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 Удосконалення лінії по виготовленню елементів упаковки стопки сталевих листів прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент групи 6.1332-с

Зінченко Є. О.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма
133.00.12 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Керівник Шейко С. П.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 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 133.00.12 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедрою А.О. Власов

_____

“____”_____20___ року

Завдання
до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Зінченко Євгеній Олександрович
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема бакалаврської роботи: Удосконалення лінії по виготовленню елементів упаковки стопки сталевих листів прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь» .
керівник бакалаврської роботи професор Шейко С.П.
затверджені наказом вищого навчального закладу від “27“ грудня 2024 року № 2031-с.
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 9 червня 2025 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. Загальний вигляд лінії по виготовленню елементів упаковки – 1А1; 2. Розмотувач – А1; 3. Укладчик – 1А1; 4. Ходове колесо – 1А1; 5. Рама – 1А1.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| 1 | Шейко С. П., пофесор, к.т.н. | | |
| 2 | Шейко С. П., пофесор, к.т.н. | | |
| 3 | Шейко С. П., пофесор, к.т.н. | | |
| 4 | Шейко С. П., пофесор, к.т.н. | | |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційої роботи | Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи | Примітки |
|---|---|---|---|
| 1 | Збір матеріалу на проєктування | 13.05.2025 – 20.05.2025 | |
| 2 | Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проєктування | 21.05.2025 – 27.05.2025 | |
| 3 | Виконання теоретичної частини проєкту | 26.05.2025 – 29.05.2025 | |
| 4 | Виконання графічної частини проєкту | 30.05.2025 – 05.06.2025 | |
| 5 | Написання та оформлення пояснювальної записки | 06.06.2025 – 10.06.2025 | |
| 6 | Перевірка проєкту консультантами | 11.06.2025 – 13.06.2025 | |
| 7 | Попередній захист проєкту | 14.06.2025 | |
| 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

Зінченко Є. О. Удосконалення лінії по виготовленню елементів упаковки стопки сталевих листів прокатного цеху ПАТ «Запоріжсталь».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник професор С.П. Шейко. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2025.

Проаналізовані переваги та недоліки наявних технічних рішень. Проведено перевірочний силовий і розрахунок на міцність деталей і вузлів приводу лінії по виготовленню елементів упаковки. Виконані розрахунки на міцність. Складено перелік робіт з капітального ремонту, наведений перелік робіт з монтажу й пуску. Приділено увагу питанням техногенної безпеки та екології в прокатному виробництві.

Ключові слова: РОЗМОТУВАЧ, РОЛИК, ПРИВІД, ПІДШИПНИК, ЕЛЕКТРОДВИГУН, ШТАБА, ВІСЬ

## ABSTRACT

Zinchenko Ye. O. Improvement of the line for the production of packing elements for stacks of steel sheets of the rolling shop of Zaporizhstal PJSC.

Qualification final work for obtaining a bachelor's degree in specialty 133 - Industrial mechanical engineering, supervisor Professor S.P. Sheiko. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebna, Department of Metallurgical Equipment, 2025.

The advantages and disadvantages of existing technical solutions are analyzed. A verification force and strength calculation of parts and assemblies of the drive line for the production of packaging elements is carried out. Strength calculations are performed. A list of works on major repairs is compiled, a list of works on installation and start-up is given. Attention is paid to issues of technogenic safety and ecology in rolling production.

Keywords: UNREELLER, ROLLER, DRIVE, BEARING, ELECTRIC MOTOR, HEADQUARTERS, AXLE

ЗМІСТ

**ВСТУП** ..... **7**

**1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА** ..... **8**

1.1 Коротка характеристика підприємства ..... 8
1.2 Характеристика основних виробів цеху гарячої прокатки тонкого листа ..... 12
1.3 Технологія виробництва гарячекатаного листа, та вантажопотоки цеху гарячої прокатки тонкого листа ..... 13
1.4 Характеристика механічного обладнання цеху гарячої прокатки тонкого листа ..... 14
*1.4.1 Коротка технічна характеристика основного устаткування безперервного тонколистового стану гарячої прокатки "1680".* ..... *14*
*1.4.2 Коротка технічна характеристика допоміжного устаткування безперервного тонколистового стану гарячої прокатки "1680".* ..... *14*
1.5 «Вузькі місця» цеха гарячої прокатки тонкого листа ..... 18

**2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА** ..... **20**

2.1 Огляд та аналіз лінії для виготовлення елементів упакування пачок холоднокатаного та гарячекатаного листа ..... 20
2.2 Модернізація лінії по виготовленню елементів упакування пачок холоднокатаних та гарячекатаних листів ..... 23
2.3 Перелік технологічних операцій і порядок роботи механізмів лінії. 24
*2.3.1 Перелік технологічних операцій для запуску лінії:* ..... *24*
*2.3.2 Вихідне положення механізмів при зібраній схемі:* ..... *24*
*2.3.3 Порядок роботи механізмів в автоматичному режимі.* ..... *24*
2.4 Розрахунки найбільш навантажених вузлів і деталей лінії ..... 25
*2.4.1 Технічна характеристика лінії та механізмів* ..... *25*
*2.4.2 Розрахунок приводу тягнучих роликів* ..... *28*
*2.4.3 Розрахунок ролика притискного* ..... *32*
*2.4.4 Розрахунок ролика приводного опорного* ..... *35*
*2.4.5 Вибір і розрахунок підшипників* ..... *38*

**3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА** ..... **40**

3.1 Етапи монтажу ..... 40
3.2 Розрахунок фундаменту двопозиційного укладальника ..... 41
3.3 Розрахунок анкерних болтів двопозиційного укладальника ..... 44
3.4 Розрахунок площі пакету підкладок ..... 45
3.5 Смазка механізмів лінії виготовлення елементів упаковки ..... 47

**4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА** ..... **49**

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих та небезпечних чинників ..... 49

*4.1.1 Характеристика ступеня безпеки обраних технологічних процесів, рівні їхньої механізації й автоматизації* ..... *49*
*4.1.2 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища* ..... *50*
4.2 Заходи з поліпшення умов праці ..... 53
4.3 Виробнича санітарія ..... 54
*4.3.1 Мікроклімат* ..... *54*
*4.3.2 Природне й штучне освітлення виробничих приміщень* ..... *55*
*4.3.3 Виробничий шум і вібрація* ..... *58*
4.4 Технічні рішення по виробничій санітарії ..... 59
*4.4.1 Об'ємно–планувальні рішення будинків і споруджень* ..... *59*
*4.4.2 Опалення й вентиляція* ..... *60*
4.5 Техногенна безпека ..... 61
*4.5.1 Засоби пожежної безпеки* ..... *61*
*4.5.2 Заходи, спрямовані на ліквідацію надзвичайних ситуацій* ..... *62*
4.6 Інженерний розрахунок природної вентиляції приміщення цеху ..... 64
**ВИСНОВКИ ..... 70**
**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ..... 71**
**ДОДАТКИ ..... 74**

# ВСТУП

Прокатка є основним видом обробки металів тиском. Близько 25% сталі, виплавляємої на металургійних заводах, обробляється на прокатних станах і випускається у вигляді готового прокату: листа, сортових профілів, труб (інша частина сталі, близько 25%), призначається для виробництва сталевих фасонних виливків і ковальських злитків.

На відміну від інших видів обробки металів тиском (кування, штампування, пресування) деформація (обтиснення) металу при прокатці здійснюється безупинно обертовими робочими інструментами – валками, тому процес прокатки є найбільш високопродуктивним (продуктивність сучасного дротового або сортового стану досягає 1 млн. тонн у рік, а листового – 3-4 млн. тонн у рік). Сучасні прокатні стани являють собою складні потокові безперервні і автоматизовані агрегати, що працюють при швидкостях (20 – 40 м/сек). До складу устаткування прокатного цеху входять робочі кліті, в яких здійснюється власне плющення (обтискання) металу, устаткування для термічної обробки (відпалу, нормалізації, гарту), поліпшення якості поверхні (травління, електричного очищення), нанесення захисних покриттів (лудіння оловом, хромування, цинкування, покриття пластмасою), обробки прокату (правки, різання), сортування і упаковки.

З роками чорна металургія отримує подальший розвиток, який грає значну роль у розвитку держави. Вводяться в експлуатацію нові високопродуктивні металургійні агрегати і прокатні стани, реконструюється устаткування в існуючих цехах і освоюється плющення нових сталей і сплавів і економічних профілів прокату для машинобудування, сільського господарства і будівельної промисловості.

Створення нових прокатних станів і експлуатація складних і різноманітних машин і механізмів у прокатних цехах вимагає використання досягнень у різних галузях науки і техніки і підготовки висококваліфікованих фахівців - інженерів, механіків, технологів і конструкторів.

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Коротка характеристика підприємства

Відкрите акціонерне товариство “Запорізький металургійний комбінат “Запоріжсталь” - одне з найбільш великих промислових підприємств України, продукція якого добре відома й користується попитом у споживачів на внутрішньому ринку й у багатьох країнах світу.

Комбінат робить високоякісний листовий прокат (гарячекатаний і холоднокатаний) товщиною 0,5-0,7 мм із вуглецевих, низьколегованих, легованих і нержавіючих сталей.

Основними споживачами продукції комбінату є підприємства автомобільного, авіаційного, сільськогосподарського, транспортного машинобудування, виробники зварених труб, виробів побутової техніки і інші.

Комбінат займає стійке положення на ринку, рік за роком просуваючись нагору в списку найбільших виробників стали. Основні зусилля фахівців “Запоріжсталі” спрямовані на освоєння нових ринків і видів продукції, зміцнення позитивного іміджу підприємства, розширення географії поставок. Основа успіху строге дотримання і постійне вдосконалювання технологічних процесів, висока якість продукції, що випускається, чітке виконання договірних зобов'язань, орієнтація на потреби ринку і уміле впровадження ринкових механізмів управління.

Міжнародне визнання “Запоріжсталі” у діловому світі підтверджене міжнародним призом “За кращу торговельну марку-1999”.

16 листопада 1933 року відзначене як день народження комбінату “Запоріжсталь”. У цей день на доменній печі №1 була видана перша плавка чавуну. В 1935 році вступила в лад перша мартенівська піч, в 1937- слябінг.

У наступні роки були введені в експлуатацію цехи по виробництву гарячого і холодного прокату.

Комбінат “Запоріжсталь складається з 8 основних і 56 допоміжних цехів у яких трудяться більш 20 тис. чол. Щорічно підприємство виплавляє 2,5 млн. тонн чавуну, 3,2 млн. тонн сталі і прокатує 2,7 млн. тонн прокату.

Основними цехами комбінату є:

- доменні;
- сталеплавильні;
- прокатні.

Сировина у вигляді руди, коксу і різних добавок надходить в агломераційний цех, що виробляє агломерат, який, у свою чергу надходить у доменну піч, у якій виплавляється чавун.

Чавун поставляється як готова продукція, а також на подальшу переробку в сталеплавильні цехи (мартенівський). У ливарних цехах здійснюється фасонне лиття заготовок.

У сталеплавильному цеху, після добавки всіх складових металу йде розливання розплавленого металу в виливниці, який у свою чергу після охолодження направляється в обтискній цех.

Із злитків в обтискному цеху виробляють сляби, які відправляються в інші прокатні цехи.

Допоміжні цехи призначені для обслуговування основних цехів і забезпечення їх безперебійної роботи. У цю групу входять: енергетичні, вогнетривкі, транспортні, ремонтні й інші цехи.

Агломераційний цех комбінату вступив у лад 1 серпня 1951 р. У цеху виробляють основний залізорудний агломерат. Майже всі процеси виробництва агломерату автоматизовані. Агломератчики заводу добилися найбільшої продуктивності праці серед агломераційних фабрик СНД такої ж потужності і роблять агломерат гарної якості.

Сьогодні в доменному цеху на 5 доменних печах виплавляється 2,3 млн. тонн передільного і ливарного чавуну на залізорудній шихті, що виготовляється з агломерату власного виробництва і окатишів. Використовуючи, сучасну технологію доменного виробництва, комбінат виплавляє чавун високої якості

для виробництва сталі, великогабаритного чавунного лиття безпосередньо на комбінаті, а також товарного чавуну. Відмінною рисою запорізького чавуну є низький зміст сірки й фосфору, завдяки чому він користується широким попитом на світовому ринку.

Нині в мартенівському цеху комбінату працює 9 печей, ємністю 250-500 тонн із загальною продуктивною потужністю 3,8 млн. тонн у рік. Сталь виробляють скрапрудним процесом на рідкому чавуні. Мартенівські печі опалюються природним газом. Для інтенсифікації виплавки стали на всіх печах використовується кисень. Сталь продувається аргоном. Виплавлювана сталь – маловуглецева і середньовуглецева конструкційна і звичайної якості, низьколегована – розливається в злитки масою до 20 тонн і використовується для виробництва листового прокату.

Стан слябінг став до ладу 1 квітня 1937 р. Обтискний стан слябінг “1150” обробляє злитки масою до 20 тонн із вуглецевої легованої і нержавіючої сталі на сляби товщиною 100-200 мм, шириною 1000-1520 мм, довжиною 1800-4700 мм. Нагрівання злитків проводиться в регенеративних колодязях. Сляби призначені для перекату на лист, у гарячому стані передаються на широкосмуговий стан гарячої прокатки.

Цех холодної прокатки №1 уведено в дію 1 квітня 1939 р. У цеху на безперервному чотирьохкліт'євому стані «1680», двох одноклітьових реверсивних станах «1680» і «1200», двадцатівалковому стані «1700» і двох безперервних вузькосмугових чотирьохклітьових станах «450» і «650» проводиться холоднокатаний лист, смуги й стрічки з маловуглецевою, низьколегованої, легованої і нержавіючої сталі. Цех оснащений засобами для дресирування, поперечного й поздовжнього різання, що забезпечують поставку холоднокатаного прокату товщиною від 0,2 до 2,5 мм, шириною від 10 до 1500 мм і довжиною листа до 4000 мм, а також рулони масою до 14 тонн.

Цех холодної прокатки №3 (ЦХП-3) вступив у лад у грудні 1963 р. ЦХП №3 має у своєму розпорядженні унікальний стан «2800» для виробництва великогабаритного холоднокатаного листа товщиною 1,5-5,5 мм, шириною

1000-2300 мм і довжиною до 4500 мм із вуглецевих, легованих і нержавіючих сталей. У складі цеху діє спеціалізоване відділення по виробництву шліфувальних і полірованих листів і смуг у рулонах з нержавіючої сталі.

Відділ технічного контролю створений в 1932 р. при будівництві комбінату. У цей час 306 контролерів і 34 інженерно-технічних працівника на 8 ділянках ВТК здійснюють роботу з вхідного контролю сировини і матеріалів, що надходять (залізорудна сировина, металобрухт, графіт, вогнетриви, піски, вапняк, феросплави, вугілля і ін.), контролю дотримання технологічних процесів і якості продукції, що відвантажується, товарів народного споживання, оформленню документів, що засвідчують відповідність готової продукції вимогам стандартів.

Механічний цех комбінату був уведений в експлуатацію в 1932 р. Сьогодні колектив механічного цеху, що нараховує більш 700 працівників, робить запасні частини і устаткування для цехів комбінату. Служба головного механіка забезпечує ефективну, безаварійну роботу механічного устаткування, стан будинків і споруджень підприємства при мінімальних витратах трудових і матеріальних ресурсів.

Основним завданням створеного в липні 1946 р. цеху КИПіА є автоматизація теплових процесів на комбінаті. Цех складається з 3-х лабораторій, 10-ти виробничих і 2-х ремонтних ділянок. Основні функції – ремонт і обслуговування засобів і систем виміру і автоматизації параметрів теплотехнічного контролю технологічних процесів.

Центральну лабораторію автоматизації і механізації (ЦЛАМ) створено в жовтні 1960 року. Сьогодні до складу ЦЛАМ входять 10 лабораторій, у т.ч. 3 конструкторські лабораторії по механізації виробничих процесів; 4 конструкторські лабораторії по автоматизації виробничих процесів; лабораторія по виготовленню засобів механізації; лабораторія по виготовленню засобів автоматизації; лабораторія планування і підготовки виробництва. За завданням цехів ЦЛАМ розробляє технічну документацію, виготовляє нестандартне механічне устаткування механізації і полегшує ручну працю; розробляє,

виготовляє й впроваджує автоматизовані системи обліку продукції, системи збору і обробки інформації, проводить у цехах монтаж, налагодження і введення в промислову експлуатацію засобів механізації і автоматизації.

## 1.2 Характеристика основних виробів цеху гарячої прокатки тонкого листа

Тонколистовий стан здано в експлуатацію 1 травня 1938 року.

Безперервний тонколистовий стан гарячої прокатки “1680” виробничою потужністю 3,0 млн. тонн у рік робить штабу товщиною 2,0-7,0 мм, шириною 1000-1500 мм, масою рулону до 16,0 тонн.

Цех гарячої прокатки тонкого листа оснащений агрегатами для забезпечення поставки прокату в листах довжиною до 5850 мм і в рулонах – шириною від 1000 до 1500 мм із внутрішнім діаметром 750 мм.

Товщина гарячекатаного листа визначається споживачем у межах від 2,0 до 6,0 мм.

На трьох профілегибочних агрегатах виробляється більш 500 сортових (куточки, швелери й ін.) і спеціальних фасонних профілів з вуглецевою, низьколегованої й нержавіючої сталі з товщиною стінки від 1,0 до 7,0 мм і із шириною розгорнення профілю до 1450 мм.

Таблиця 1.1 - Геометричні розміри виробленого прокату, мм

| Гарячекатаний прокат | |
|---|---|
| лист | рулон |
| 2,00…2,50 × 1000…1260 × 1800…4000 | 1,80…2,50 × 1000…1250 |
| 2,60…3,00 × 1000…1400 × 1800…5000 | 2,60…3,00 × 1000…1400 |
| 3,10…3,90 × 1000…1500 × 1800…5850 | 3,10…3,90 × 1000…1500 |
| 4,00…8,00 × 1000…1500 × 1800…5850 | 4,00…8,00 × 1000…1500 |
| Холоднокатаний прокат | |
| лист | рулон |
| 0,50…0,65 × 1000 × 1400…2000 | 0,50…0,65 × 1000 |
| 0,65…0,80 × 1000…1250 × 1400…2500 | 0,65…0,80 × 1000…1250 |
| 0,80…1,20 × 1000…1400 × 1400…3500 | 0,80-1,20 × 1000-1400 |
| 1,20…2,00 × 1000…1500 × 1400…3800 | 1,20…2,00 × 1000…1500 |

## 1.3 Технологія виробництва гарячекатаного листа, та вантажопотоки цеху гарячої прокатки тонкого листа

Стан “1680” конструкції НКМЗ призначений для гарячої прокатки сталевої штаби шириною 1000-1500 мм і товщиною 2,0-6,0 мм із литих слябів, отриманих на машині безперервного лиття слябів.

Періодизація прокатки:

1. *Сляби зі складу завантажуються в печі, які нагрівають їх до 1250 °С за допомогою чотирьох методичних печей із крокуючими балками (опалюються природним газом).*

2. *Після нагрівання сляби укладають на ролики рольганга, по яким вони направляються до вертикального окалиноламачу.*
3. *Потім сляб направляється на чорнову групу стану, що складається з:*

- *однієї двухвалкової кліті;*
- *чотирьох чотиривалкових (№1,2,3,4);*
- *трьох вертикальних клітей (№1,2,3).*

4. *Після чорнової обробки проводиться обрізка переднього і заднього кінців товстої смуги підкату на летучих двохбарабанних ножицях.*

5. *На чистовому окалиноламачу роликового типу проводиться руйнування вторинної (повітряної) окалини і її видалення гідросбивом.*

6. *Потім слідує чистова група стану, що складається з:*

- *однієї двухвалковій кліті;*
- *шести чотиривалкових клітей (№5,6,7,8,9,10).*

7. *По виходу з останньої чистової кліті (при 850-900°С) смуга прохолоджується й змотується в рулон на роликобарабанних моталках.*

8. *По всій довжині рольганга, що відводить, і який складається з порожнистих водоохолоджуваних роликів, встановлені душируючі пристрої для охолоджування смуги до 600-650°С.*

9. *Рулони обв'язуються по діаметру вузькою стрічкою (обручкой) на в'язальній машині, маркіруються термостійкою фарбою на спеціальній машині – маркірувальнику, зважуються на автоматичних вагах і направляються в цех холодної прокатки або у відділення дресирування і різання на листи.*

## 1.4 Характеристика механічного обладнання цеху гарячої прокатки тонкого листа

### *1.4.1 Коротка технічна характеристика основного устаткування безперервного тонколистового стану гарячої прокатки "1680".*

Стан складається із двох груп:

- чорнова;
- чистова.

До складу чорнової групи входять:

- одна двухвалкова кліть;
- чотири чотиривалкових (№1,2,3,4);
- три вертикальні клітей (№1,2,3).

До складу чистової групи входять:

- одна двухвалкова кліть (чистовий окалиноламач);
- шість чотиривалкових клітей (№5,6,7,8,9,10).

### *1.4.2 Коротка технічна характеристика допоміжного устаткування безперервного тонколистового стану гарячої прокатки "1680".*

До складу допоміжного устаткування входять:

- лівий і правий рольганги зі шлепернимі пристроями;

- летючі ножиці з допоміжним устаткуванням для різання гарячекатаної штаби на листи;

- ножиці з нижнім резом;

- намотувальне обладнання в лини лівого рольганга;

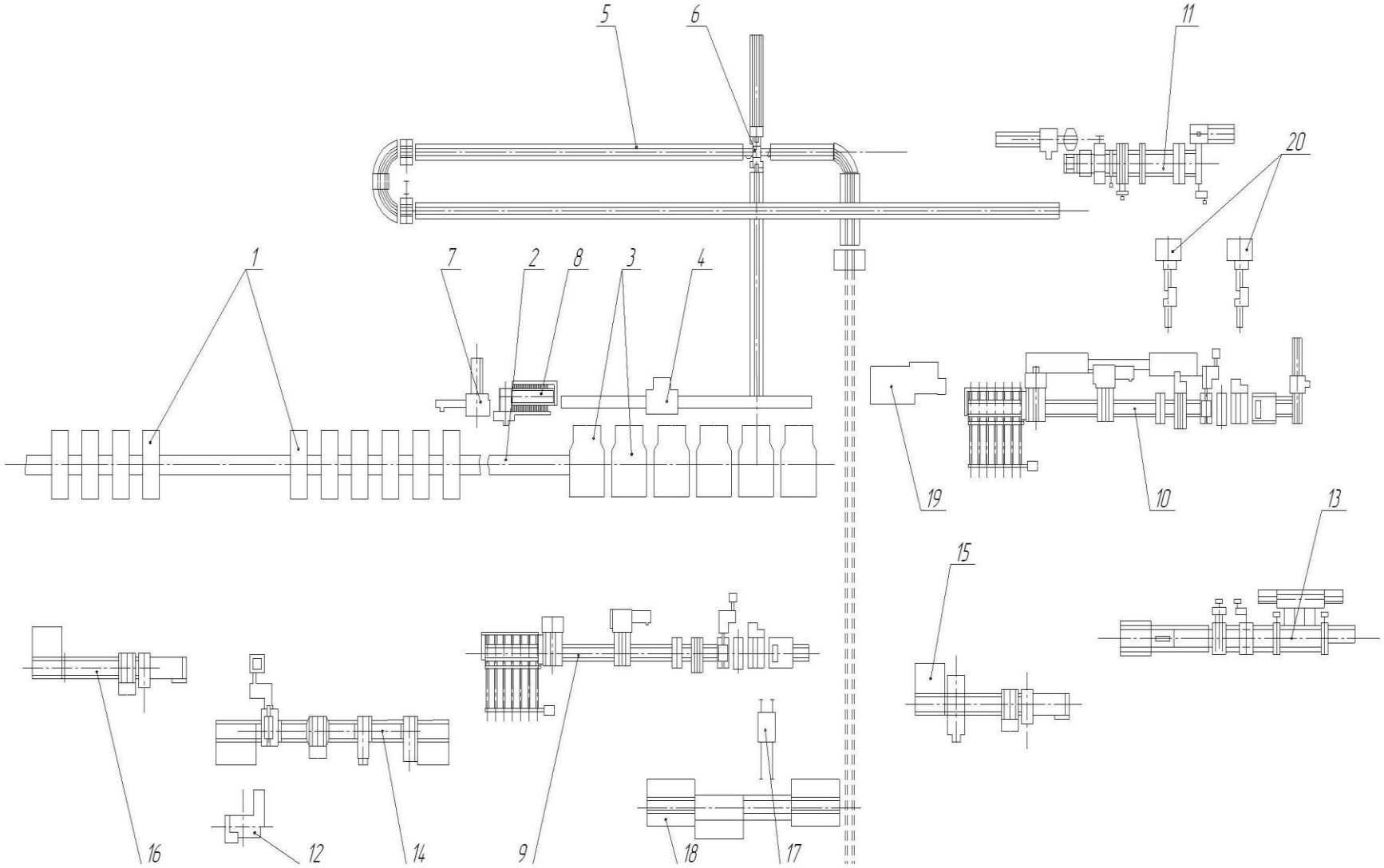
- моталки №1,2,3,4,5 і 6;

- кантувальник рулонів;

- конвеєр рулонів;

- підйомно-поворотний стіл;

- ваги і прийомний рольганг.




1 – безпервний стан 1680; 2 – рольганг гарячої штаби; 3 – моталки рулонів; 4 – кантувальник; 5 – конвеєр рулонів; 6 – підйомно - поворотний стіл; 7 – летючі ножиці 6 х1670; 8 –13-ти роликова правильна машина; 9 – агрегат поперечного різання №1; 10 – агрегат поперечного різання №2; 11 – агрегат подовжнього різання штрипсов 12 – ножиці гільйотині 6 х4000; 13 – обробний агрегат №5; 14 –лінія дресировочної кліті; 15 – лінія дискових ножиць; 16 – лінія промаслювання листів; 17 – трансферкарний візок; 18 – чистільно-мийний агрегат; 19 – агрегат вирізки проб; 20– лінія по виготовленню елементів упаковки

Рисунок 1.1 - Схема розташування устаткування цеха гарячої прокатки тонкого листа

Таблиця 1.2 - Перелік і характеристика основного механічного устаткування цеху гарячої прокатки тонкого листа

| № з/п | Вид устаткування | Тип, марка | Кількість | Призначення або місце установки | Основні показники | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Продуктивність або вантажопідйомність | Загальна потужність двигунів, кВт | Габаритні розміри, м | Маса, т |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Вантажопідйомне устаткування | | | | | | | | |
| 1 | Мостовий кран | | 13 | по цеху | 5/30 т | 112кВт | ℓ = 32 | 72 |
| 2 | Мостовий кран | | 3 | прокатне відділення | 80 т | 12 кВт | ℓ = 32 | 84 |
| 3 | Трансферкар | | 10 | по цеху | 120т/год | 16 кВт | 3х6 | 8 |
| Прокатне відділення | | | | | | | | |
| 1 | Безперервний тонколистовий стан гарячої прокатки «1680» | | 1 | Прокатне відділення | 160т/год | 4780кВт | ℓ = 750 | 1540 |
| 2 | Агрегат вирізки проб | АВП | 1 | | - | 60 кВт | ℓ = 12 | 27 |
| 3 | Кантувальник рулонів | | 2 | | 120т/год | 30 кВт | ℓ = 8 | 18,4 |
| 4 | Підйомно-поворотний стіл | | 1 | | 160т/год | 22 кВт | - | 11,2 |
| 5 | Конвеєр рулонів | | 1 | | 300т/год | 412 кВт | ℓ = 250 | 84 |
| 6 | Моталки рулонів | 1,2,3 4,5,6 | 6 | | 160т/год | 420 кВт | ℓ = 18 | 144 |
| 7 | Рольганг гарячого листа | РГЛ | 1 | | 160т/год | 65 кВт | ℓ = 40 | 97,6 |
| Ріжуче устаткування | | | | | | | | |
| 1 | Агрегат поперечного різання рулонів | АППР 1,2 | 2 | Листо-обробне відділення | 40т/год | 2000кВт | ℓ=25 | 380 |
| 2 | Агрегат поздовжнього різання | АПР | 1 | | 38т/год | 1950кВт | ℓ=41 | 267 |
| 3 | Ножиці гільйотині 6 х4000 | | 1 | | 32т/год | 40кВт | ℓ=6 | 12 |
| 4 | Лінія по виготовленню елементів упаковки пачок | | 1 | | 6 т/год | 50 кВт | ℓ=10 | 27 |
| 5 | Лінія дискових ножиць | | 1 | | 38 т/год | 84 кВт | ℓ=12 | 87,5 |
| 6 | Летючі ножиці | | 2 | | 30 т/год | 28кВт | ℓ=15 | 48 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6х 1670 | | | | | | | |
| Обробне устаткування | | | | | | | | |
| 1 | Обробний агрегат №5 | ОГ-5 | 1 | Листо-обробне відділення | 40т/год | 1352 кВт | ℓ=20 | 256 |
| 2 | 13-ти роликова правильна машина | | 2 | | 36 т/год | 154 кВт | ℓ=10 | 78 |
| 3 | Лінія промаслювання листів | | 1 | | 36 т/год | 52 кВт | ℓ=15 | 64 |
| 4 | Чистільно-мийний агрегат | | 1 | | 30 т/год | 70кВт | ℓ=34 | 124 |
| 5 | Лінія дресировочної кліті | | 1 | | 50 т/год | 127 кВт | ℓ=20 | 145 |

## 1.5 «Вузькі місця» цеха гарячої прокатки тонкого листа

За умови роботи цеху на повну проектну потужність, подальший ріст його продуктивності обмежується:

1. Недостатньою потужністю нагрівальних засобів, що викликає, крім обмеження обсягу виробництва, затримки злитків перед посадкою в колодязі, а отже перевитрата палива.
2. Недостатньою продуктивністю засобів для подачі злитків від нагрівальних колодязів до стану.
3. Двигуни головного приводу стану не дозволяють інтенсифікувати режим обтиснень у горизонтальних клітях стану.
4. Високим ступенем зношеності й недостатньою потужністю ножиців для різання розкату високоміцних сталей.
5. Низькою продуктивністю засобів для прибирання обрезі від ножиць в скраповий проліт.
6. Недостатніми площами для складування металу.
7. Недостатньо елементів упакування пачок листів для забезпечення цілодобової роботи пакувальних конвеєрів. У спеціальній частині даного дипломного проекту пропонується модернізація укладальника і

розмотувача лінії по виробництву елементів упакування пакетів гарячекатаного і холоднокатаного листа.

# 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

## 2.1 Огляд та аналіз лінії для виготовлення елементів упакування пачок холоднокатаного та гарячекатаного листа

Справжня механізована лінія призначена для виготовлення елементів упакування пакетів холоднокатаного та гарячекатаного листа і розташована на ділянці виготовлення деталей упакування готової продукції.

Елементи упакування являють собою штабу, порізану з рулонів на агрегаті подовжнього різання 4 і «Zundvig».

Головна частина механізованої лінії по виготовленню елементів упаковки пакетів холоднокатаного та гарячекатаного листа складається з двопозиційного неприводного розмотувача і роликів тягнучих з електроприводом.

Розмотувач є поворотною колоною, що розташована в станині і спирається на опорний підшипник. Поворотна частина забезпечена двома не приводними розмотуючими барабанами, розташованими горизонтально. Фіксація на барабані здійснюється шляхом розтиснення секторів за допомогою пневматики.

Ролики, що тягнуть, є робочою кліттю, встановленою на стаціонарній рамі. Робоча кліть складається з опорного приводного ролика і притискного ролика. Обидва ролики розміщені в напрямних станини. Причому притискний ролик управляється двома пневмоциліндрами, а опорний ролик приводиться в обертання приводом, що складається з електродвигуна і черв'ячного редуктора.

Рулони навішуються на барабан розмотувача, фіксуються на них, а потім вільний кінець рулону проводиться через розведені ролики, що тягнуть. Потім притискний ролик пневматикою притискається до опорного ролика і включається привод «вперед». Після оброблення першого рулону, розмотувач розвертається на 180º і задають в агрегат другий рулон, а на вільний барабан навішується інший рулон.

Хвостова частина лінії по виготовленню елементів упакування складається з роликів, що виштовхують і двопозиційного укладальника.

Ролики, що виштовхують це тягнуча пара, вона складається з опорного приводного ролика і притискного ролика, що коливається. Ця пара служить для відведення відрізаної штаби від гільйотинних ножиць і переведення (укладання) її в короби, встановлені на укладальнику. Опорний ролик знаходиться постійно в обертальному русі від приводу, що складається з електродвигуна, черв'ячного редуктора, муфт. Притискний ролик закріплений на важелі, що має вісь гойдання, і управляється електрогідравлічним штовхальником в автоматичному режимі.

Укладальник являє собою пересувну перпендикулярно осі агрегату візок, установлений на рейки, що має два штатні місця для розміщення коробів, один з яких завжди встановлений по осі агрегату. Після заповнення смугою першого короба оператор включає гідроциліндр, закріплений під візком, у результаті чого останній переміщається на повний хід циліндра, відводячи убік перший короб і встановлюючи по осі агрегату другий короб.

Склад устаткування

Лінія по виготовленню елементів пакування містить у собі наступний набір устаткування, рисунок 2.1:

1 – Розмотувач.
2 – Обладнання гальмове.
3 – Ролики тягнучі.
4 – Стіл дротяний 1.
5 – Пресс Q=25 тс.
6 – Обладнання дротяне.
7 – Обмежники.
8 – Стіл дротяний 2.
9 – Ножиці.
10 – Стіл дротяний 3.
11 – Ролики, що виштовхують.
12 – Укладальники.
13 –Вузол фотоелектричних датчиків.
14 –Вузол штатива висвітлення.
15 – Пневмосистема.
16 – Гідросистема.

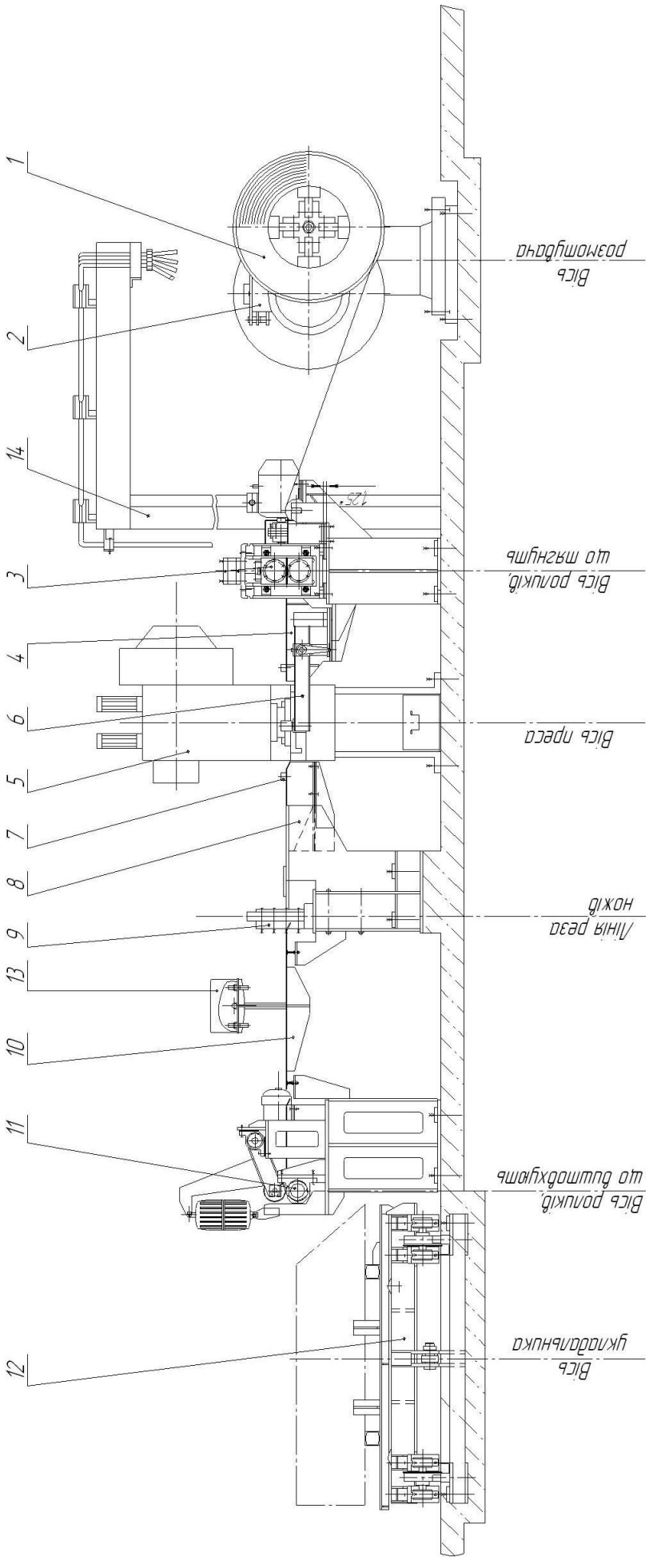
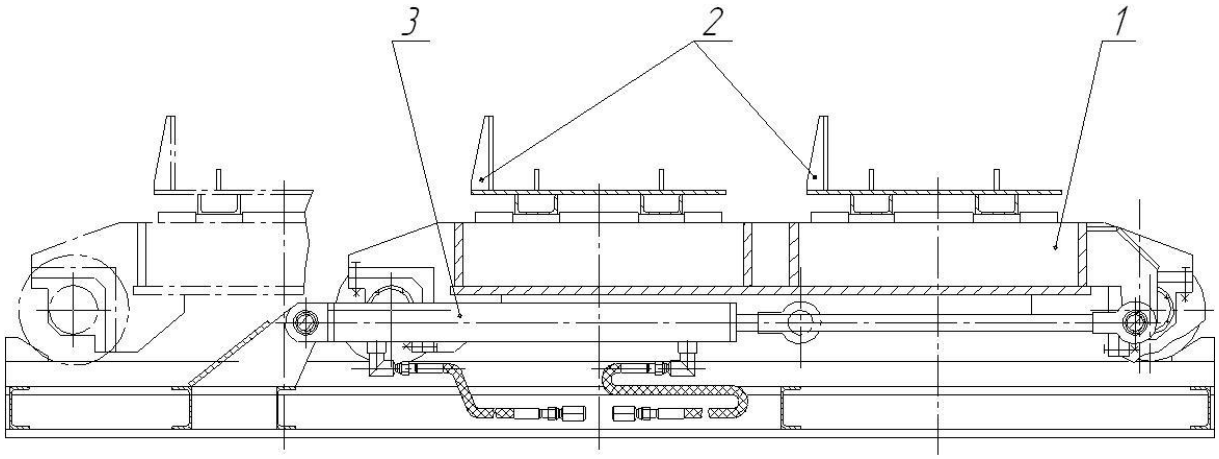



Рисунок 2.1- Схема устаткування лінії для виготовлення елементів упакування пачок холоднокатаного та гарячекатаного листа

## 2.2 Модернізація лінії по виготовленню елементів упакування пачок холоднокатаних та гарячекатаних листів

У дипломному проекті запропонована модернізація укладальника штаби. Тому що останнім часом збільшилося виробництво пакетів холоднокатаного та гарячекатаного листа, треба було різко збільшити виробництво упакування, для забезпечення двох пакувальних конвеєрів у добовій нормі.

Модернізація полягає в зміні конструкції укладальника листів, пропонується конструкція двопозиційного укладальника, яка передбачає використання двох коробів для накопичення і транспортування готових елементів упаковки, що забезпечить безперервну роботу лінії елементів упаковки пачок листів і своєчасне забезпечення елементами упаковки три пакувальні конвеєри. Двопозиційний укладальник штаби переміщатиметься по рейковій дорозі за допомогою гідроциліндра поз. 3, це дозволяє під час завантаження чергового рулону в розмотувач поміняти позицію коробів поз. 2 не чекаючи крану, це нововведення дозволить розвантажити вантажопотоки відділення.




*1 – рама розмотувача; 2 – змінні платформи для елементів упаковки; 3 - гідроциліндр переміщення укладальника.*

*Рисунок 2.2 – Схема пропонованої модернізації укладальника*

## 2.3 Перелік технологічних операцій і порядок роботи механізмів лінії

### *2.3.1 Перелік технологічних операцій для запуску лінії:*

1. Визначити барабан відповідно до встановленого рулону, при необхідності розгорнути розмотувач, установити рулон і розтиснути барабан.
2. Установити УП вибору режиму в «Ручний режим».
3. Заправити штабу в тягнучі ролики.
4. Включити притискний ролик тягнучих роликів «Униз».
5. Налаштувати пристрій дротяний і обмежувачий залежно від ширини штаби.
6. Включити тягнучі ролики «Уперед» і завести штабу за ножиці.
7. Виключити тягнучі ролики.
8. Включити приводний ролик роликів, що виштовхують, «Уперед» (при цьому притискної ролик піднімається автоматично).
9. Установити УП вибору режиму в «Автоматичний режим».
10. Установити «Задатчик довжини штаби» у положення «2000» або «2500».
11. Натиснути кнопку «Пуск» - запустити лінію в автоматичному режимі.

### *2.3.2 Вихідне положення механізмів при зібраній схемі:*

1. Розмотувач зафіксований стопором, барабани зведені, диски загальмовані.
2. Притискний ролик тягнучих роликів піднятий, приводний ролик виключений.
3. Повзун преса піднятий (пуансон штампа виведений з матриці).
4. Рухливий ніж ножиців піднятий.
5. Приводний ролик роликів, що виштовхують, виключений, притискний ролик опущений.
6. Візок укладальника перебуває в одному зі своїх крайніх положень.

### *2.3.3 Порядок роботи механізмів в автоматичному режимі.*

В автоматичному режимі механізми працюють по двом програмам:

а) штаба «2000» (рисунок 2.3-а);

b) штаба «2500» (рисунок 2.3-б).

Програму вибирає оператор згідно справжньої інструкції.

Примітка:

a) усі механізми можуть працювати в ручному режимі;

b) датчик 1 складається із двох фотоосвітлювачів, розташованих на одній лінії по ширині смуги. Один з фотоосвітлювачів виявляє висічку в смузі, а другий виявляє наявність смуги або її відсутність. Команда на виконання подальших операцій у кожній із програм видається тільки при комбінації дозволів «висічка»-«штаба».

c) фотодатчик 2 виявляє наявність штаби або її відсутність.

## 2.4 Розрахунки найбільш навантажених вузлів і деталей лінії

### *2.4.1 Технічна характеристика лінії та механізмів*

Елементи впакування являють собою штабу, порізану з рулонів на агрегаті подовжнього різання 4 і «Zundvig».

1. Розміри рулону:

| | |
|---|---|
| Товщина штаби, мм | 0,5 |
| Ширина штаби, мм, min | 270 |
| max | 370 |
| Зовнішній діаметр, мм, max | 1000 |
| Внутрішній діаметр, мм, «Zundvig» | 500 |
| АПР-4 | 600 |
| Маса, кг, max | 3000 |

2. Довжина листа упакування, мм min 2000
max 2500

3. Продуктивність лінії (розрахункова) при середній довжині штаби $L_{СР}$=2250 мм становить 1 штаба за 8,3 сек

4. Швидкість подачі тягнучих роликів, м/с 0,4

5. Швидкість подачі роликів, що виштовхують, м/с 0,55

6. Розмотувач двопозиційний безприводний з барабанами для рулонів: $d_{вн}$=500 мм і $d_{вн}$=600 мм.

Привод гальма розмотувача – пневмоциліндр, D $_n$=100 мм, Н=80 мм із управлінням від пневморозподільника В67-24А.

Привод розтиску барабанів – пневматичний, керований крановими пневморозподільниками В71-24А.

7. Ролики, що тягнуть:

Привод опорного ролика: електродвигун 4АС132S4Y3, потужність N=8 кВт, n=1395 хв$^{-1}$., редуктор черв'ячний Ч-125-31,5-51-2.

Привод підйому – опускання притискного ролика – пневматичний, керований крановими пневморозподільниками В71-24А.

8. Прес КД 2124Е (Q=25тс) у комплекті із просіченням штампом.

9. Ножиці:

Привод – гідроциліндр ($D_n$=100 мм, Н=200 мм) з керуванням від гідророзподільника ВІХ-16-44.

Робочий тиск – 3,5 МПа.

Максимальний тиск – 6,3 МПа.

10. Ролики, що виштовхують:

Привод опорного ролика: електродвигун 4АС100L4Y3, потужність N=4,25 кВт, n=1395 хв$^{-1}$., редуктор черв'ячний Ч-125-20.

Привод підйому притискного ролика – електрогідравлічний штовхальник ТЭ-50 (зусилля підйому 620 Н, час підйому – 0,45 сек.).

11. Укладальник двопозиційний:

Привод – гідроциліндр ($D_n$=80 мм, Н=800 мм).

Керування – гідророзподільник РЕ10.334В220.

Робочий тиск – 3,5 МПа.

Максимальний тиск – 6,3 МПа.

12. Станція насосна Р=6,3 МПа, Q=67 л/хв.

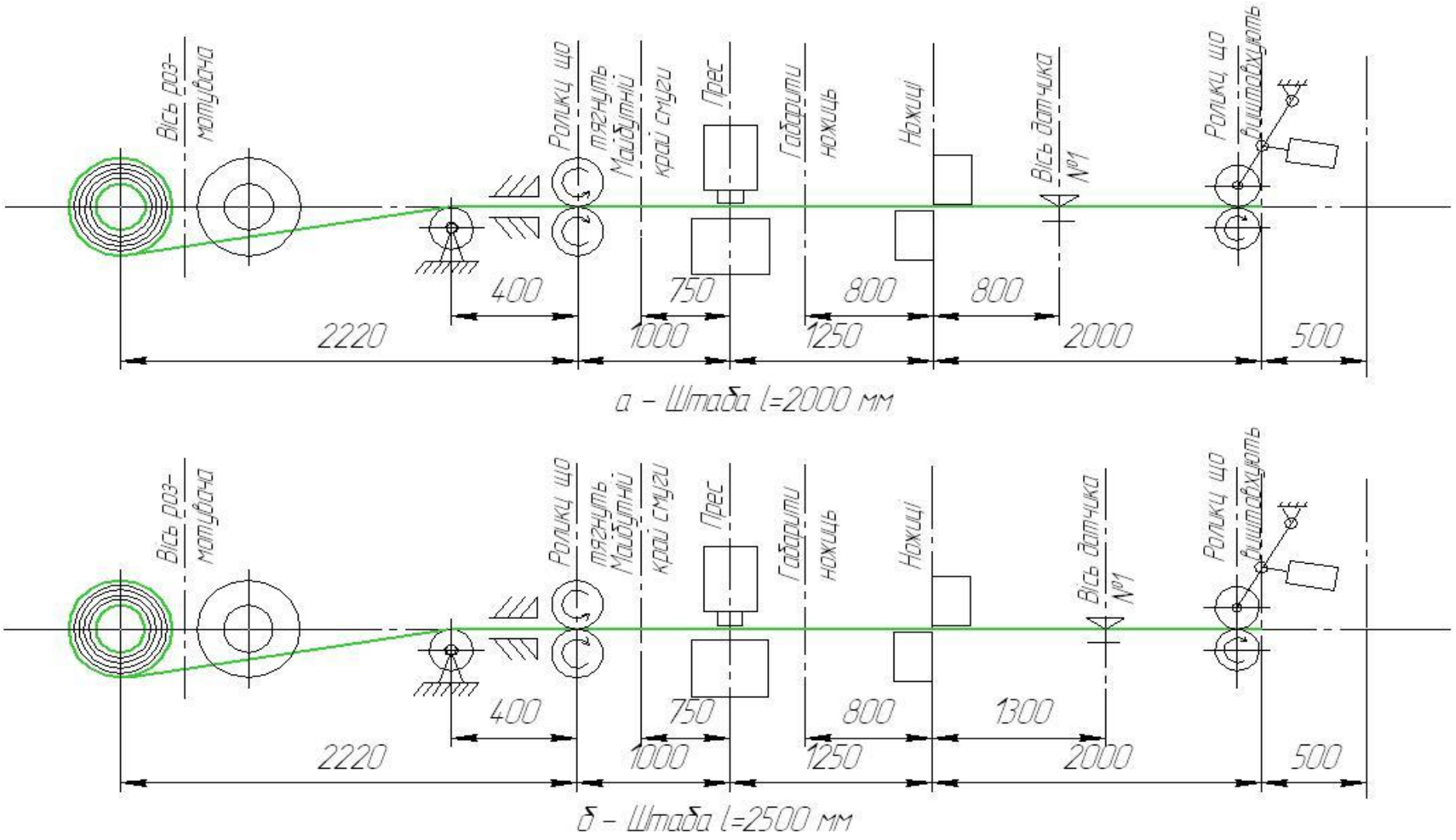



Рисунок 2.3 – Технологічна схема лінії по виготовленню елементів упакування пачок холоднокатаних та гарячекатаних листів

### *2.4.2 Розрахунок приводу тягнучих роликів*

Вихідні дані:

Швидкість завдання смуги V=0,4 м/с;

Пневмоциліндр ролика притискного, $D_п$=130 мм;

Кількість пневмоциліндрів – 2;

Тиск повітря в мережі ρ=0,5 МПа;

Діаметр роликів $d_р$=170 мм;

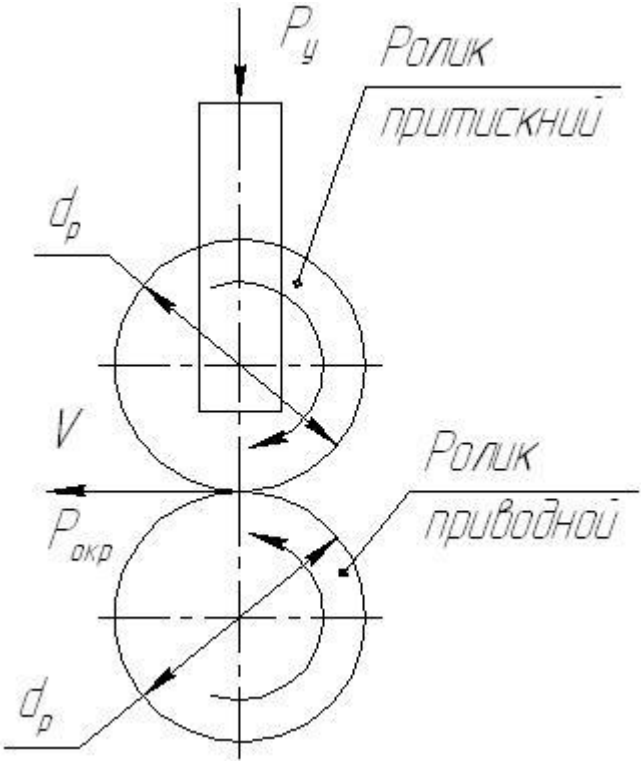



Рисунок 2.4 – Розрахункова схема приводу тягнучих роликів

**Розрахунок притискного зусилля.**

Площа поршня:

$$F_n = \frac{\pi \cdot (D_П)^2}{4}, \qquad (2.1)$$

$D_п$– діаметр поршня пневмоциліндра ролика притискного, $D_п$=130мм;

$$F_n = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}13^2}{4} = 0{,}01326 м^2 .$$

При тиску повітря ρ=0,5 МПа=0,5·10$^6$ $\frac{Н}{м^2}$,

$$P_У = F_n \cdot \rho = 0{,}01326 \cdot 0{,}5 \cdot 10^6 = 6630 \text{ Н}. \quad (2.2)$$

З урахуванням 20% втрат на тертя ущільнюючих кілець про гільзу циліндра, одержимо:

$$P_У = 6630 - \frac{20\% \cdot 6630}{100\%} = 5300 Н .$$

Тому що ролик притискний опирається на ролик приводний під дією двох пневмоциліндрів, утворюючи тягнучу пару, то притискне зусилля яке сприймає приводний ролик, становить:

$$P_{пр} = 2P_У + P_{рол}, \quad (2.3)$$

де $P_{рол}$ - маса притискного ролика в зборі, $P_{рол}$=1540 Н

$$P_{пр} = 2 \cdot 5300 + 1540 = 12140 \text{ Н}.$$

Визначаємо крутний момент на приводному опорному ролику.

Лінійна швидкість завдання смуги дорівнює швидкості, що утворює опорний ролик:

$$V = V_P$$

Якщо выдомо діаметр ролика $d_p$ і швидкість $V_P$, то визначимо частоту обертання $n_p$ приводного опорного ролика:

$$V_P = \frac{\pi \cdot d_p \cdot n_p}{60 \cdot 1000}, \tag{2.4}$$

$$n_p = \frac{V_P \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot d_p}, \tag{2.5}$$

$$n_p = \frac{0{,}4 \cdot 60 \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 170} = 45 \text{ хв}^{-1}.$$

Колове зусилля $P_{окр.}$ визначене дослідним шляхом за допомогою динамометру склало 8700 Н. Тоді крутний момент $M_{кр}$ на приводному опорному ролику складе:

$$M_{кр} = P_{окр} \cdot \frac{d_p}{2}, \tag{2.6}$$

$$M_{кр} = 8700 \cdot \frac{0{,}17}{2} = 740 Н \cdot м.$$

Визначаємо потужність на приводному опорному ролику:

$$N_P = \frac{M_{кр} \cdot n_p}{9550}, \tag{2.7}$$

$$N_P = \frac{M_{кр} \cdot n_p}{9550} = \frac{740 \cdot 45}{9550} = 3{,}4 кВт.$$

У приводі застосований черв'ячний редуктор Ч125-31,5-51-2 з передатним числом $U$=31,5; частота обертання швидкохідного вала $n_б$=1500 хв$^{-1}$; коефіцієнтом корисної дії η=0,8, крутним моментом на тихохідному валу $M_{кр}$=1100 Н·м.

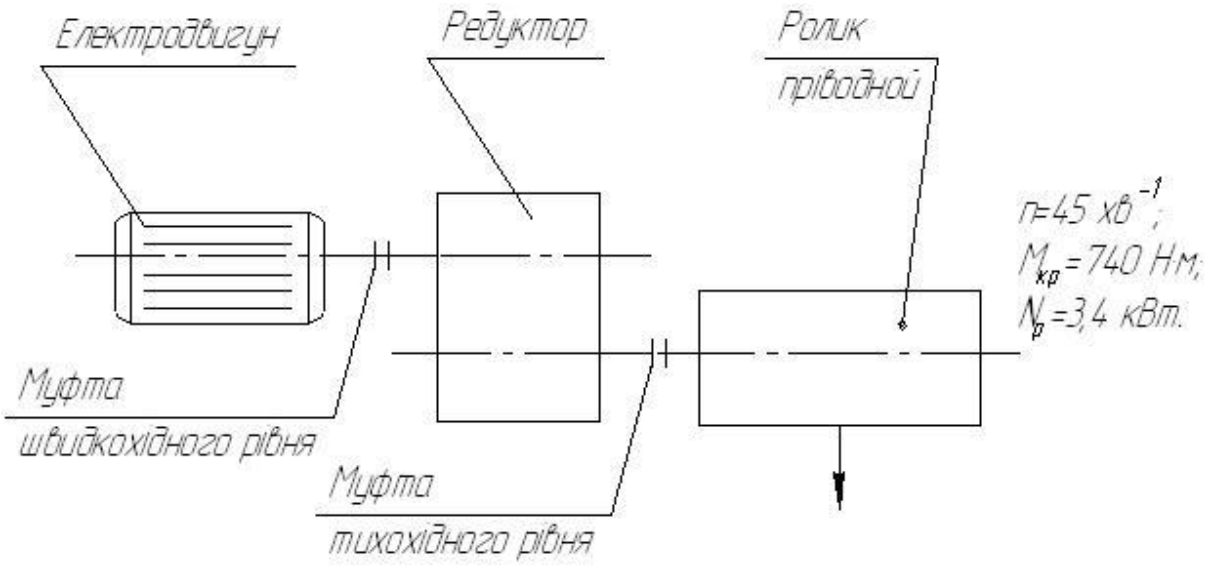



Рисунок 2.5 – Схема приводу приводного ролика

Потужність на валу електродвигуна при режимі, що встановлюється:

$$N_{дв} = \frac{N_P}{\eta}, \tag{2.8}$$

$$N_{дв} = \frac{3,4}{0,8} = 4,3кВт.$$

З врахуванням динаміки процесу, який полягає в розмотуванні рулону масою $m_p$=1000 кг і різання його на смужки різної довжини із зупинкою у момент реза і подальшим пуском, момент на опорному ролику зростає, а часті пуски вимагають підвищеної потужності електродвигуна.

Враховуючи ці особливості, вибираємо електродвигун ЧАС 13254УЗ ($N_{дв}$=8,5кВт; $n$=1500 хв$^{-1}$; $n_ф$=1395 хв$^{-1}$).

Запас потужності запобігає перегріву електродвигуна й забезпечує його працездатність при цілодобовому режимі роботи.

Перевіряємо правильність вибору передаточного числа редуктора:

$$u_ф = \frac{n_ф}{n_p}, \tag{2.9}$$

$$u_ф = \frac{1395}{45} = 31.$$

Похибка становить 1,5%, що допустимо режимом роботи агрегату лінії для виготовлення елементів упакування пачок холоднокатаного та гарячекатаного листа.

### *2.4.3 Розрахунок ролика притискного*

Навантаженнями є зусилля $P_y$ пневмоциліндрів і власної ваги $P_{рол.}$ ролика в зборі – (рисунок 2.6).

З метою спрощення розрахунку і як гірший випадок розподілене навантаження утворюючої бочки ролика, а відповідно і реакцію R приймем як зосереджену і проведемо розрахунок.

Момент згинаючий у перетині I-I:

$$M_{I\text{-}I} = P_y \cdot l_1 = 5300 \cdot 0{,}011 = 58{,}3 \text{ Н·м.} \qquad (2.10)$$

Момент згинаючий у перетині II-II:

$$M_{II\text{-}II} = P_y \cdot l_2 = 5300 \cdot 0{,}0475 = 251{,}8 \text{ Н·м.} \qquad (2.11)$$

Небезпечним перерізом приблизно є перетин III-III, тому що в цьому перетині, що перерізує (поперечна) сила і згинальний момент мають найбільше значення.

Момент згинаючий у перетині III-III:

$$M_{III\text{-}III} = P_y \cdot l_3 = 5300 \cdot 0{,}3975 = 2106{,}8 \text{ Н·м.} \qquad (2.12)$$

Здійснимо розрахунок цього перетину:

$$\sigma_{III-III} = \frac{Q_y}{F_{III-III}} + \frac{M_X}{W_{III-III}} \le [\sigma_{зг}], \qquad (2.13)$$

де $F_{III-III}$ – площа поперечного перетину:

$$F_{III-III} = \frac{\pi \cdot d_б^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,17^2}{4} = 0,0227 м^2, \quad (2.14)$$

$d_б$ – діаметр бочки ролика, $d_б$=170 мм;

$[\sigma_{зг}]$ – напруга, що допускається, вигину; Матеріал ролика – Ст.3, $[\sigma_{зг}]$=80МПа.

Розраховуємо момент опору вигину W:

$$W_{III-III}=0,1 \cdot d^3_б=0,1 \cdot 17^3=0,000491 \text{ м}^3, \quad (2.15)$$

Підставивши отримані дані в рівняння (2.13), одержимо величину напруги в перетині III-III:

$$\sigma_{III-III} = \frac{10600}{0,0227} + \frac{2106,8}{0,000491} = 4,8 МПа \le [\sigma]_{зг}$$

Тому що діаметр цапф ролика значно менше діаметра бочки ролика, то перевіримо їхній діаметр на міцність:

$$F_{I-I} = \frac{\pi \cdot d_I^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,06^2}{4} = 0,00283 м^2,$$

$$W_{I-I}=0,1 \cdot d^3_I=0,1 \cdot 0,06^3=0,0000216 \text{ м}^3,$$

$$\sigma_{I-I} = \frac{5300}{28,3 \cdot 10^{-4}} + \frac{58,3}{21,6 \cdot 10^{-6}} = 4,6 МПа \le [\sigma]_{зг}$$

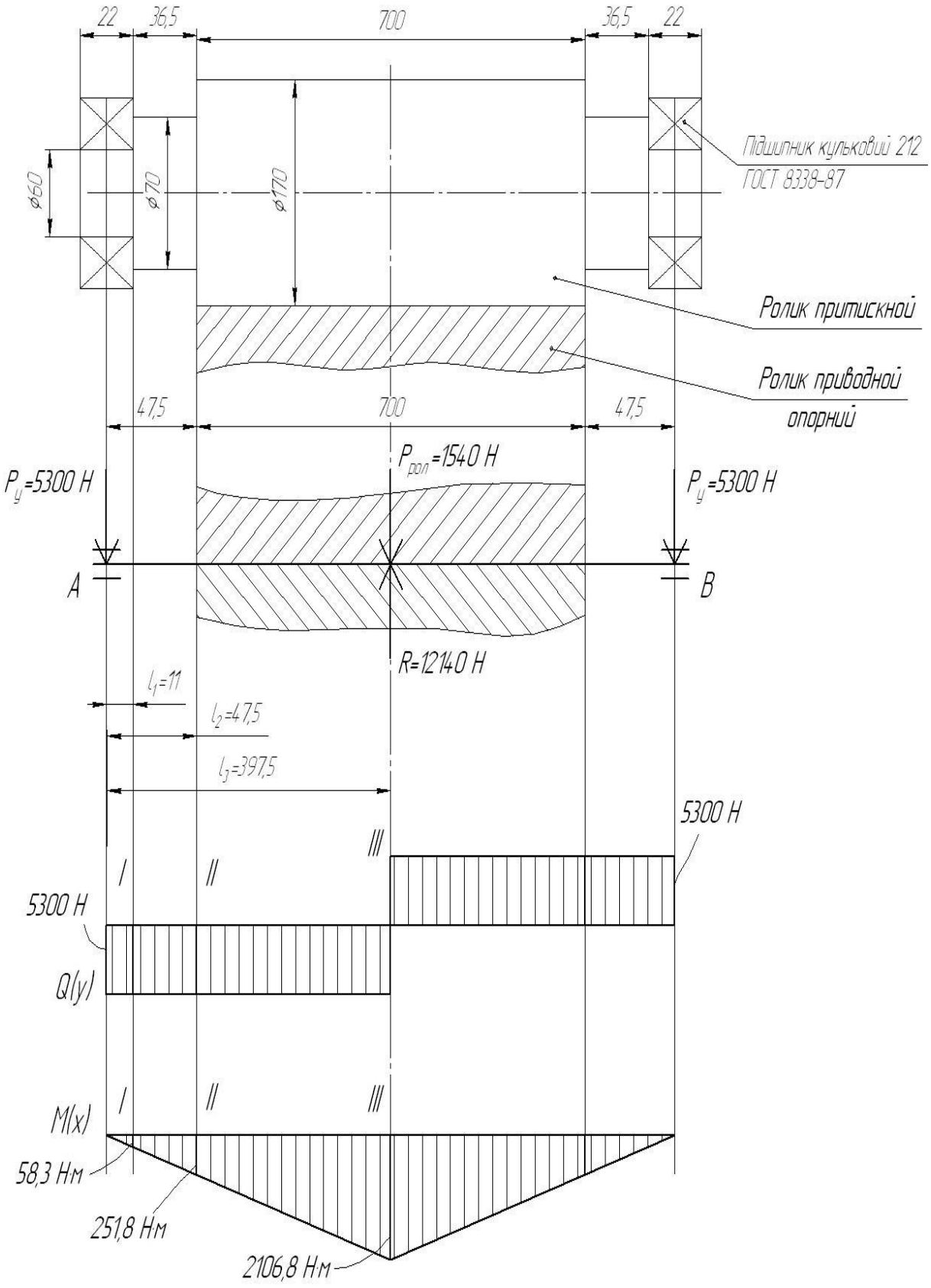



Рисунок 2.6 – Схема розрахунку ролика притискного

$$F_{\text{II}-\text{II}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{II}}^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 7^2}{4} = 0{,}00385 м^2$$

$$W_{\text{II–II}}=0{,}1 \cdot d^3_{\text{II}}=0{,}1 \cdot 7^3=0{,}0000343 \text{ м}^3$$

$$\sigma_{\text{II}-\text{II}} = \frac{530}{38{,}5} + \frac{2518}{34{,}3} = 8{,}7 МПа \le [\sigma]_{зг}$$

Висновок: усі перетини ролика притискного витримують задані навантаження.

### *2.4.4 Розрахунок ролика приводного опорного*

Враховуючи, що при пусках агрегату електродвигун розвиває потужність $N$=6,2 кВт (дані отримані по вимірах величини струму при пусках), крутний момент на опорному ролику складе:

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot N}{n_p} \cdot \eta \,, \qquad (2.16)$$

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot 6{,}2}{45} \cdot 0{,}8 = 1070 Н \cdot м \,.$$

Приймемо допущення про заміну розподіленого навантаження на зосереджену $P$=12140 $Н$ и проведемо розрахунок.

Момент згинаючий у перетині I-I.

$$M_{I\text{-}I} = R_A \cdot l_1 = 6070 \cdot 0{,}0475 = 288{,}3 \ Н{\cdot}м. \qquad (2.17)$$

Момент згинаючий у перетині II-II:

$$M_{II\text{-}II} = R_A \cdot l_2 = 6070 \cdot 0{,}3975 = 2412{,}8 \ Н{\cdot}м. \qquad (2.18)$$

Момент крутний постійний у всіх перетинах: $M_{кр}$=1070 *Н·м.*

Розрахунок вала на спільну деформацію вигину і крутіння, приводимо по IV теорії міцності (теорія максимальних дотичних напружень):

$$M_P = \sqrt{M_{из}^2 + M_{кр}^2}\ , \tag{2.19}$$

$$\sigma = \frac{M_p}{W} \le [\sigma]. \tag{2.20}$$

Перетин I-I:

Підставляємо значення для перетину I-I у формулу (2.19):

$$M_{P\text{I–I}} = \sqrt{288{,}3^2 + 1070^2} = 1108{,}1\ Н{\cdot}м$$

Напруження в цьому перетині:

$$\sigma_{\text{I–I}} = \frac{M_{p\text{I–I}}}{W_{\text{I–I}}}, \tag{2.21}$$

де $W_{I–I}$ – момент опору перетину;

$$W_{\text{I–I}}=0{,}1\cdot d^3_{\text{I}}=0{,}1\cdot 0{,}07^3=0{,}0000343\ м^3, \tag{2.22}$$

Підставляємо отримані значення у формулу (2.21):

$$\sigma_{I-I} = \frac{1108{,}1}{34{,}3^{-6}} = 32{,}3МПа \le [\sigma]_{зг} = 80МПа\ .$$

Перетин II-II:

Підставляємо значення для перетину I-I у формулу (2.19):

$$M_{PII-II} = \sqrt{2412{,}8^2 + 1070^2} = 2636{,}8\ Н{\cdot}м.$$

Напруга в цьому перетині:

$$\sigma_{\text{II–II}} = \frac{M_{p\text{II–II}}}{W_{\text{II–II}}}, \tag{2.23}$$

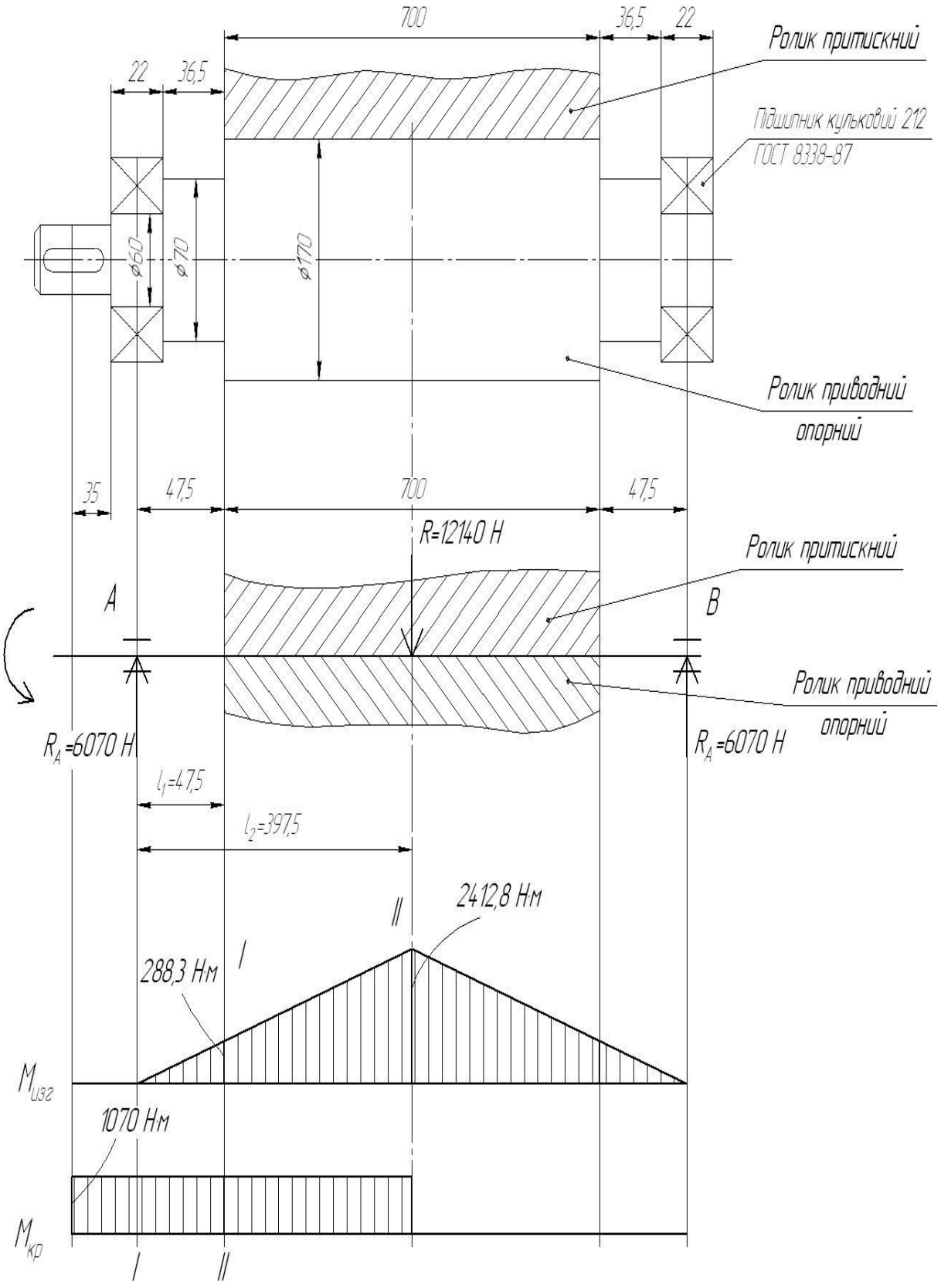



Рисунок 2.7 – Схема розрахунку ролика приводного опорного

де $W_{II–II}$ – момент опору перетину;

$$W_{II-II}=0,1\cdot d^3_I=0,1\cdot 0,17^3=0,000491 \text{ м}^3, \quad (2.24)$$

Підставляємо отримані значення у формулу (2.23):

$$\sigma_{II-II}=\frac{26368}{491\cdot 10^{-6}}=5,4МПа\le[\sigma]_{зг}=80МПа.$$

Висновок: усі перетини ролика приводного опорного витримують задане навантаження, а небезпечним перерізом є перетин I-I.

### *2.4.5 Вибір і розрахунок підшипників*

З розрахунку роликів притискного і приводного опорного видно, що найбільш навантаженими опорами є – підшипники ролика приводного опорного.

У конструкції застосований кульковий радіальний однорядний підшипник 212 ГОСТ 8338-77 *d*=60 *мм*, *D*=110 *мм*, *B*=22 *мм* [4, с. 16].

Динамічна вантажопідйомність *C*=41000 *H*;

Статична вантажопідйомність $C_0$=31500 *H*;

Гранична частота обертання *n*=5000 хв$^{-1}$.

Здійснимо розрахунок довговічності підшипника:

Номінальна довговічність у мільйонах оборотів:

$$L=\left(\frac{C}{P}\right)^P, \quad (2.25)$$

де *P* – еквівалентне динамічне навантаження;

*C* – динамічна вантажопідйомність, С=41000 Н;

*p* –показник ступеня, р=3 ( для кулькових підшипників).

$$P=X\cdot V\cdot F_r+Y\cdot F_a, \quad (2.26)$$

де *X* – коефіцієнт радіального навантаження, *X*=0,45;

$V$ – коефіцієнт обертання, $V$=1 (обертається внутрішнє кільце підшипника);

$F_r$ – радіальне навантаження, $F_r$=6070 $H$;

$Y$ – коефіцієнт осьового навантаження;

$F_a$ – осьове навантаження, $F_a$=0.

Підставляємо значення у формулу (2.26):

$$P=0{,}45\cdot 1\cdot 6070=2730\ H.$$

Підставляємо значення у формулу (2.25):

$$L=\left(\frac{41000}{2730}\right)^3=15^3.$$

Прологарифмуємо обидві частини рівняння:

$$lgL=3\cdot lg15=3\cdot 1{,}17609=3{,}5283,\ \text{тоді}$$

$$L=3350\ \text{млн. обертів}$$

Довговічність підшипника в годинах:

$$L_h=\frac{10^6\cdot L}{60\cdot n},\qquad (2.27)$$

де $n$ – частота обертання підшипника, $n$=45 хв$^{-1}$;

$$L_h=\frac{10^6\cdot 3350}{60\cdot 45}=1{,}2\cdot 10^6\ \text{годин.}$$

# 3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

## 3.1 Етапи монтажу

Монтаж починається з установки двопозиційного розмотувача рулонів:

- встановити розмотувач на фундаментальну плиту, забезпечену анкерними болтами;
- зафіксувати поворотну його частину, розташувавши підрулонний диск в штатному положенні для навішування рулону;

Наступним етапом є установка преса для пробивки трикутних висікань. Для цього використовується струна, яка натягається по осі агрегату на проектній висотній відмітці, і її горизонтальність перевіряється рівнем.

Умовою правильності монтажу є розташування в одній вертикальній плоскості підрулонного диска розмотувача і бічної обмежувальної планки вирубного штампу, тобто кромка розмотуваної смуги повинна одночасно стосуватися підрулонного диска і бічної обмежувальної планки, що дасть можливість отримувати висікання однакового розміру.

Після фіксації преса на фундаменті необхідно розмістити ролики тягнуть. Особливістю їх монтажу є розташування осі роликів перпендикулярно осі агрегату з метою виключення відходу смуг управо і ліворуч від осі агрегату. Для цього рама роликів що тягнуть за допомогою важеля і набору клинів зміщується на величину зазору в отворах під анкерні болти, а потім фіксується у вибраному положенні приварюванням бічних упорів.

За пресом розміщуються ножиці таким чином, що кромка нижнього стаціонарного ножа повинна лежати в порожнини розмотуваної штаби, а поперечне їх положення має бути таке, щоб відрізувана смуга вільно розташовувалася під піднятим верхнім ножем.

Закінченням монтажу основного устаткування є установка роликів виштовхуючих і двопозиційного укладальника.

Для проводки смуги всі основні механізми сполучені дротяними столами, висотні відмітки яких і їх горизонтальність досягається за допомогою передбачених з'єднань гвинт-гайка.

Останнім встановлюється вузол датчиків, яким задається логіка режимів роботи лінії. З метою виключення збоївши в роботі датчиків (поява відблисків відбитого світла у зв'язку з вібрацією смуги при її русі, що дає помилковий сигнал) на одному з дротяних столів встановлюється вібродвигун смуги, що є важелем, шарнірно закріпленим на рамі.

Все вище перераховане устаткування виставляється заздалегідь на настановні і регулювальні підкладки, потім обжимаються анкерні болти, після чого виробляється зварка пакетів підкладок і підливка рам цементним розчином марки Б400.

## 3.2 Розрахунок фундаменту двопозиційного укладальника

Фундамент має бути спроектований так, щоб дотримувалася умова:

$$\rho = \frac{G_M + G_\Phi + P_{TEX}}{a'' \cdot b''} + \sum_{i=1}^{m} \frac{M_i}{W_i} \le [\rho] \qquad (3.1)$$

де $G_M$ – вага устаткування, встановленого на фундаменті, $G_M$=21,7 кН;

$P_{TEX}$– вертикальна складова технологічного навантаження, $P_{TEX}$=310кН – технологічне навантаження (2 короби з металом);

M – перевертаючий момент, Н · м;

W – момент опору вигину фундаменту, м ³;

ρ – тиск, що діє, на грунт, кН/м²;

a'', b'' – розміри підошви фундаменту, м;

[ρ] – тиск, що допускається, на грунт, [ρ] – 200 кН/м ²;

M=0 – перевертаючий момент відсутній;

Вага фундаменту визначувана по формулі:

$$G_Ф = V_Ф \cdot \rho_ф \quad (3.2)$$

где $V_Ф$ – об'єм фундаменту, приймається з розрахунку, що на 1 тонну встановленої маси устаткування витрачають $3 \div 5 м^3$ бетону.

Звідси:

$$V_Ф = (3 \div 4) \cdot G_М = 4 \cdot 24{,}17 = 8{,}6844 \text{ м}^3 \quad (3.3)$$

$\rho_ф$ – щільність бетону, для армованого бетону приймаємо $\rho_ф = 23 кН/м^3$;

Тоді:

$$G_Ф = 8{,}68 \cdot 23 = 199{,}6 \text{ кН}$$

Фундамент складається з двох частин: безпосередньо фундаменту і підошви.

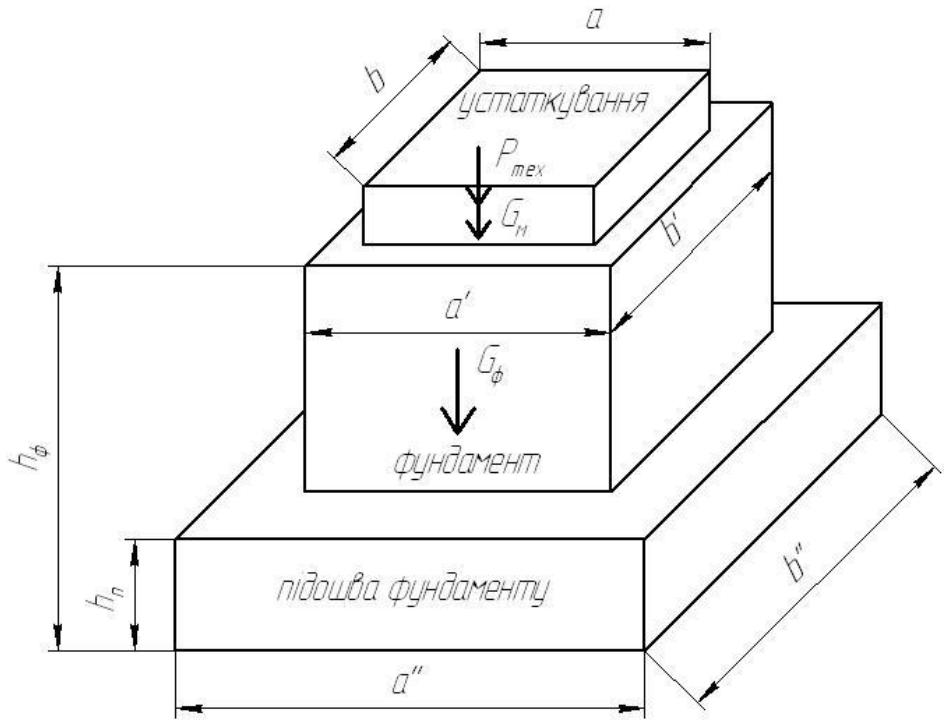



Рисунок 3.1 - Схема до розрахунку параметрів фундаменту

Розміри самого фундаменту приймаються з врахуванням довжини і ширини встановлюваного устаткування.

При габаритних розмірах укладальника: a=2,19 м, b=1,19 м

Визначимо тиск, що діє, на грунт:

$$\rho = \frac{21,7 + 199,6 + 30}{3,9 \cdot 2,9} = 255,22 \text{ кН/м}^2,$$

$$\rho = 22,22 \text{ кН/м}^2 < [\rho] = 200 \text{ кН/м}^2;$$

Визначимо загальну висоту фундаменту і його складників:

$$a''b'' \cdot \frac{1}{4} h_{общ} + a'b' \cdot \frac{3}{4} h_{общ} = V_{Ф} \quad (3.4)$$

$$3,9 \cdot 2,9 \cdot \frac{1}{4} h_{общ} + 3,32 \cdot 2,16 \cdot \frac{3}{4} h_{общ} = V_{Ф}$$

$$8,2 \cdot h_{общ} = 20,7 м^3,$$

$$h_{общ} = \frac{20,7}{8,2} = 2,52 м,$$

$$h_n = 2,5 \cdot 0,25 = 0,63 м,$$

$$h_n = 2,5 \cdot 0,75 = 1,89 м.$$

Остаточно приймаємо розміри:

Підошви 2,9х3,9х0,63 (м),

Фундаменту 2,16х3,32х1,89 (м).

По розмірах підошви і фундаменту замовляємо бетон. Для підошви бетон марки Б-50, для фундаменту – бетон марки Б-200.

### 3.3 Розрахунок анкерних болтів двопозиційного укладальника

Анкерні болти служать для кріплення устаткування до фундаменту. Анкерні болти розділяють на глухи і заводні. Глухі встановлюють до бетонування, приварюючи їх до арматури фундаменту. Заводні встановлюються в анкерні колодязі, виконані у фундаменті.

Розраховуємо зусилля попереднього затягування:

$$Q_б = \sigma_{зат} \cdot F_б \tag{3.5}$$

де $\sigma_{зат}$ – напруга, що створюється в анкерних болтах;

$F_Б$ – площа перетину болта.

Напругу затягування вибирають з умови нерозкриття стику:

$$\sigma_{зат}=Y\cdot\sigma_o \tag{3.6}$$

де Y – коефіцієнт затягування, що забезпечує нерозкриття стику (при статичних навантаженнях) Y=1,25÷2;

$\sigma_o$ – напруга в болтах при найбільшому зовнішньому зусиллі.

По рекомендаціях для легованих сталей:

$$\sigma_{зат} \le (0{,}5\div0{,}6)\cdot \sigma_т = 0{,}5\cdot 320000 \text{ кН/м}^2 = 160000 \text{ кН/м}^2 \text{ (сталь 30Г)} \tag{3.7}$$

У конструкції прийнятий анкерний болт М36 в кількості n=6 штук;

Площа перетину болта М36:

$$F_Б = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \tag{3.8}$$

де $d_1$ – – внутрішній діаметр різьблення, $d_1$=31,67 мм;

$$F_{Б} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}03167^2}{4} = 0{,}00078 м^2$$

Тоді:

$$Q_{б} = 160000 \cdot 0{,}00078 = 124{,}8 кН$$

Перевіримо правильність вибору діаметру болта:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{б}}{\pi \cdot [\delta]_{Р}}} \quad (3.9)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 124{,}8}{3{,}14 \cdot 180000}} = 0{,}0297 м = 29{,}7$$

де $[\delta]_р$ – допускаєма напруга матеріалу болта, $[\delta]_р$=180000 кН/м²

Висновок: діаметр анкерного болта вибраний правильно.

### 3.4 Розрахунок площі пакету підкладок

Площа нижньої підкладки повинна забезпечувати виконання умови:

$$\sigma < \lfloor \sigma_{ф} \rfloor$$

Сила, що діє на прокладку, визначається як результуюча від дії ваги устаткування, зусилля затягування болта і перевертаючого моменту:

$$\text{Р} = Q_{б} + \frac{G_{\text{М}}}{n} \quad (3.10)$$

де n - кількість анкерних болтів, n = 6;

$Q_б$ - зусилля попереднього затягування, $Q_б$ = 124,8 кН;

$G_М$ - вага устаткування, $G_М$ =21,7 кН;

Р - реакція з боку фундаменту на підкладку;

$$P = 124{,}8 + \frac{21{,}7}{6} = 128{,}4кН$$

Найдемо площу настановної підбивки:

$$F_n = \frac{G_M + n \cdot Q_б}{k \cdot n \cdot [\sigma]_ф} \quad (3.11)$$

$[\sigma]_ф$ - припустимий питомий тиск на фундамент, $[\sigma]_ф = 2 \cdot 10^4$ кН/м$^2$ (визначається по марці бетону);

k – коефіцієнт контакту фундаменту з підкладкою, к=0,5;

Підставимо значення у рівняння рівноваги, одержимо необхідну площу настановної підбивки:

$$F_n = \frac{21{,}7 + 6 \cdot 124{,}8}{0{,}5 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 10^4} = 0{,}01284м^2 = 128{,}4см^2$$

Ухвалюємо площу квадратної форми зі стороною:

$$b = \sqrt{Fn} = \sqrt{128{,}4} = 11{,}3см = 113мм \quad (3.12)$$

Остаточно приймаємо підкладку квадратної форми із стороною 115 мм.

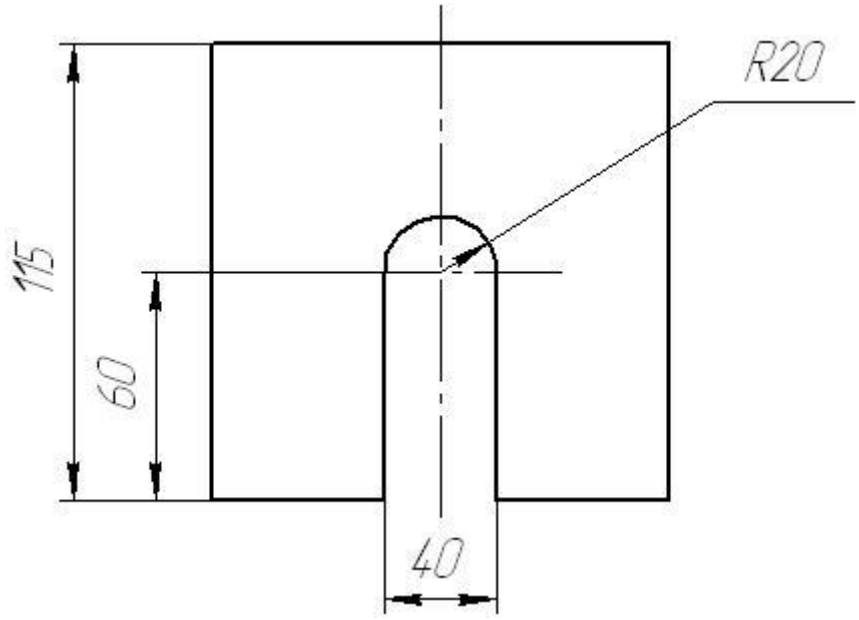



Рисунок 3.2 – Геометрична форма підбивки

### 3.5 Смазка механізмів лінії виготовлення елементів упаковки

Вузлами, що вимагають мастила, у встановленому устаткуванні є тягнучі ролики, ролики виштовхуючи, барабани розмотувача і підшипники коліс двопозиційного укладальника.

Оскільки механізми лінії відповідно до технології працюють в переривистому режимі, а укладальник знаходиться у спокої до наповнення коробів смугами, то досвід їх експлуатації показав, що для їх стійкої роботи можна застосувати густе консистентне мастило. Вона зменшує коефіцієнт тертя і частково оберігає поверхні, що труться від корозії. Її використовують для вузлів, тепло яких повністю відводиться в навколишній простір, а також для механізмів, в яких вал обертається з малою кутовою швидкістю ($n<100$ хв$^{-1}$.) або здійснює лише частину звороту (наприклад, опускання і підйом ножиць). Мастило застосовується індивідуальна і заставна.

При індивідуальному мастилі мазь подають на поверхні тертя колпачковими масельничками або пресом-масельничками.

Закладне мастило закладають під час виготовлення і монтажу устаткування, і міняють її під час ремонтів.

# 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

## 4.1 Виявлення та оцінка шкідливих та небезпечних чинників

### 4.1.1 Характеристика ступеня безпеки обраних технологічних процесів, рівні їхньої механізації й автоматизації

З розвитком феросплавного виробництва й підвищенням продуктивності руднотермічних печей необхідно передбачати заходи щодо поліпшення умов праці на робочих місцях, захисту повітряного й водного басейну.

Технологічний процес виробництва феросплавів відноситься до 3 групи шкідливих процесів. Праця основних професій важка і напружена, включно-плавильників,розливальників,слюсарей,газозварників,кранових машиністів, операторів печей і розливних машин та інших. Для полегшення праці широко використається механізація та автоматизація.

Досить повне подання про рівень механізації можна одержати шляхом визначення витрат механічної й ручної праці:

$$B = \frac{M}{M + R} \cdot 100\%, \qquad (4.1)$$

де В – рівень механізації праці, %;М - сума людино-годин механізованої праці;

R – сума людино–годин ручної праці.

Для розливальника М= 2 год.; R= 6 год.

$$B = \frac{2}{2 + 6} \cdot 100 = 25$$

Підсумкові результати розрахунків для основних професій представлені в таблиці 4.1.

За цієї таблиці можна зробити висновок, що:

- розливальник має 75% механізованої й 25% ручної праці;
- слюсар ремонтник –37,5% механізованої, 62,5% ручної праці;
- оператор печі – 93,75% механізованої, 6,25% ручної праці;
- горновий – 12,5 % механізованої, 87,5% ручної праці.

Праця горнового й слюсаря ремонтника відноситься до ручної праці, а розливальника і оператора –до механізованої.

Таблиця 4.1 – Розрахунок рівня механізації праці для різних професій

| № п/п | Професія робітників | Штат робіт–ників | Кількість відпрацьованих людино–годин за добу | | | % механі–нізо–ваної праці | % Руч–ної праці |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Вручну | За допомо–гою машин | Усь–ого | | |
| 1 | розливальник | 2 | 2×2=4 | 6×2=12 | 16 | 75 | 25,0 |
| 2 | слюсар ремонтник | 4 | 3×4=12 | 5×4=20 | 32 | 37,5 | 62,5 |
| 3 | сператор печі | 1 | 7,5×1=7,5 | 0,5×1=0,5 | 8 | 93,75 | 6,25 |
| 4 | горновий | 3 | 7×3=21 | 1×3=3 | 24 | 12,5 | 87,5 |

### 4.1.2 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Умови праці в феросплавному цеху характеризуються впливом на багатьох робочих місцях таких факторів виробничого середовища, як підвищена температура повітря, інфрачервоне й ультрафіолетове випромінювання, забруднення повітря токсичними речовинами й пилом, утворення електричних і магнітних полів. Виконання ряду операцій пов'язане з важкою фізичною працею, а на автоматизованих виробництвах - з обслуговуванням пультів керування. Є ділянки, де утворюється і діє інтенсивний шум.

У пічному, розливному та шихтовому відділеннях, особливо в перехідний і зимовий періоди року, робітники піддаються впливу значних температурних перепадів, сильних потоків гарячого й холодного повітря.

В цеху пил виділяється в шихтовому і плавильному відділеннях. При ремонтних роботах виділяється пил вогнетривів, що може викликати силікоз. Пил містить 65-97 % з'єднань кремнію, у тому числі 70 % діоксиду кремнію. Пил виділяється при збиванні, навантаженні, транспортуванні футеровки, під час ремонту ковшів, склепіння печей. Концентрація пилу перебуває, як правило, на рівні 25- 40 мг/м$^3$ .

Джерелом шуму є тертя і рух шихти,яка подається в печі, обладнання, що рухається: мостові крани ,розливні машини , транспортери, потяги й ін. Рівні шуму на робочих місцях досягають 100дБА і більше.

Вібрація спостерігається в кабінах крановиків, при перевозки ківшів з рідкими феросплавами ,під час роботи розливних машин й деяких інших операцій.

Шкідливості, що супроводжують процес підготовки шихти, плавки, випуску і розливанні феросплавів є: оксид вуглецю; пил, що виділяється при підготовці шихти й завантаженню її в піч і при плавленні шихти; теплове випромінювання; сухе повітря; шум і вібрація (табл. 4.2).

Аналіз шкідливих факторів виробничого середовища, наведених у таблиці, дозволяє зробити наступний висновок про умови праці розливальника:

1 Оцінка технічного й організаційного рівня:

Відповідає технологічному регламенту й проекту організації праці на робочому місці.

2 Атестація робочого місця:

Робоче місце має в наявності 4 фактори 1 ступеня, 7 факторів 3 ступені. По показниках робоче місце варто вважати з особливо шкідливими й особливо тяжкими умовами праці, що відповідає показникам списку № 1 пункту 1 . Відповідно до гігієнічної класифікації праці горновому дається 15 днів додаткової відпустки, надбавка до зарплати -24 % і видається молоко.

Таблиця 4.2 – Оцінка факторів виробничого й трудового процесу. Професія:горновий,місце роботи – піч РКВ 7

| № п/п | Фактори виробничого середовища й трудового процесу | Нормативне значення | Фактичне значення | 3 клас: шкідливі й небезпечні умови й характер праці | | | Тривалість дії фактора за зміну, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1 ступ. | 2 ступ. | 3 ступ. | |
| 1 | Шкідливі хімічні речовини, мг\м$^3$:<br>1 клас небезпеки<br>Ангідрид хромовий<br>Марганцю оксид | <br><br><br>0,01<br>0,05 | <br><br><br>0,07<br>0,39 | | | <br><br><br>7 р<br>7,8 р | <br><br><br>90 |
| | 2 клас небезпеки<br>Сірководень | <br>10 | <br>10,8 | <br>1,08 р | | | 90 |
| | 3-4 клас небезпеки<br>Азоту діоксид<br>Вуглецю оксид | <br>2,0<br>20,0 | <br>0,55<br>5,0 | <br>0,27<br>0,25 | | | 90 |
| 2 | Пил переважно фіброгенної дії, мг\м$^3$<br>Феросиліцій,феромарганець | 4 | 18,4 | | | 4,6 р | 90 |
| 3 | Шум, дБА | 80 | 104 | | | 24 | 90 |
| 4 | Вібрація (локальна),дБА | 92 | 115 | | | 23 | 83 |
| 5 | Мікроклімат у приміщенні (теплий період):<br>- температура, $^0$С;<br>- інфрачервоне випромінювання, Вт/м$^2$ | <br>27/16<br><br>140 | <br>39<br><br>4200 | | | <br>12<br><br>4200 | <br>85<br><br>85 |
| 6 | Важкість й напруженість праці | категорія робіт –середня важкість,II,б помірна напруженість | | | | | |
| 7 | Кількість факторів | | | 4 | 2 | 5 | |

## 4.2 Заходи з поліпшення умов праці

У таблиці 4.3 наведені заходи щодо усунення шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища на ділянці печей РКВ-7.

Таблиця 4.3 – Технічні міри захисту виробничого середовища

| № п/п | Небезпечний або шкідливий фактор виробничого середовища | Захисний пристрій | Тип пристрою | Параметри пристрою | Місце установки |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Запилованість | Витяжна вентиляція | КЗ 3 | 7800 м³/год | У місцях утворення пилу |
| 2 | Запиленість | Респіратор ЗІЗОД | ШБ-1М | ≤10 мг/м$^3$ | Індивідуально |
| 3 | Шум | Навушники протишумові, біруші | Одноразові | Придатний до 110 дБА | Індивідуально |
| *4* | Температура<br>-холодний період<br>-теплий період | Утеплена куртка, ватяні брюки<br>Костюм х/б рукавиці | Тн 20<br>Ти 15 | t≥–20°С<br>t≥15°С | Індивідуально |
| 5 | Шкідливі хімічні речовини | Теж, що й при запиленості + костюм х/б, рукавиці | Пм | ≤12 мг/м$^3$ | Індивідуально |

Всі працівники цеху безкоштовно забезпечені спецодягом, спецвзуттям і засобами індивідуального захисту.

При відсутності засобів захисту наведених вище шкідливості спричиняють появу окремих ознак профзахворювань (глухота, підвищений тиск), а також спричиняють росту патологій з короткочасною втратою працездатності (теплові удари).

Для поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці у плавильному цеху приймаються заходи для зменшення забруднення виробничого середовища:

- бездимне завантаження печей;
- систематичний контроль за станом стиків стиків, кришок люків і стояків;
- контроль за станом газопроводів і апаратури з метою ліквідації просочування газу;
- зменшення пиловидалення при завантаженні і видалення шихти із бункерів;
- використання установок для допалювання феросплавного газу;
- забезпечення повного видалення газу від робочих майданчиків.

## 4.3 Виробнича санітарія

### 4.3.1 Мікроклімат

Для забезпечення робочих місць і приміщень необхідному мікроклімату і чистого повітря використають різноманітні заходи і пристрої. Залежно від способу переміщення повітря розрізняють природну й механічну вентиляцію. Для усунення надлишків теплоти використають механічну і природну витяжну вентиляцію. Холодне повітря надходить через вікна, двері, ворота, а тепле видаляється через ліхтарі.

Ефективним засобом забезпечення необхідних гігієнічних якостей повітря, що сприяють нормальній роботі, і відповідають санітарним вимогам передбачена місцева вентиляція деяких робочих місць. Норми мікроклімату на постійних робочих місцях зазначені в таблиці 4.4 (ДСН 3.3.6.042-99).

В холодний період року багато уваги приділяється герметизації приміщення з метою збереження частки тепла необхідного для підтримання допустимого мікроклімату в цеху. Для цього припливні жалюзі відкриваються тільки на висоті не нижче 1,8м, залізничні і автомобільні ворота обладнаються повітряними завісами. Робітникам, що працюють в зонах без значних тепловиділень виділяють теплу одежу.

Таблиця 4.4 –Значення припустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні

| Період року | Характеристика виробничих приміщень по надлишковим тепловиділенням | Категорія робіт з важкості | На постійні роб. місцях | | | Температура за постій-ним робочим місцем, $^0$C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Температура повітря, $^0$C | Відносна вологість, % | Швидкість руху повітря, м/с | |
| Теплий | >23 Вт/м$^3$ | 11б | 16/27 | 70 | 0,2-0,5 | 29 |
| Холодний | Менше 23 Вт/м$^3$ | 11б | 15/21 | 75 | До 0,4 | 23 |

### 4.3.2 Природне й штучне освітлення виробничих приміщень

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне висвітлення. Незадовільне висвітлення утрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці й працездатності очей і може бути причиною нещасних випадків й їхніх захворювань.

Характеристика приміщення ділянки печей:

- характер робіт ..... середня точність
- розмір об'єкта розпізнавання, мм від 0,5 до 1
- розряд зорової роботи ..... IV
- підрозряд роботи ..... В
- контрастність об'єкта розрізнення середня
- фон ..... середній
- рівень освітленості $E_н$, лк ..... 200

Під час ремонту встаткування передбачене штучне освітлення.

На промислових підприємствах штучне освітлення підрозділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного висвітлення), аварійне - не менше 50% робочого. Евакуаційне освітлення застосовують для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення. Охоронне освітлення використовують у неробочий час. При необхідності частину світильників того або іншого виду освітлення можна використати для чергового освітлення.

Штучне освітлення проектується двох систем: загальне (рівномірне або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального висвітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого висвітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими й неосвітленими місцями стомлює очі, сповільнює швидкість роботи й нерідко є причиною нещасних випадків. Застосовуються сучасні енергозберігаючі лампи люмінесцентні чи світлодіодні типу LED потужністю 100-200 Вт та світильники «Астра».При наявності пилу у повітрі цеху краще діють дугові ртутні лампи типу ДРЛ, потужністю до 1000 Вт з світильниками прямого світла.

Згідно ДБН 8.2.5-28-2006 для приміщень, у яких проводяться роботи 6-го розряду, тобто спостереження за ходом виробничого процесу, передбачається комбіноване освітлення.

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

Місто Запоріжжя перебуває в 4 поясі світлового клімату, тому КПО для нього буде обчислюватися за формулою:

$$КЕО_{ln}^{4} = КЕО_{ln}^{3} \cdot m \cdot e = 1{,}8 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}85 = 1{,}38\%, \qquad (4.2)$$

де $КЕО_{ln}^{3}$ – значення КПО для 3- го поясу світлового клімату;

m – коефіцієнт світлового клімату;

e – коефіцієнт сонячного клімату.

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

Для розрахунку штучного освітлення визначають необхідний світловий потік лампи кожного світильника:

$$F = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \qquad (4.3)$$

де E – найменша освітленість, лк;

k – коефіцієнт запасу;

S – освітлювана площа приміщення, м$^2$;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості, для люмінесцентних ламп приймають z = 1,1;

п– коефіцієнт використання світлового потоку;

N – кількість світильників.

Значення п визначається залежно від індексу приміщення, що визначається:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)}, \tag{4.4}$$

де А и В – довжина й ширина приміщення, м;

Розглянемо машинний зал печі : А=30 м; В=20 м ; h – висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею, h=4 м

$$i = \frac{20 \cdot 30}{4 \cdot (20 + 30)} = 3{,}0$$

Тоді коефіцієнт використання, тобто відносна частка потоку лампи, що падає на поверхню S, дорівнює 78% (=0,78).

Визначаємо кількість світильників:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{n \cdot \Phi_л \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 2 \cdot 600 \cdot 1{,}1}{1 \cdot 35000 \cdot 0{,}78} = 7{,}2 \text{шт}$$

де Е – найменша освітленість для газорозрядних ламп у плавильних цехах Е = 150 лк);

k=2; S=600м$^2$; для люмінесцентних ламп приймають z = 1,1;

n – число ламп у світильнику, n=1;

$Ф_л$ – світловий потік лампи, $Ф_л$=35000 лм.

Вибираємо тип лампи: ДРЛ – 700,потужністю 700 Вт; світильники «Астра–32» з однією лампою в кожному .

Освітленість приміщень і робочих поверхонь повинна бути не менш значень, зазначених у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Карти освітленості для феросплавного цеху

| Найменування відділення, ділянки, робочого місця й допоміжних приміщень | Розряд зорової роботи | Освітленість, (лк) і коефіцієнт запасу | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | При люмінесцентних лампах | | | При лампах нагромадження | | |
| | | Система комбінованого. освітлення | Система загального освітлення | Коеф.запасу | Система комб. освітлення | Система загальноого освітлення | Коеф. запасу |
| Пічний і розливний проліт | VII | 150 | 150 | 1,8 | – | 50 | 1,5 |
| Вертикальна поверхня печей | VII | 150 | 150 | 1,8 | – | 50 | 1,5 |
| Пульти керування печами | IV | 1000 | 300 | 1,5 | 500 | 150 | 1,3 |

### 4.3.3 Виробничий шум і вібрація

По походженню шум буває механічний, виникаючий у результаті тертя вузлів і деталей механізмів і машин на холостому й робочому ході; аерогідродинамічний, що виникає при більших швидкостях руху потоків повітря, газів, рідин; імпульсний, виникаючий у результаті зіткнення твердих тіл; термічний, генеруємий при згорянні газоподібного палива в горілках і форсуночних пристроях. Шум різної інтенсивності й частоти, довгостроково впливаючи на працюючих, приводить до зниження гостроти слуху, а згодом до розвитку професійної глухоти. Шум також негативно впливає на фізіологічні

функції організму людини. Будучи зовнішнім подразником, що сприймається й аналізується корою головного мозку, шум приводить до перенапруги центральної нервової системи й розладу функцій внутрішніх органів і систем людини.

Для зменшення шуму в джерелі його утворення заміняють ударні взаємодії деталей без ударними, зворотно–поступальні рухи обертальними. Демпфірують коливання ударних деталей й окремих вузлів агрегату шляхом зчленування їх з матеріалами, що мають велике внутрішнє тертя: гумою, пробкою, азбестом й ін.; зменшують інтенсивність вібрацій деталей агрегатів шляхом облицювання цих поверхонь (ДСТУ 12.1.029–80 ССБП).

## 4.4 Технічні рішення по виробничій санітарії

### 4.4.1 Об'ємно–планувальні рішення будинків і споруджень

Загальні принципи об'ємно-планувальних рішень будинків феросплавного цеху визначаються в значній мірі необхідністю створення найбільш сприятливих умов для організованого природного видалення з них надлишків тепла. Тому всі плавильні й нагрівальні агрегати, місця розливання й остигання сплаву й розміщаються в одноповерхових будівлях. Ці споруди не мають стельових перекриттів, а їхні покрівлі обладнаються уздовж і поперек розташованими аераційними ліхтарями типу, що не задуваються.

Цех розташовується так, що забезпечується гарне провітрювання. Для надходження в приміщення цеху зовнішнього повітря бічні огородження будинків на всю довжину по обидва боки обладнані на різних рівнях фрамугами, що розкриваються. Верхні фрамуги служать для надходження повітря в холодний період року, а нижні - для повітря в теплий період.

Вентиляційні пристрої в приміщеннях цеху повинні забезпечувати температуру, вологість і швидкість руху повітря, а також нормативний зміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони .

Площадки, розташовані на висоті більше 0,6м від поверхні підлоги, перехідні містки, сходи, прорізи, люки, канави, приямки обгороджені поруччям із суцільним обшиванням по низі.

Допоміжні служби гарячих цехів: контори, лабораторії цехів і т.д., а також санітарно-побутові приміщення (роздягальна, душова, їдальня й т.п.) розміщаються, як правило, в окремому будинку, що примикає до одному з фасадів основного виробничого будинку, або з'єднуються з ним теплим переходом .

Взаємне розташування будинків і цехів на території заводів або окремих ділянок виробництва в одному будинку виробляється з урахуванням основних вантажопотоків і послідовності технологічного процесу, що має істотне гігієнічне значення, тому що відсутність зустрічних або потоків, що перетинають, знижує небезпека травматизму.

### 4.4.2 Опалення й вентиляція

Найважливіше значення для нормальної життєдіяльності людини має наявність чистого повітря необхідного хімічного складу й маючого оптимальну температуру, вологість і швидкість руху. Ці параметри регламентуються ДСТУ, НПАОП, БН1П, СН «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги. Повітря робочої зони» й «Санітарні норми проектування промислових підприємств».

На підтримку цих параметрів відповідно до нормативних документів спрямовані заходи щодо опалення, і вентиляції .

Опалення основних виробничих приміщень передбачається парою з температурою $120^0$С і повітряне, сполучене із припливною вентиляцією. Приплив здійснюється великими установками, розташованих групами. У місцях, де умови формування струменя дозволяють створити необхідні температурні умови й рухливість повітря в робочій зоні й у місць можливих пило виділень (0,15-0,3м/с), застосовують струминну подачу повітря. У приміщеннях

невеликої висоти з більшою кількістю встаткування, роздача повітря здійснюється повітророзподільними насадками безпосередньо в робочу зону.

Виходячи з категорій виконуваних робіт їх важкості і характеристики виробничих приміщень по надлишкам явного тепла, з урахуванням періодів року (теплий, холодний), установлюють параметри повітряного середовища для робочої зони  пічного і розливного відділення.

Більша швидкість руху повітря в теплий період року відповідає максимальній температурі повітря, менша - мінімальній температурі повітря. Природна вентиляція здійснюється за допомогою аерації - організованого регульованого природного повітрообміну.

## 4.5 Техногенна безпека

### 4.5.1 Засоби пожежної безпеки

Цех  по пожежонебезпеці має категорію Г(негорючі речовини в гарячому стані). Адміністративна будівля цеху ставиться до III ступеня вогнестійкості (будівля з несучими конструкціями, що огороджені, із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плитових негорючих матеріалів) згідно ДБН 1.1.-7.2002.Інші приміщення цеху мають наступну категорію пожежної небезпеки: відділення трансформаторних камер-В, тобто пожежонебезпечні виробництва з горючими мастилами і їх парами; шихтове відділення, склад готової продукції- категорію Д, неспалимі матеріали в холодному стані. Межі вогнестійкості конструкцій:

- несучі й сходові клітки – 1год.;
- само несучі – 0,5год.;
- зовнішні несучі - 0,25год.;
- внутрішні несучі - 0,25 год.;
- колони - 1 год.;
- сходові площадки, щаблі, балки, марші сходових кліток -0,5год.;
- плити, настили й інші несучі конструкційні перекриття - 0,75 год..

До первинних засобів пожежогасіння в цеху відносять: вогнегасники ВП-10 (5 шт.), ВВ-2 (14 шт.), ВВП-1Д (8 шт.), пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири й ін.).Цех має внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами й рукавами.

На території цеху забороняється:

- закривати й захаращувати проїзди, під'їзди й підходи до будівлі, водопровідним і пожежним гідрантам;
- виключати окремі ділянки водогінної мережі, внутрішні пожежні крани, знижувати встановлений тиск у мережах;
- допускати до вогневих робіт осіб, що не пройшли інструктаж пожежного техмінімуму;
- користуватися водою з пожежних водойм і засобами пожежогасіння не по прямому призначенню;
- застосовувати відкритий вогонь при огляді встаткування й комунікацій.

### 4.5.2 Заходи, спрямовані на ліквідацію надзвичайних ситуацій

Під час експлуатації і ремонтних роботах в цеху можливі небезпечні ситуації.

У плавильному відділенні: підвищена загазованість, висока температура і значні теплові випромінювання .У шихтовому відділенні небезпеку представляють рухаючи частини стрічкових транспортерів і живильників .Для швидкої зупинки встановлено уздовж них аварійні вимикачі. Ремонтні роботи проходять при наявності працюючих рядом печей. План організації ремонту обов’язково включає заходи забезпечення безпеки ремонтних робіт і експлуатації печей. При обслуговуванні систем газовідводу працює не менше 2-х чоловік. При огляді і ремонту обладнання використовують біркову систему. Ключ-бірку має електроустаткування +плавильних печей, вантажні крани, приводи стрічкових конвеєрів та інше технологічне обладнання.

Оперативною частиною плану ліквідації аварій (ПЛА) і аварійних ситуацій (ПЛАС) повинні охоплювати всі види можливих аварій.

При залишенні ПЛА так само враховується порушення нормальних виробничих умов і режимів роботи, відключення електроенергії, припинення роботи вентиляції, вимикання освітлення, припинення подачі сировини, палива, газу, води, пара, порушення технологічного процесу або режиму робота агрегатів, апаратів, пилоочисного і газових установок , комунікацій, загоряння від газових розривів і вторинних напрямків блискавок, які можуть привести до аварії.

До аварійних ситуацій в феросплавному цеху можливо віднести: пожежі при виплесках рідкого сплаву, наявність горючого феросплавного газу і коксу в шихті, вибухонебезпечного пилу, розриви і пожежі на газопроводах . В одну позицію плану може включатися один або кілька виробничих місць, якщо заходи з порятунку людей з місць однакові. Допускають об'єднання в одну позицію можливих випадків вибуху і пожежі. При цьому для зазначених аварій необхідно передбачити окремі заходи.

Заходи з порятунку людей і ліквідації аварій повинні розроблятися з урахуванням взаємозв'язку з комунікацій і взаємного розташування виробництв, цехів, відділень, установок і інших об'єктів.

В оперативній частині ПЛА повинні бути передбачені:

а) заходи з порятунку людей і ліквідації аварій, конкретно по кожному передбаченому нагоди аварій;

б) особи, відповідальні за виконання передбачених заходів та контроль за виконавцями;

в) дії газорятувального підрозділи і пожежної частини в початковий момент з порятунку людей і ліквідації аварій;

г) місця знаходження коштів для і ліквідації аварій.

Розглянемо заходи, спрямовані на ліквідацію розриву газопроводу (табл.4.6).

Таблиця 4.6 - Заходи з ліквідації аварії при пошкодженні газопроводу в будівлі цеху

| Заходи з порятунку людей і ліквідації аварії | Особи відповідальні за виконання | Дії газорятувального підрозділи і пожежників | Місця знаходження засобів порятунку людей |
|---|---|---|---|
| 1. По гучному зв'язку попе-редити всіх про аварію, а при його пошкод-женні окриком | Газовщик або хто перший помітив аварію | Обстежити місце аварії і надати допомогу постраждалим | Газозахисна апаратура знаходиться в газовій будці |
| 2.Видалити усіх людей із загазованої зони | Начальник зміни, майстер печі і старший газівник | Майстер феросплавної печі зобов'язаний вивести людей з робочих місць за межи цеху | Відкрита територія біля цеху |
| 3.Виставіть попереджувальні знаки або людей для обмеження загазованої зони | Майстер, бригадир | Не допускати людей в небезпечну зону | Протигази на складі |
| 4.Визвати рятувальників, працівників медпункту і пожежну частину | Майстер печі | При необхідності надавати допомогу | Територія заводу |
| 5. Припинити транспортування продуктів плавки | Майстер печі, диспетчер цеху | Забезпечувати контроль | Феросплавна піч, розливне відділення |
| 6.Відключити газопостачання до печі | Старший газовик, газівник | Не допускати порушень | Територія цеху |
| 7.Повідомити про аварію начальника цеху або його заступників | Начальник зміни, майстер | Бути на зв'язку Брати до уваги розпорядження | Територія заводу |

## 4.6 Інженерний розрахунок природної вентиляції приміщення цеху

Для створення допустимого мікроклімату цеху ,особливо влітку, необхідно використання витяжної вентиляції : механічної або природної. Враховуючи наявність в цеху місцевої витяжки у місцях шкідливих викидів газу і пилу з використанням системи газоочищення, теплові викиди мають незначне забруднення. Виникає можливість більш ефективно використати природну

вентиляцію, що не потребує дорогих енерговитрат і обладнання. Природна вентиляція (аерація) це організований і регульований повітрообмін. Для аерації в цеху влаштовані три ряди отворів у поздовжніх стінах будівлі: перший ряд – на рівні 1м від підлоги, другий – 4,2м і третій – на рівні підкранових балок. Таке розміщення отворів дозволяє збільшити повітрообмін улітку, а взимку, закривши нижні прорізи, зменшити його й забезпечити за рахунок тепла приміщення підігрів холодного повітря перше, ніж воно дійде до робочих місць. На даху влаштований витяжний аераційний ліхтар з кутом відкриття стулок $80^0$. При розрахунку загального повітрообміну на теплий період року (як самого несприятливого для аерації) переважною шкідливістю в цеху є надлишки явної теплоти.

Кількість необхідного припливного повітря, м$^3$/год.:

$$L_{пр} = \frac{Q_я - C_в(t_{рз} - t_{пр})}{C_в(t_{ух} - t_{пр})} + L_{мо}, \qquad (4.5)$$

де $Q_л$ – надлишки явної теплоти в приміщенні цеху, кВт;

$L_{мо}$ – кількість повітря, що видаляє з робочої зони місцевю витяжкою, м$^3$/с;

$C_в$ – теплоємність повітря ($C_у$ = 1,005 кДж/( м$^3$ ·°С));

$t_{рз}$ – температура робочої зони, °С;

$t_{пр}$ – температура припливного повітря, °С (для теплого періоду дорівнює температурі зовнішнього повітря);

$t_{ух}$ – температура повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення, °С.

Температуру повітря, що видаляється, $t_{ух}$ визначаємо за формулою:

$$t_{ух} = \frac{t_{рз} - (1-m)t_{пр}}{m}, \qquad (4.6)$$

де m – коефіцієнт, обумовлений залежно від відношення площі, займаної тепловиділяючим устаткуванням до площі приміщення цеху (приймаємо рівним 0,6).

$$t_{ух} = \frac{t_{рз} - (1-m)t_{пр}}{m} = \frac{32 - (1-0,6)\cdot 20}{0,6} = 40\ ^{\circ}\text{C}$$

Надлишки явної теплоти в приміщенні цеху складаються з тепловиділень від рідкого феросплаву і шлаку, що виходить з печі та остигає на повітрі. Тепловиділення, кВт:

$$Q_1 = N_y \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \qquad (4.7)$$

де Ny – номінальна потужність устаткування, кВт;

$k_1$ ,$k_2$, $k_3$, $k_4$ – відповідно, коефіцієнти використання настановної потужності (0,7–0,9); завантаження устаткування (0,9); одночасності роботи встаткування (1,0); переходу тепла в приміщення (0,1–0,7).

$$Q_1 = 2500 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,5 = 900 \text{ кВт}$$

Тепловиділення від металу, що остигає, кВт:

$$Q_2 = \frac{G_м}{3600} \cdot C_м \cdot (t_н - t_к),$$

де $G_м$ – годинна продуктивність цеху, кг/год.;

См – теплоємність сплаву при середній температурі, кдж/кг,°С;

$t_п$ й $t_к$ – відповідно початкова й кінцева температура зливків, що остигають, °С.

$$Q_2 = 3500/3600 \cdot 0,425(1450–1200) = 103,3 \text{ кВт}$$

Кількість теплоти вступник у приміщення від сонячної радіації, кВт:

$$Q_3 = g_{ост} \cdot F_{ост} \cdot A_{ост} \cdot 10^{-3},$$

де $g_{ост}$ – величина радіації через 1м$^2$ заскленої поверхні (приймаємо рівної 83 Вт/м$^2$);

$F_{ост}$ – площа поверхні скла, м$^2$;

$A_{ост}$ – коефіцієнт, що залежить від характеристики скла (приймаємо рівним 0,8);

$$Q_3 = 83 \cdot 100 \cdot 0{,}8 \cdot 10^{-3} = 7 \text{ кВт}$$

Загальна кількість теплоти Q, кВт:

$$Q_\Sigma = 900 + 103{,}3 + 7 = 1010 \text{ кВт}$$

Кількість припливного повітря

$$L_{пр} = \frac{1010 - 1{,}005(32 - 22)}{1{,}005(40 - 22)} + 1{,}2 = 50{,}8 \text{ м}^3/\text{с}$$

Для оптимальної роботи на робочих місцях необхідно здійснювати приплив холодного повітря в розмірі 50,8 м$^3$/с .

Розрахунок площі припливних $F_{пр}$ і витяжних $F_{вит}$ прорізів приміщення цеху, м$^2$:

$$F_{пр} = G / \mu_1 \cdot \sqrt{2gh_{пр}\rho_{уд}(\rho_н - \rho_{уд})}\ , \qquad (4.8)$$

$$F_{вид} = G / \mu_2 \cdot \sqrt{2gh_{вып}\rho_{уд}(\rho_н - \rho_{уд})}\ , \qquad (4.9)$$

де $\mu_1$, $\mu_2$ – коефіцієнти втрат, які приймаються $\mu_1$=0,56; $\mu_2$=0,57.

$h_{пр}$, $h_в$ – відстань від нейтральної зони до центрів відносно припливних і витяжних прорізів, м:

$$h_{пр}=H_1 - h_в, \quad (4.10)$$

$$h_в = H_1/(0,64 \quad \rho_в/\rho_з+1), \quad (4.11)$$

$$h_в = 8/(0,64 \quad 1,33/1,34+1)=4,89 \text{ м},$$

де $H_1$ – відстань по вертикалі між центрами припливних і витяжних прорізів;

$\rho_в, \rho_з$ – щільність повітря, відповідно, що видаляється й поступає, кг/м$^3$;

$$\rho_в=1,293+3,7\cdot 10^{-3}\alpha_В, \quad (4.12)$$

де $\alpha_в$ – коефіцієнт, для теплого періоду року – 10, для холодного – 25;

$$\rho_з=1,293+3,7\cdot 10^{-3}\alpha_з \quad (4.13)$$

де $\alpha_н$ – коефіцієнт, для теплого періоду року – 13, для холодного – 28.

$\rho_{уд}=1,293+3,7\cdot 10^{-3}\cdot 10=1,33$, $\rho_н=1,293+3,7\cdot 10^{-3}\cdot 13=1,34$

$$h_{пр}=8-4,89=3,11 \text{ м}.$$

$$F_{пр}=50,8/0,56\cdot\sqrt{2\cdot 9,81\cdot 3,11\cdot 1,33\cdot(1,34-1,33)}=100 \text{ м}^2$$

Таким чином

$$F_{вид}=50,8/0,57\cdot\sqrt{2\cdot 9,81\cdot 4,89\cdot 1,33\cdot(1,34-1,33)}=89 \text{ м}^2.$$

Згідно розрахунків площа припливних отворів відрізняється від площі витяжних ліхтарів на 11%, що відповідає вимогам інженерних розрахунків природної вентиляції.

Враховуючи обставини, що тепле повітря підіймається догори різко погіршуються умови праці кранових машиністів. В зв’язку з цим пропонується використання додаткової механічної вентиляції на рівні розміщення мостових кранів ( креслення А1 в графічній частині дипломного проекту).

# Висновки

1. Ознайомлення з технологією і устаткуванням цеху гарячої прокатки тонкого листа показало, що "вузьким місцем" є конструкція укладальника штаби, лінії по виготовленню елементів упаковки гарячекатаного і холоднокатаного листа.
2. На підставі приведеного огляду й аналізу технічної та патентної літератури установлено, що для безперервної роботи лінії по виготовленню елементів упаковки в світовій практиці застосовуються конструкції укладальників двопозиційного типа.
3. Установка двопозиційного укладальника штаби підвищує продуктивність лінії по виробництву елементів упаковки на 35-40%, що дозволить забезпечити безперервну роботу трьох пакувальних конвеєрів.
4. Виконані розрахунки найбільш навантажених вузлів і деталей, вказують на досить високу працездатність і надійність устаткування лінії по виготовленню елементів упаковки.
5. Для забезпечення необхідних показників роботи лінії по виготовленню елементів упаковки слід враховувати вимоги до монтажу і експлуатації, які приведені в розділі 3.
6. Для поліпшення екологічного стану в цеху необхідно виконувати заходи, описані в розділі 7.
7. Результати роботи можуть бути використані не лише в цеху гарячої прокатки ВАТ «Запоріжсталь», але і на інших підприємствах чорної і кольорової металургії, де є прокатне виробництво.

# Список використаної літератури


1. PJSC “Zaporizhstal”. ПАТ «Запоріжсталь». URL: https://zaporizhstal.com/uk-ua/ / (дата звернення: 16.04.2025).
2. Hirase M. On the manufacturing of Silicon Steel Sheets at the Imperial Steel Works. *Tetsu-to-Hagane*. 1928. Vol. 14, no. 1. P. 101–128. URL: https://doi.org/10.2355/tetsutohagane1915.14.1_101 (date of access: 20.04.2025).
3. Madias J. Electric Arc Furnace. *Ironmaking and Steelmaking Processes*. Cham, 2016. P. 267–281. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-39529-6_16 (date of access: 18.04.2025).
4. Synchronized Scheduling Method in Manufacturing Steel Sheets / R. Tamura et al. *International Transactions in Operational Research*. 1998. Vol. 5, no. 3. P. 189–199. URL: https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.1998.tb00114.x (date of access: 20.04.2025).
5. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
6. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
7. Розрахунки вантажопідйомних та транспортуючих машин / Ф. К. Іванченко та ін. К. : Вища шк., 1978. 576 с.
8. Погорєлов С. В., Ведмідь Ю. П. Підйомно-транспортні машини: лаб. практикум. Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 48 с.
9. Іванченко Ф. К. Конструкція та розрахунок підйомно-транспортних машин. К. : Вища шк., 1988. 424 с.
10. Проценко О.М. Методичні вказівки до розрахунку силових і кінематичних параметрів приводів у курсовому проектуванні. Суми: Сумський державний університет, 2011. 72 с.

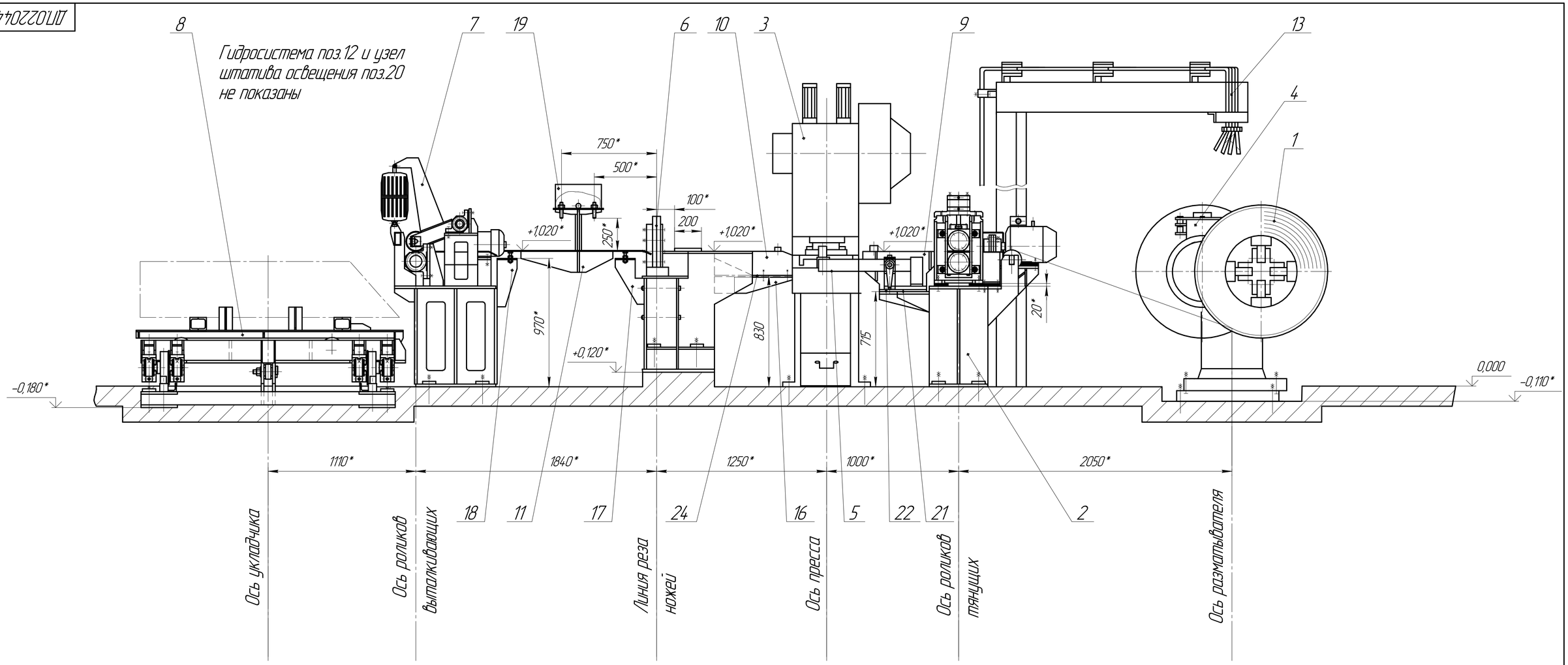
11. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.
12. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
13. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 288 с.
14. 11. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 236 с.
15. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : Підручник. – 4-е вид.,перероб. І доп. – Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. – 379 с.
16. Ковтун Р.М. Складання металоконструкцій: підручник. Київ: Вища освіта, 2006. 560 с. ISBN: 966-8081-59-5
17. Вискребенцев Е.П. Допуски та посадки гладких циліндричних з'єднань у завданнях та прикладах: навч. посіб. Алчевськ: Дон ДТУ, 2005. 214 с. ISBN 966-310-070-2
18. Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
19. 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.
20. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
21. 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.

22. Правила улаштування електроустановок. URL: https://mev.gov.ua/storinka/pravyla–ulashtuvannya–elektroustanovok (дата звернення: 03.10.2023).
23. ДБН В.1.1–7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1–7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об’єктів%20будівни.pdf.
24. Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.
25. 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.

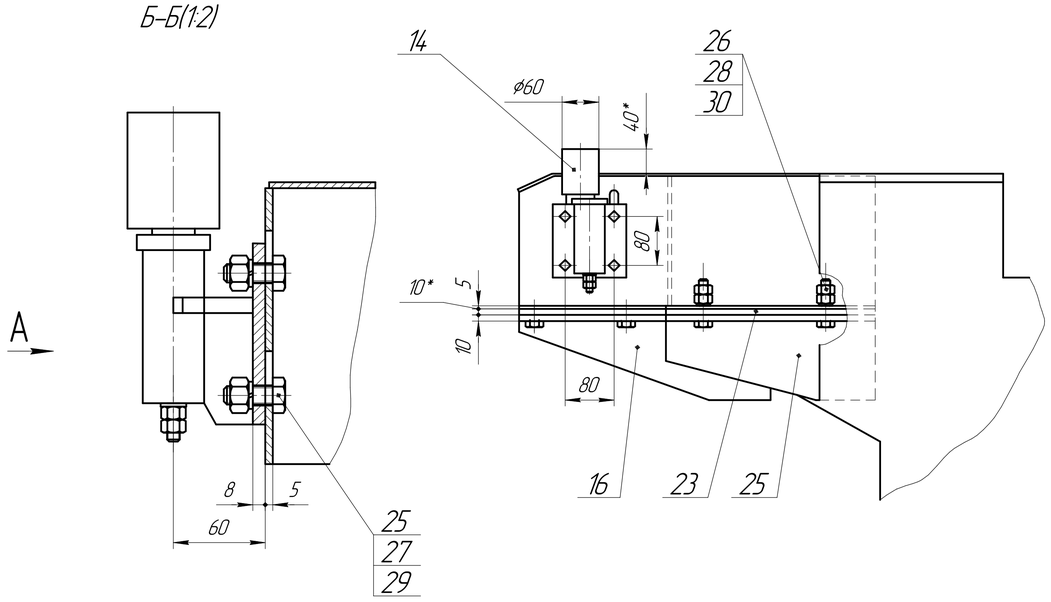
# ДОДАТКИ

ДП.022044.000 ВЗ




А(1:5)

Б–Б(1:2)




### Технические требования

1.Проектом передбачено використання існуючих у цеху коробів для укладання елементів упаковки з вихідним розміром передньої опори від носка короба, рівним 400 мм. Вага короба з розміщенням передньої опори на відстані 400 мм від носіння, що дозволить однозначно позиціонувати короби на платформах.

2.За відмітку ±0,00 прийняти рівень підлоги цеху, абсолютна відмітка якого дорівнює 98,520 м.

3.Наведені нижче операції виконати після встановлення обладнання на штатні місця.

4.Опори поз.15 і поз.16 варити після збирання їх з проводковим столом поз.10.

5.Опори поз.17 і поз.18 варити після збирання їх із проводковим столом поз.11.

6.Проведення поз.21 варити до ножиць поз.6. Зварювання ручне електродугове. Катет шва К = 5 мм.

7. * Розміри виконавчі, решта – для довідок.

### Техническая характеристика

| | |
|---|---|
| 1. Діаметр рулону зовнішній, мм, max | 1000 |
| 2. Діаметр рулону внутрішній, мм, max | 600 |
| min | 500 |
| 3. Маса рулону, кг, max | 3000 |
| 4. Ширина смуги, мм, max | 370 |
| min | 270 |
| 5. Товщина смуги, мм 0,5 | |
| 6. Довжина елемента упаковки, мм, max | 2500 |
| min | 2000 |
| 7. Час виробництва однієї лінії при середній довжині L=2250 мм, сек | 8,3 |
| 8. Швидкість подачі роликів, що тягнуть, м/сек. | 0,4 |
| 9. Швидкість подачі роликів, що виштовхують, м/сек. | 0,55 |

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | ДП.022044.000 ВЗ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Зінченко | | | Механизированна лінія по виготовленню элементів упаковки пачок листів | Лит. | Масса | Масштаб |
| Пров. | | Шейко | | | | | 11352 | 1:15 |
| Т.контр. | | Шейко | | | | Лист | Листов 1 | |
| Нконтр. | | Васильченко | | | | МОНУ, ЗНУ, ІННІ ім. Ю.М. Потебні, гр. 6.1332-с | | |
| Утв. | | Власов | | | | | | |

Копировал

Формат А1

Перед. примен.

Справ. №

Подп. и дата

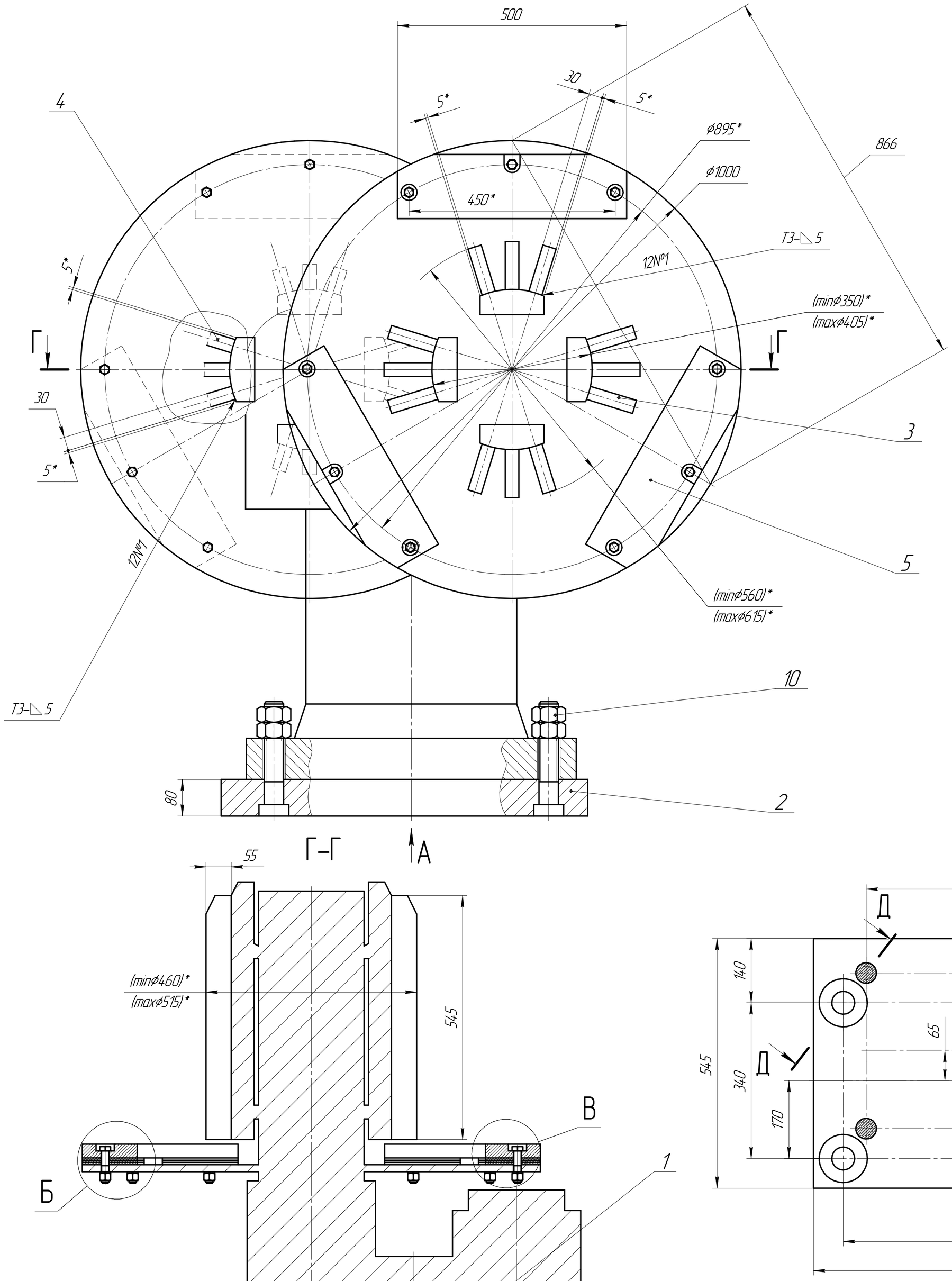
Инв. № дубл.

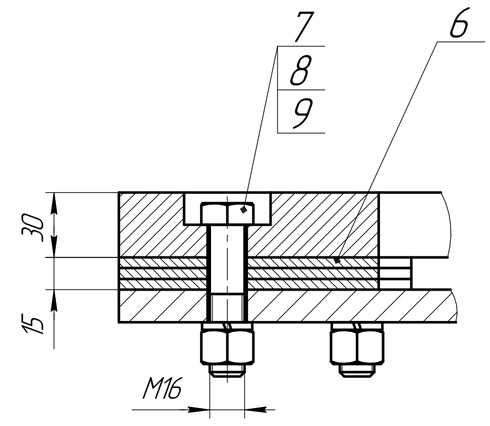
Взам. инв. №

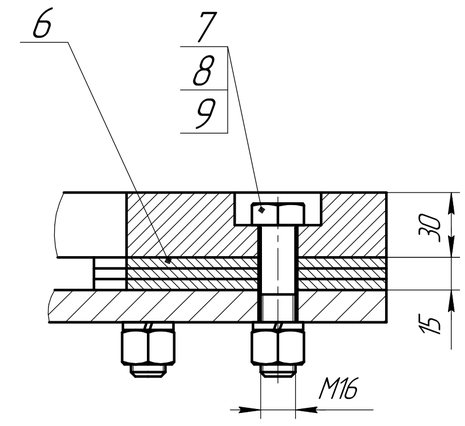
Подп. и дата

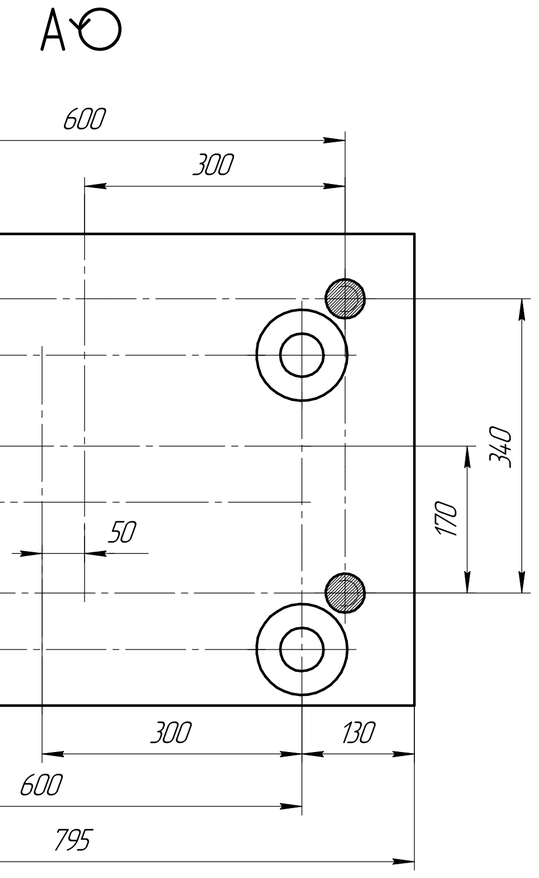
Инв. № подл.

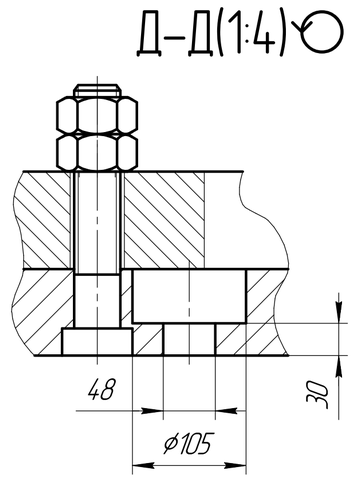
ДП.022044.100 СК




1. Перед установкою болтів, гайок, шайб поз. 7, 8, 9 виконати отвори в дисках розмотувача (див. вид В).
2. Підкреслені розміри взяті з натури.
3. $\pm\frac{IT14}{2}$.
4. *Розміри виконавчі, інші – для довідок.

| Изм. | Лист. | № докум. | Подп. | Дата | ДП.022044.100 СК | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Зінченко | | | Розмотувач | Лит. | Масса | Масштаб |
| Пров. | | Шейко | | | | | 2618 | 1:10 |
| Т.контр. | | Шейко | | | | Лист | Листов 1 | |
| Н.контр. | | Васильченко | | | | МОНУ, ЗНУ, ІННІ ім. Ю.М. Потебні, гр. 6.1332-с | | |
| Утв. | | Власов | | | | | | |

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Копировал

Формат А1

ДП.022044.200 СК

2
440*
100
130
2×45°
4 фаски
35H11
11
Ra 12,5
Ra 12,5
70*
72
153
162
14
15
20*
10
10*
90
270
6
755
715
20*
380*
16
1
ø38*
20*
20*
ø50*

4
ø18
4 отв.
ø 1,0 M
Ra 12,5
ø12
4 отв.
ø 1,0 M
Ra 12,5
230
115
140
ось привода
190
95
108
216
8
220*
220
70
377,5
ø 1,0 M
ø21
Ra 12,5
4 отв.
ось клети
505
9
7
ø 1,0 M
ø17
Ra 12,5
4 отв.
50
100
375*
300
6
20*
12
13
110*
170
210
105
120*
340
ось агрегата
300
105
265
530
350
175
795
175
150
397,5
535
353*
135*
14,3
10
120
50
6
20*
10
ø13
4 отв.
ø 1,0 M
Ra 12,5
150
100
ø 1,0 M
ø17
Ra 12,5
4 отв.
ø 1,0 M
ø21
Ra 12,5
4 отв.
вісь ролика опорного
400
5

1.Конструкція зварена. Варити по контуру примикання деталей, що зварюються, ручним електродуговим зварюванням суцільним безперервним швом.
2.Накладки поз.16 варити при монтажі роликів, що тягнуть.
3.Шорсткість поверхонь різання деталей Б4 Ra50.
4.H14, ±.
5. *Розміри довідок.

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Зінченко | | |
| Пров. | | Шейко | | |
| Т.контр. | | Шейко | | |
| Н.контр. | | Васильченко | | |
| Утв. | | Власов | | |

ДП.022044.200 СК

Рама

| Лит. | Масса | Масштаб |
|---|---|---|
| | 650 | 1:4 |
| Лист | Листов 1 | |

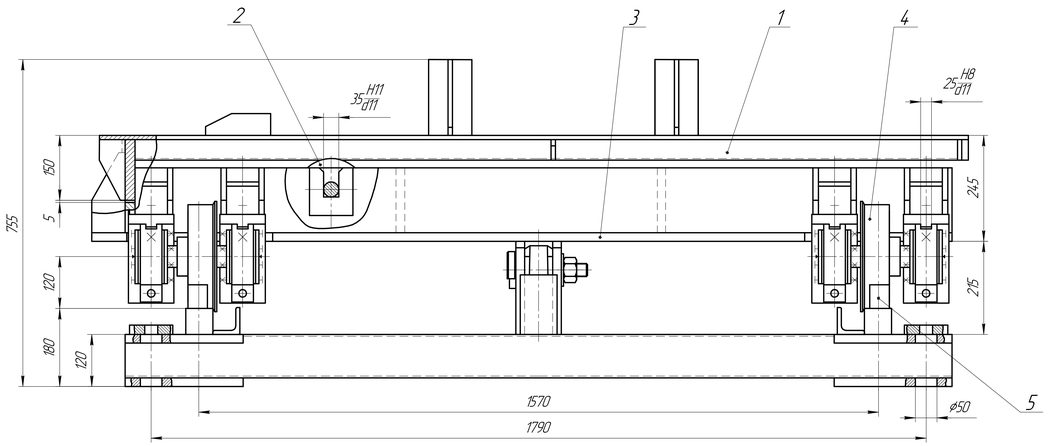
МОНУ, ЗНУ,
ІННІ ім. Ю.М. Потебні,
гр. 6.1332-с

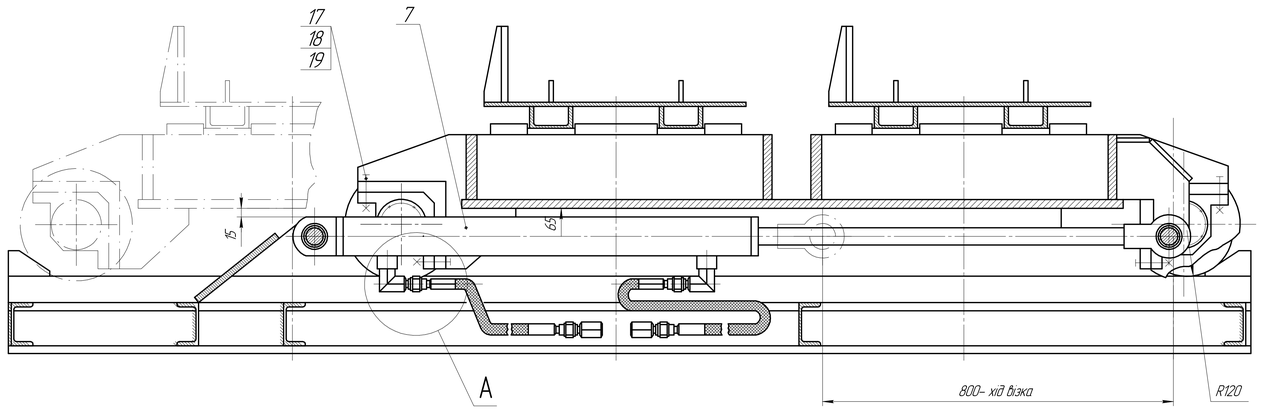
Копировал

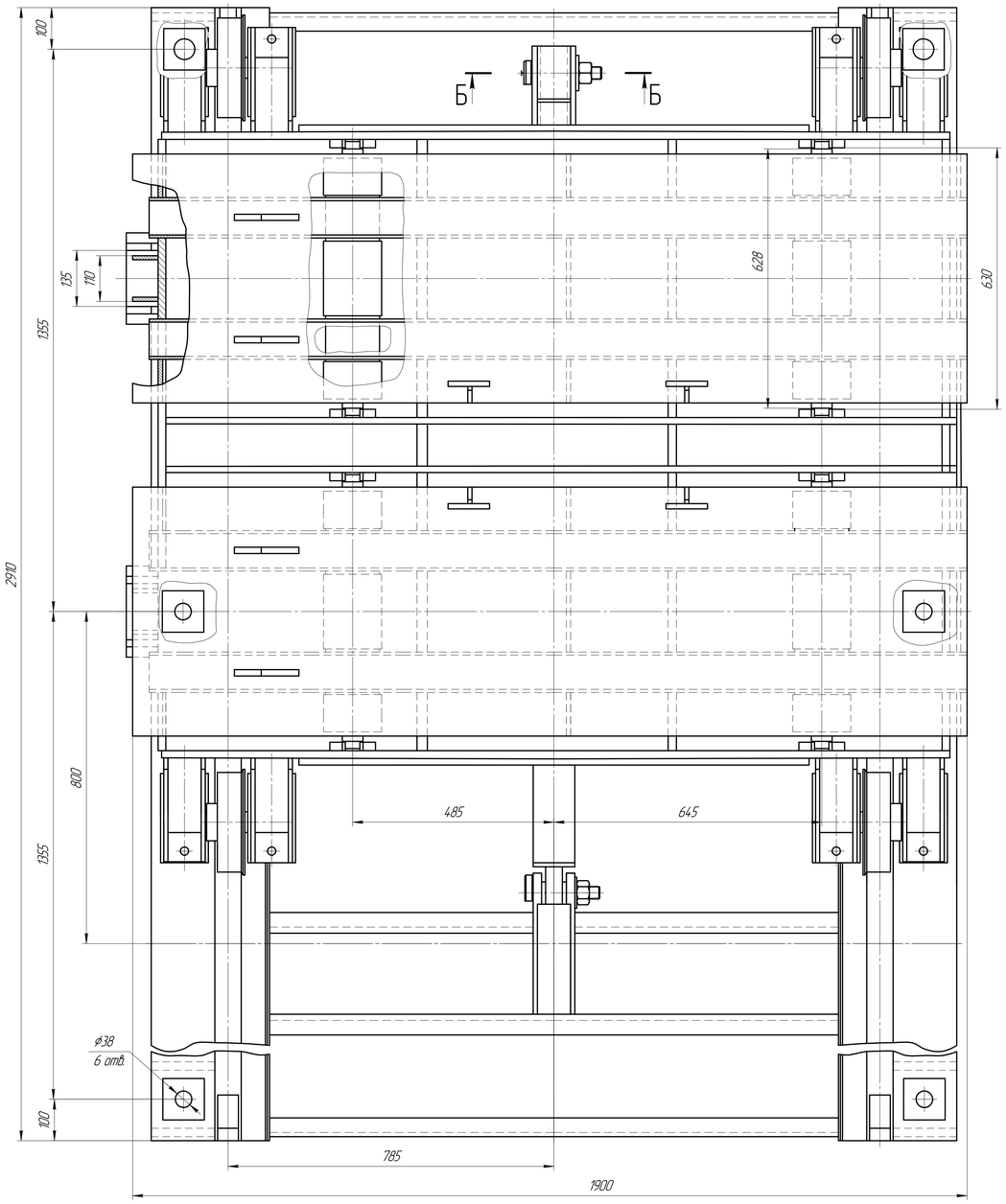
Формат А1

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

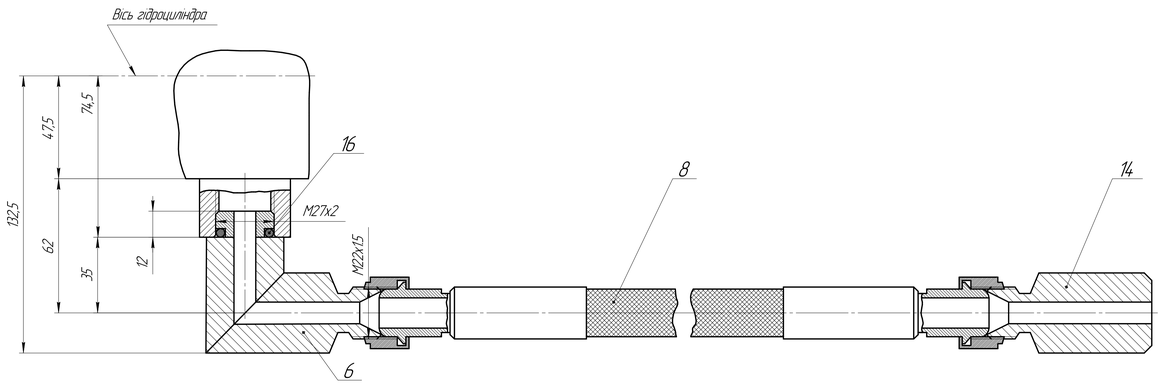
ДП.022044.500 СК



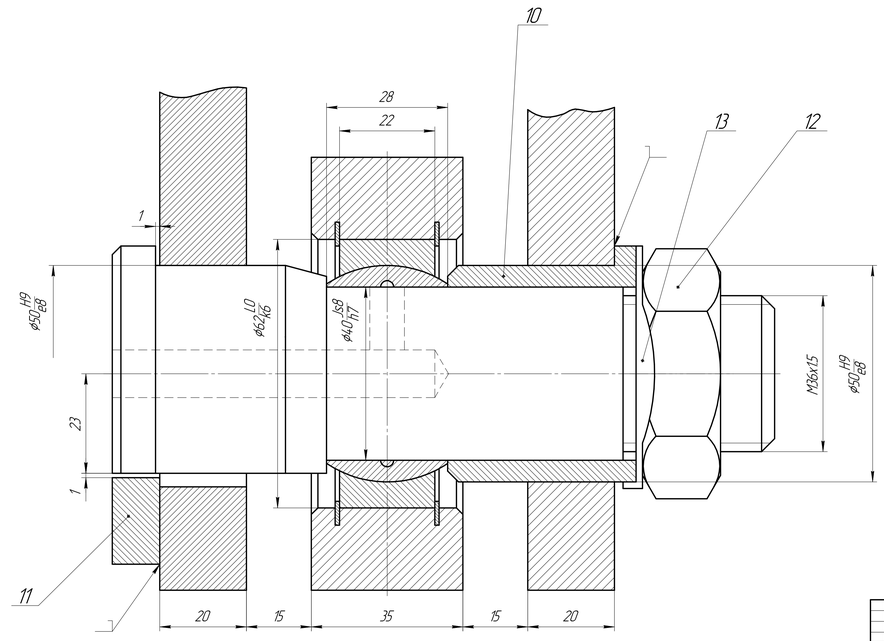




А (1:1)




Б–Б(2:1)




Технічна характеристика

1. Вантажопідйомність візка P=6000 кг.
2. привід візка: гідроциліндр $D_п$=80мм, хід 800мм.
3. Робочий тиск = 20кг/см.

Технічні вимоги

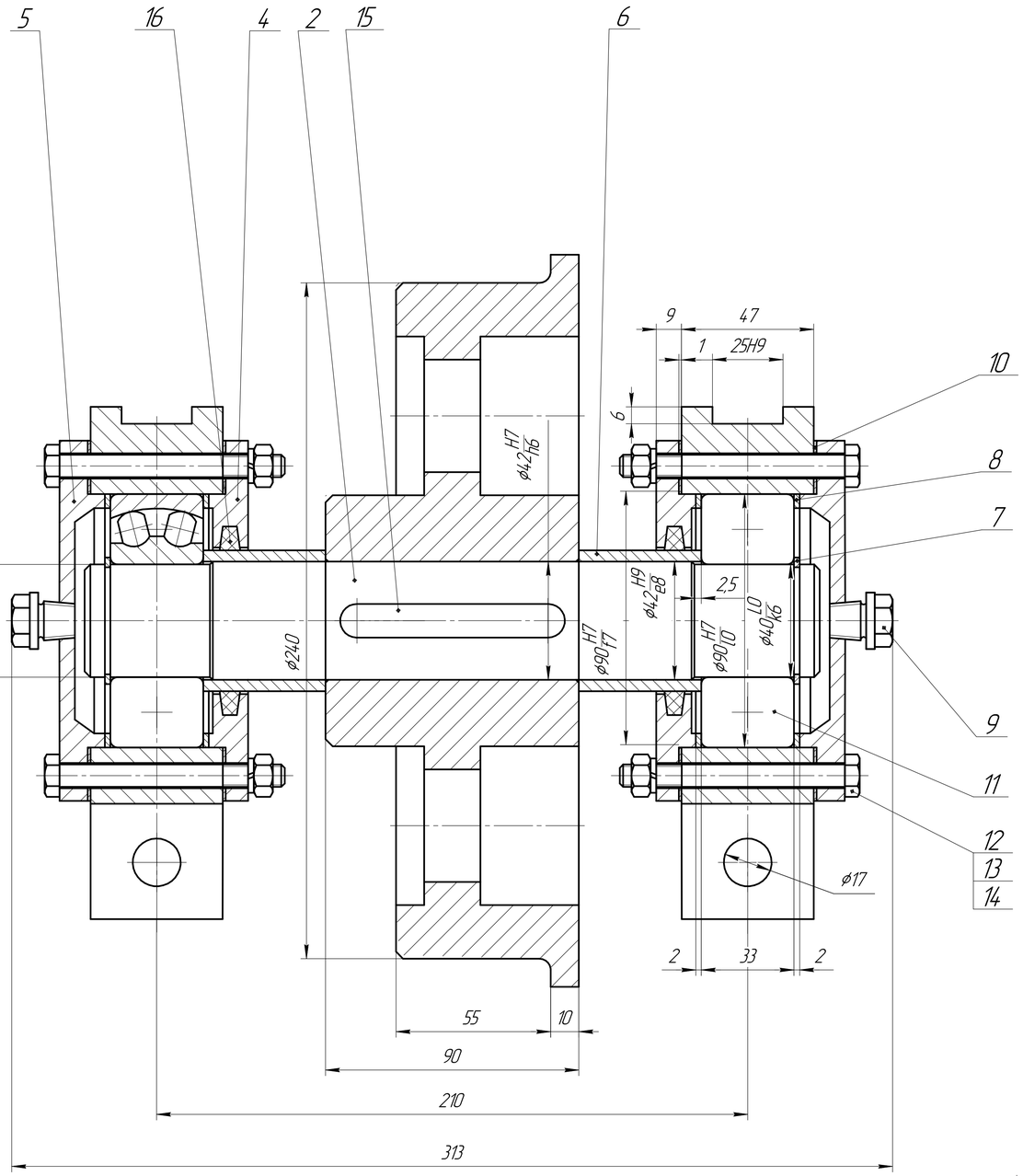
1. Тупики приварити до рейок після установки візка в проектне положення
2. Розмри для довідок
3. Грунтовка ПФ–020 ДСТУ 19186–72
   Емаль зелена ПФ–115 ДСТУ 6465–76

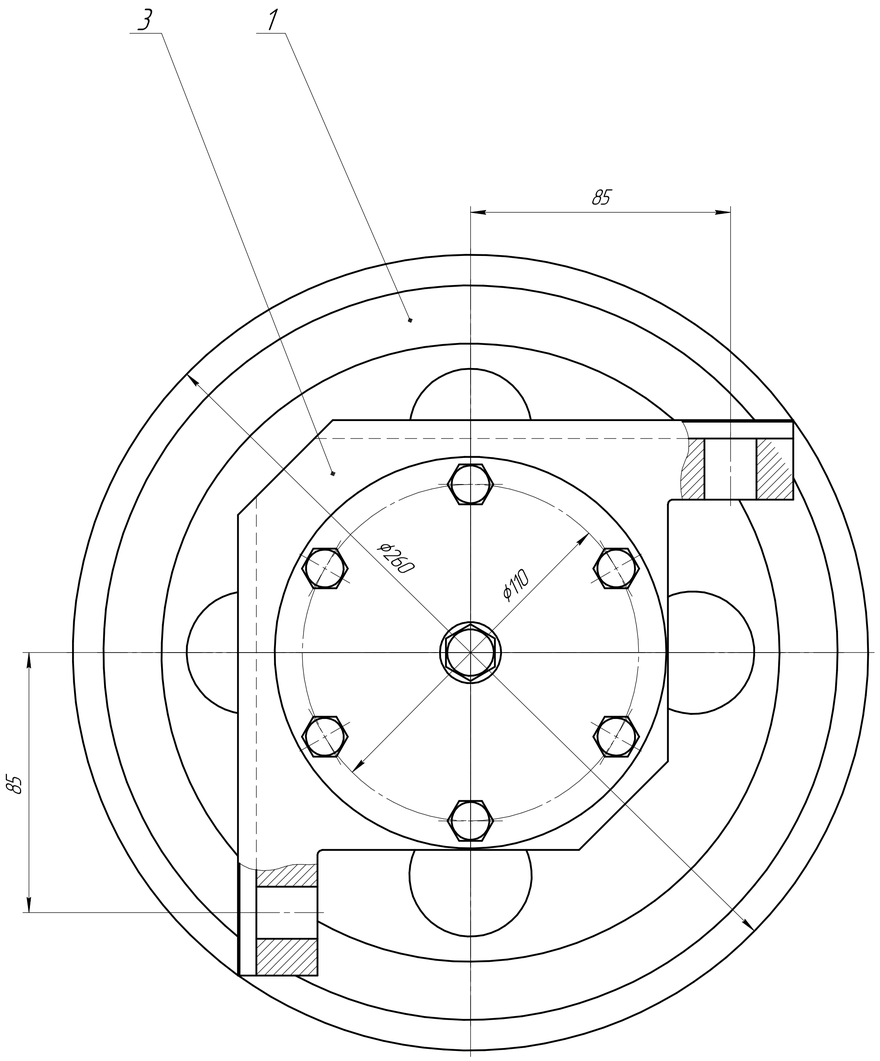
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | ДП.022044.500 СК | |
| Змн. | Лист | № докум. | Підп. | Дата | | | |
| Розроб. | | Зінченко | | | Укладальник | Літ. | Маса | Масштаб |
| Пров. | | Шевко | | | | | 2170 | 1:5 |
| Т.контр. | | Шевко | | | | Лист | Листів 1 |
| Н.контр. | | Васильченко | | | | МІНІ ЗНІ, ІІНІ ім. ІІМ. Патона, гр. 6.1332-с | |
| Затв. | | Власов | | | | | |

Копіював | Формат А0

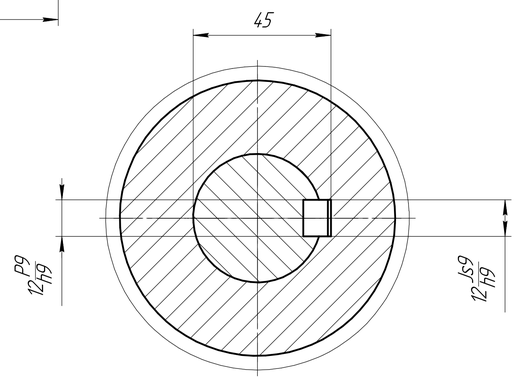
Інв.№ подл. | Підп. і дата | Взам. інв.№ | Інв.№ дубл. | Підп. і дата | Перед. примен. | Справ.№

ДП.022044.540 СК




А–А




Розміри для довідок.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ДП.022044.540 СК | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Колесо ходове | Лит. | Масса 22,5 / Масштаб 1:1 |
| Разраб. | | Зінченко | | | | Лист | Листов 1 |
| Пров. | | Шейко | | | | МОНУ, ЗНУ, ІННІ ім. Ю.М. Потебні, гр. 6.1332-с | |
| Т.контр. | | Шейко | | | | | |
| Н.контр. | | Васильченко | | | | | |
| Утв. | | Власов | | | | | |

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.