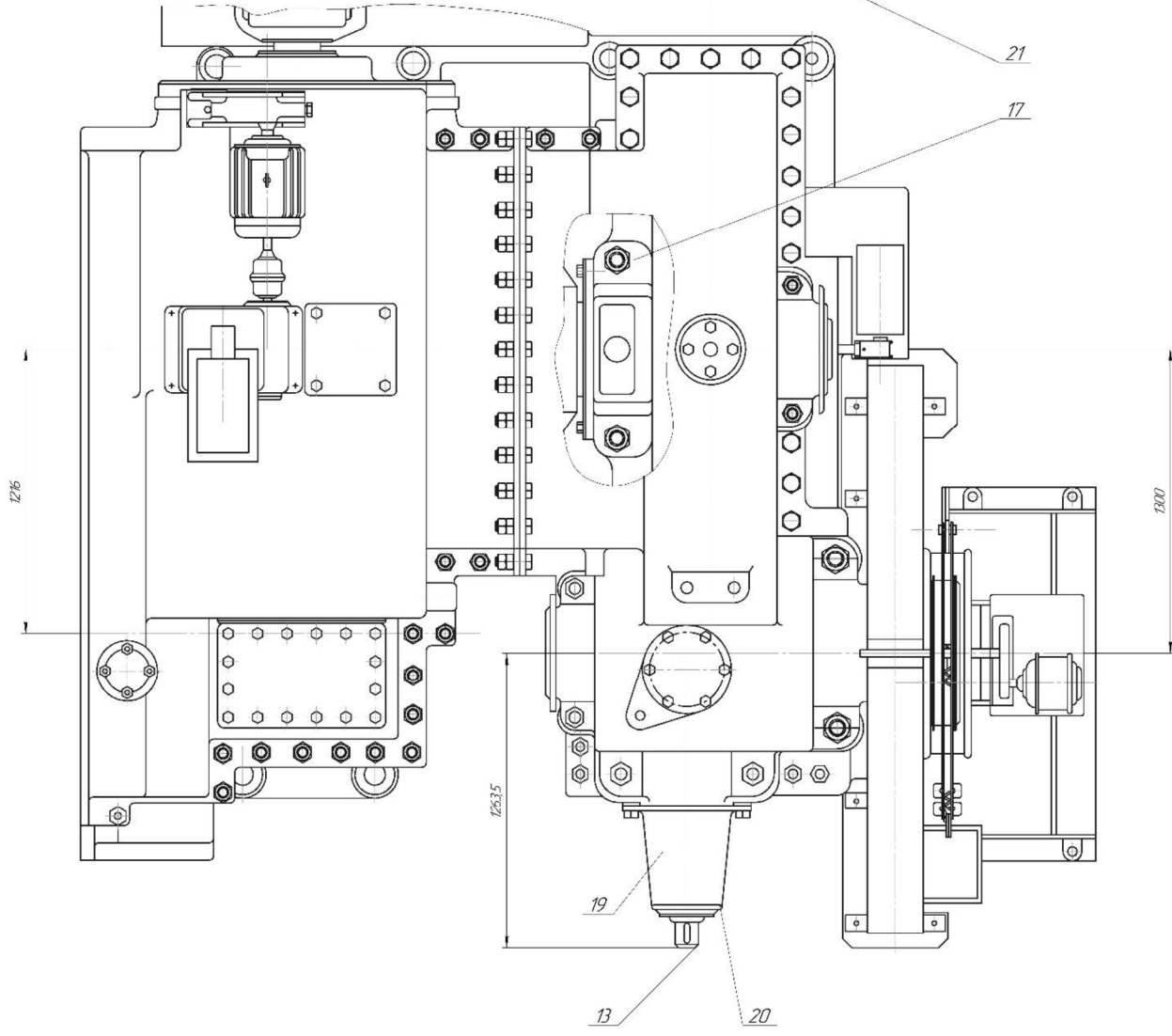
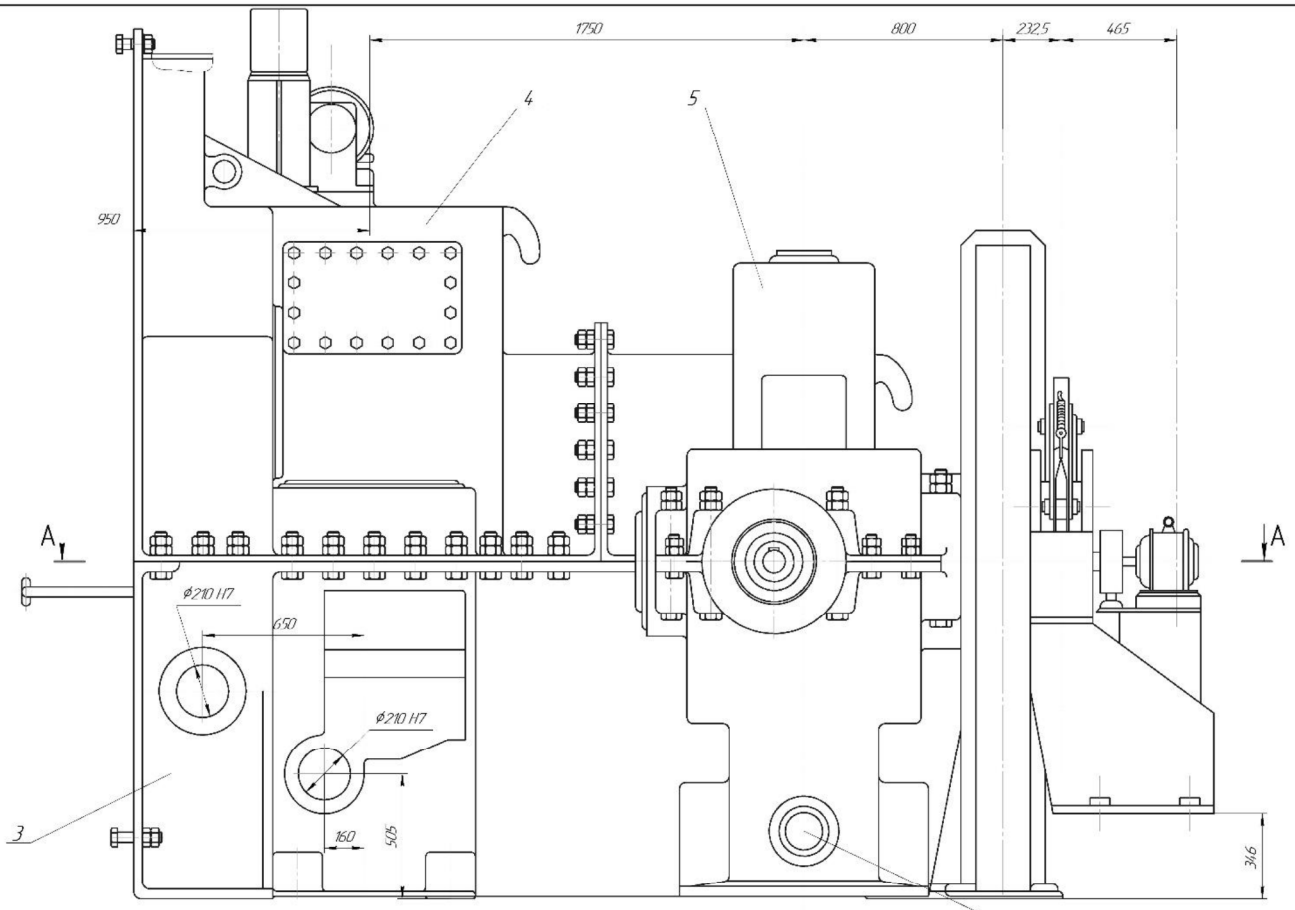
Лист № 001	Робот и Верст.	Лист № 001	Лист № 001	Лист № 001	Лист № 001
------------	----------------	------------	------------	------------	------------



Лист 1 из 1
 Эскиз №
 Дата изд. № 1
 Лист 1 из 1
 Лист 1 из 1

				ДП.021191.200 СК		
				Головный привод НОЖИЦЬ		
Изм.	Лист	№ докум.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.
Разработ.	Листовой М.С.					
Эксперт.	Григорьев О.П.					
Мастер	Ильинский И.С.					
Электр.	Степанов А.С.					
				Кизилев		
				Фигурин А.И.		
				Изм.	№	Исполн.
				1	1200	Т.Ю.
				Лист	1	Всего
						2
				ИПН от ИПМ Гидротех. ЗНЦ ИОП РЭЗ, ул. 6 233-С		

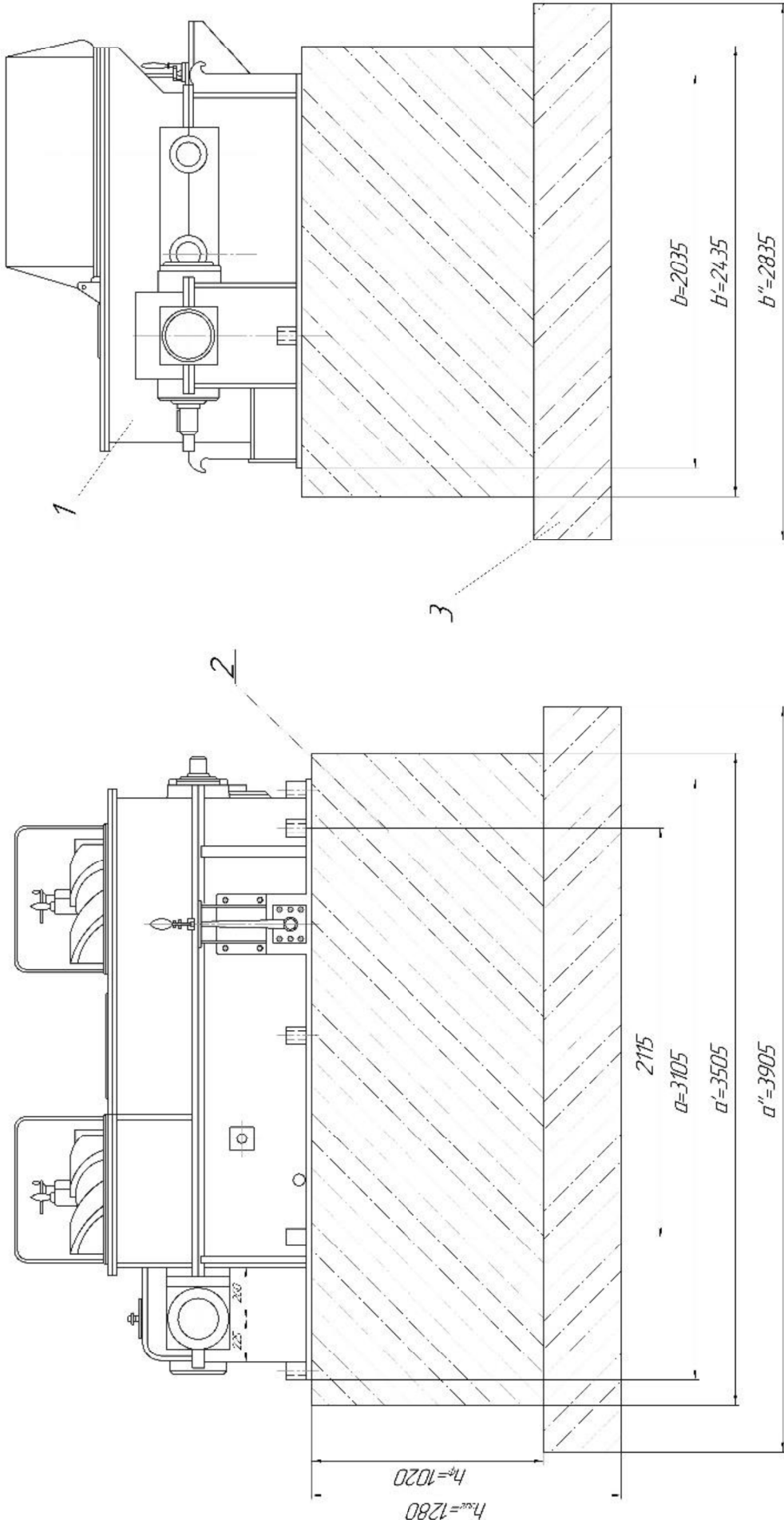
ДП.021191.200 СК



Лист № 021191.200 СК
 Дата изд. 08.09.08
 Изм. № 01
 Ред. 12.08.08

ДП.021191.200 СК				Лист
Изм.	Дата	№ Изм.	Исполн.	2
01	08.09.08		Кузнецов	
			Проверен	
			АТ	

ДП.02.1951.300 МК



- 1 - Диференційний редуктор;
- 2 - Фундамент
- 3 - Підлога фундаменту

ДП.02.1951.300 МК		Фундамент		Диференційний редуктор	
№ документа	К. № документа	№ документа	№ документа	№ документа	№ документа
1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001
1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001
1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001
1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001
1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001
1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001
1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001
1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001

1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001	1951.01.001
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------