

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»
ПРОЕКТУВАННЯ РОЛИКОВОГО КОНВЕЄРА
ДО АГРЕГАТНОГО ВЕРСТАТА**

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Металообробне обладнання та
роботизовані виробничі системи»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

Групи: ІМ(МОРВС)-42

Найдюк Артур Володимирович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Полінкевич Роман Миколайович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Придальний Борис Іванович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

АНОТАЦІЯ

Найдюк А.В. Проектування роликового конвеєра до агрегатного верстата.

Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Металообробне обладнання та виробничі роботизовані системи» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

В даній випускній роботі на тему: “Проектування роликового конвеєра до агрегатного верстата” зроблено літературний огляд, в якому наведені загальні відомості про роликові конвеєри.

Проведено аналіз технічного завдання на проектування. Зроблена розробка компоувальної схеми рольганга, розрахунок і проектування роликових елементів, розрахунок робочих параметрів гідроциліндра та гідравлічного приводу.

Виконаний розділ з охорони праці. Обґрунтування актуальності вирішення питань охорони праці.

Ключові слова: рольганг, ролик, гідропривід, гідроциліндр, насос.

ANNOTATION

Naydyuk A.V. Design of a roller conveyor for an aggregate machine. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP "Metalworking equipment and production robotic systems" specialty 131 Applied mechanics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

Bachelor's qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions and proposals, a list of sources used, appendices.

In this graduation work on the topic: "Design of a roller conveyor for an aggregate machine" a literature review is made, which provides general information about roller conveyors.

An analysis of the technical task for the design is carried out. The layout scheme of the roller conveyor has been developed, calculation and design of roller elements, calculation of the operating parameters of the hydraulic cylinder and hydraulic drive have been made.

A section on labor protection has been completed. Justification of the relevance of solving labor protection issues.

Keywords: roller conveyor, roller, hydraulic drive, hydraulic cylinder, pump.

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: «Металообробне обладнання та
роботизовані виробничі системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Редько Р.Г.

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Найдюку Артуру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Проектування роликового конвеєра до агрегатного верстата

Керівник роботи: Полінкевич Роман Миколайович, .к.т.н., доцент кафедри ПМіМ

затверджені наказом вищого навчального закладу від «31» грудня 2024 р. № 910/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «03» _____ 06 _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Паспорти верстатів. Відгуки підприємств. Відгуки працівників підприємств. Звіт по переддипломній практиці. Технічна документація по роликових транспортерах. Початкові дані для розрахунку.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

Аналіз області використання відомих конструкцій та призначення аналогів. Розробка компонувальної схеми рольганга. Розрахунок і проектування роликових елементів. Розрахунок робочих параметрів гідроциліндра та гідравлічного приводу. Охорона праці. Висновки по випускній роботі

5. Перелік графічного матеріалу:

Рольганг 1л- ф.А1; Каретка 1л- ф.А1; Балка роликова 1л- ф.А1; Ролик 1л– А1. Установка кінцевого вимикача 1л– А1.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	8
1.1 Види рольгангів.....	8
1.2 Особливості конструкції.....	9
1.3 Застосування рольгангів.....	10
1.4 Переваги рольгангів.....	10
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	12
2.1 Аналіз технічного завдання на проектування.....	12
2.2 Розробка компоновальної схеми рольганга.....	13
2.3 Розрахунок і проектування роликів елементів.....	14
2.4 Розрахунок і проектування балок роликів.....	28
2.5 Конструювання шляхових вимикачів.....	32
2.6 Розрахунок робочих параметрів гідроциліндра.....	34
2.7 Розрахунок і вибір насоса гідравлічного приводу.....	37
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..	39
3.1 Санітарно-гігієнічні заходи на підприємстві.....	39
3.2 Виробниче освітлення.....	41
3.2.1 Розрахунок штучного освітлення.....	41
3.3 Протипожежна безпека.....	43
3.4 Охорона довкілля.....	44
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТКИ	

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Створення машин, що відповідають потребам народного господарства і промисловості, повинне передбачати їх найбільший економічний ефект і високі техніко-економічні та експлуатаційні показники.

Основні вимоги, що пред'являються до створюваної машини: висока продуктивність, надійність, технологічність, ремонтпридатність, мінімальні габарити та маса, зручність експлуатації, економічність.

Транспортуючі машини є невід'ємною частиною виробничого процесу сучасного підприємства. За принципом дії підйомно-транспортні машини розділяють на дві самостійні конструктивні групи: машини періодичної і безперервної дії. До перших відносяться вантажопідйомні крани усіх типів, ліфти, засоби підлогового транспорту (візки, навантажувачі, тягачі), підвісні рейкові і канатні дороги (періодичної дії), скрепери та інші подібні машини, а до других (їх також називають машинами безперервного транспорту і транспортуючими машинами) – конвеєри різних типів, пристрої пневматичного і гідравлічного транспорту і подібні до них транспортуючі машини.

Машини безперервної дії характеризуються безперервним переміщенням насипних або штучних вантажів по заданій трасі без зупинок для завантаження або розвантаження. Завдяки цьому машини безперервної дії мають високу продуктивність, що дуже важливо для сучасних підприємств з великими вантажопотоками.

В той же час, при експлуатації транспортуючих машин безперервної дії, окремі допоміжні операції (в основному завантаження) виконуються вручну або із застосуванням малоефективних універсальних завантажувальних пристроїв. Тому часто продуктивність конвеєрної лінії обмежена продуктивністю пристроїв завантаження/вивантаження.

Таким чином, існує потреба у впровадженні спеціалізованого рольганга, що дозволяє автоматично подавати виливки в робочу зону металорізального устаткування.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Рольганг є різновидом складського обладнання, яке використовується для перевезення різних вантажів. Він чимось нагадує звичний багатом стрічковий конвеєр, за одним винятком – стрічку успішно замінюють спеціальні ролики для рольгангів.

Назва пристрою прийшло з німецької мови і в перекладі означає «вантажоперевезення». Завдяки рольгангам, стало набагато зручніше і безпечніше переміщати різні важкі предмети на невеликі відстані. Перші рольганги з'явилися дуже давно і застосовувалися, в основному, в сільськогосподарській діяльності та на млинах. Набагато пізніше, в 19 столітті, вони стали активно використовуватися в різних галузях промисловості, переважно в машинобудуванні. Сьогодні ж вони необхідні практично всюди: тисячі виробників по всьому світу постійно використовують конвеєри для транспортування продукції.

Роликовий конвеєр – це різновид складського обладнання, яке використовується для транспортування різних вантажів. Він чимось схожий на знайомий багатом стрічковий конвеєр, але за одним винятком - стрічку успішно замінюють спеціальні ролики роликового конвеєра. Назва пристрою походить від німецького слова «вантажний транспорт». Завдяки роликовим конвеєрам транспортувати різні важкі предмети на невеликі відстані стало зручніше і безпечніше. Перші роликові конвеєри з'явилися давно і використовувалися в основному в сільському господарстві та на заводах. Значно пізніше, в 19 столітті, їх почали активно використовувати в різних галузях промисловості, в основному в машинобудуванні. Сьогодні конвеєрні стрічки потрібні майже всюди: тисячі виробників у всьому світі постійно використовують їх для транспортування своєї продукції.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Види рольгангів

Найпопулярнішими на сьогодні є такі типи конвеєрів:

- Рольганг приводний. Застосовується для автоматичного транспортування вантажів на складах. Відмінною рисою є оснащення приводом – пневматичним або електричним. Саме за рахунок продукції, що поставленої енергії гарантується безперервне перевезення продуктів різного призначення. Автоматичний (електронний) конвеєр може витримувати навантаження до 1,5 т, а в довжину становити до 100 м.
- Рольганг неприводний. Він буде трохи дешевше вищеописаного конвеєра, оскільки не оснащений приводом. Вантажі транспортуються за допомогою працівників підприємств.
- Поворотний. У сучасній промисловості вважається найзручнішим і популярним. Приводи рольгангів поворотного виду можуть бути пневматичними або електричними, а можуть бути відсутні зовсім. Найчастіше виробники вибирають приводні моделі.

1.1 Типи роликів конвеєрів Найпопулярнішими видами конвеєрних стрічок є: Роликовий конвеєр приводиться в рух. Використовується для автоматичного транспортування складських вантажів. Відмінною особливістю є те, що прилад оснащений приводом – пневматичним або електричним. Саме за рахунок забезпечення енергією забезпечується безперервне транспортування продукції різного призначення. Автоматичні (електронні) конвеєрні стрічки можуть обробляти вантажі до 1,5 тонн і доступні довжиною до 100 метрів. Роликовий конвеєр безлюдний. Оскільки він не поставляється з приводом, він буде трохи дешевшим, ніж конвеєрна стрічка, описана вище. Транспортування товару здійснюється за участю

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

співробітників компанії. Обертати. У сучасній промисловості він вважається найбільш зручним і популярним. Привід роторного роликового конвеєра може бути пневматичним або електричним, а може і зовсім бути відсутнім. Найчастіше модель накопичувача вибирає виробник.

- Гравітаційний. Він створений для транспортування вже упакованих вантажів і являє собою площину з перетягнутою, немов на гармошці, рамою, яка дозволяє регулювати довжину конвеєра і траєкторію руху вантажу матеріалу (як по горизонталі, так і по вертикалі).

Крім перерахованих видів, в промисловості широко використовуються і такі типи конвеєрів: конічний, з лінійкою, рольганг подаючий, розсувний рольганг і інші. Залежно від того, який саме прилад потрібно покупцеві, він зможе підібрати конвеєр рольганг за прийнятною вартістю і оптимальним показниками вантажопідйомності.

Крім того, існує й інший вид конвеєрів для стрічкопилкових верстатів. Рольганги для верстатів створюються з метою подачі заготовок на спеціальні верстати. Вони можуть мати різні технічні показники, однак ролики пристрою для стрічкової пилки завжди робляться з товстої сталеві труби, а обертання забезпечують підшипники. Для труб даного виду використовується спеціальна товстостінна сталь.

Гравітаційний. Призначений для транспортування упакованих вантажів, він являє собою плоску поверхню з рамою, що тягнеться як гармошка, що дозволяє регулювати довжину конвеєрної стрічки та траєкторію руху матеріалу (горизонтально та вертикально). Крім

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перерахованих типів, в промисловості широко використовуються наступні типи конвеєрів: конусоподібні, конусоподібні, роликові конвеєри, що подають, роликові конвеєри, що висуваються, і т. д. Залежно від типу обладнання, яке потрібно покупцеві, він зможе підібрати доступний роликовий конвеєр з оптимальною вантажопідйомністю. Крім того, існує ще один вид конвеєра для стрічкопильних верстатів. Роликові конвеєри верстатів виготовляють для подачі заготовок у спеціальні верстати. Вони можуть мати різні технічні характеристики, але ролики стрічкопильного агрегату завжди виготовляються з товстих сталевих труб, а обертання забезпечують підшипники. Даний вид труб виготовляється зі спеціальної товстостінної сталі.

1.2 Особливості конструкції

Відмінною рисою функціонування техніки є спеціальні ролики, завдяки яким вантажі легко ковзають по поверхні. Транспортні ролики міцно зафіксовані на міцній металевій конструкції і обертаються навколо своєї осі під час руху.

Візок рольганг застосовується тоді, коли необхідно регулярно пересування декількох вантажів на невеликі відстані, зазвичай до 20-30 метрів. Особливо актуальні такі прилади під час вивантаження і вантаження вантажних машин, а також при виробництві окремих елементів – металопрокату і інших. Від надійності конструкції рольгангів безпосередньо залежить цілісність речей, що перевозяться, тому право на виробництво таких приладів мають лише спеціальні заводи, що гарантують високу якість своєї продукції, виготовленої відповідно до стандартів ДСТУ.

1.2 Особливості конструкції Примітною особливістю роботи пристрою є

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціальні ролики, за допомогою яких вантаж легко ковзає по поверхні. Ролики конвеєра надійно закріплені на міцній металевій конструкції та під час руху обертаються навколо своєї осі. Роликові конвеєри використовуються, коли необхідно регулярно переміщувати кілька вантажів на короткі відстані (зазвичай до 20-30 метрів). Це обладнання особливо важливо під час розвантаження та завантаження вантажівок і при виготовленні окремих елементів (прокату та інших елементів). Цілісність вантажу, що транспортується, безпосередньо залежить від надійності конструкції роликового конвеєра, тому до виготовлення такого обладнання мають право лише спеціальні заводи, які гарантують високу якість своєї продукції відповідно до стандартів ДСТУ.

Роликовий рольганг може бути різних видів і розмірів. Серед усього асортименту продукції покупець зможе вибрати саме той конвеєр, який повністю влаштує його за всіма параметрами. Найбільш зручні розсувні конструкції, оскільки вони можуть розкладатися під потрібним для власника кутом, а також стіл з рольгангами, який дуже зручний для колод і інших важких вантажів.

1.3 Застосування рольгангів

Рольганги прокатного стану вважаються одними з найсучасніших і застосовуються для механізації процесів у багатьох сферах діяльності людини, серед яких особливо популярні такі:

- Машинобудування.
- Металургія. На підприємствах цієї галузі роликові конвеєри дуже затребувані для перевезення металевих виробів і заготовок до спеціальних машин (пил, ножиць і інше).
- Харчова промисловість.
- Різні галузі легкої і важкої промисловості.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Роликові конвеєри бувають різних типів і розмірів. З усього асортименту покупець зможе вибрати саме той конвеєр, який принесе йому повне задоволення в усіх відношеннях. Розсувні конструкції найбільш зручні, так як їх можна скласти відповідно до потреб власника, а також є столи з роликовими транспортерами, які дуже зручні для колод та інших важких предметів.

1.3 Застосування роликового конвеєра

Роликові столи прокатних станів вважаються одними з найсучасніших роликових столів і використовуються для механізації багатьох сфер людської діяльності, серед яких вони користуються особливою популярністю: демонструвати. металургія. Серед підприємств даного сектору значним попитом користуються роликові конвеєри для транспортування металевих виробів і заготовок до спеціалізованих машин (пили, ножиці тощо). Харчова промисловість. Усі галузі легкої та важкої промисловості.

І, звичайно, підймальний пристрій незамінний при вантажно-розвантажувальних роботах. Слід пам'ятати, що конвеєр призначений для перевезення виключно твердих (не рідких і не сипучих) вантажів: ящиків, дощок, плиток, металевих листів і іншого товару в тих випадках, коли стрічкові системи виявляються недієздатними.

1.4 Переваги рольгангів

У сучасного обладнання для транспортування вантажів існує чимало переваг. До них, в першу чергу, відносяться такі:

- Компактні розміри. Попри велику функціональність і можливість піднімати вантажі вагою до 1,5 т, рольганги не відрізняються великогабаритними розмірами. Це дає додаткову мобільність і зручність у використанні.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Економна ціна. Устаткування само по собі відрізняється дорогою вартістю, але придбати його можуть практично всі компанії, яким доводиться мати справу з перевезенням вантажів. Якщо розцінки нового обладнання все ж не по кишені покупцеві, завжди можна купити конвеєри б/у в хорошому стані.

- Можливість поєднання з іншим обладнанням.
- Широкий спектр вибору типів рольгангів.

Роликовий стіл рольганг стане прекрасним вибором для всіх, чия діяльність так чи інакше пов'язана з підйомом тягарів. Придбання одного рольганга допоможе заощадити на зарплаті для багатьох робітників, які б виконували його функцію.

Підймальний пристрій є незамінним під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт. Варто нагадати, що конвеєр призначений виключно для транспортування твердих вантажів: ящиків, дощок, плиток, металевих листів та іншої продукції. Це актуально в тих випадках, коли стрічкові системи неефективні. ****1.4 Переваги рольгангів**** Сучасні системи для транспортування вантажів мають численну кількість переваг, серед яких варто виділити основні: - ****Компактність****. Незважаючи на можливість переміщення вантажів вагою до 1,5 тонни, рольганги залишаються малогабаритними. Це забезпечує їхню мобільність та зручність у застосуванні. - ****Доступна вартість****. Хоч обладнання й може бути недешевим, воно залишається загальнодоступним для більшості компаній, які працюють із транспортуванням вантажів. У випадках, коли придбання нового обладнання є фінансово обтяжливим, можна звернути увагу на вживані конвеєри у хорошому стані. - ****Сумісність із іншим обладнанням.**** - ****Різноманітність моделей.**** Роликовий стіл рольганг стане чудовим вибором для підприємств, діяльність яких пов'язана з переміщенням важких вантажів. Придбання такого обладнання дозволить суттєво економити на витратах на оплату праці, автоматизуючи частину процесів і скорочуючи кількість необхідних робітників.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз технічного завдання на проектування

Згідно з технічним завданням хід каретки рольганга складає $S = 1,7$ м. В той же час, термін, закладений в технологічному процесі на зняття обробленого вилівка з верстата, складає 50 с.

Приймаємо час подачі вилівка в робочу зону верстата, рівним часу зняття обробленого вилівка ($t = 50$ с), тоді необхідна швидкість переміщення

$$V = \frac{S}{t} = \frac{1,7}{50} = 0,034 \text{ м/с} = 2,04 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо довговічність

$$[L_h] = 365 \cdot L \cdot 24 \cdot k_{год} \cdot k_{доб} = 365 \cdot 10 \cdot 24 \cdot 0,64 \cdot 0,3 = 16820 \text{ год.}$$

де $L = 10$ років – термін служби приводу (згідно з технічним завданням);

$k_{год} = 0,64$ – коефіцієнт річного використання;

$k_{доб} = 0,3$ – коефіцієнти добового використання.

На підприємствах для обробки відповідальних поверхонь великогабаритних вилівок використовується технологічна лінія, що включає металорізальне устаткування, різні транспортуючі пристрої і машини, сполучені магістральними конвеєрами. Оскільки планування виробничих приміщень не завжди дозволяє здійснити подачу заготовок безпосередньо з магістрального конвеєра в робочу зону верстата, то на додаток до загальноцехового конвеєрного транспорту в межах робочої зони верстатів встановлюють додаткові вантажопідйомні пристрої місцевого застосування.

Нині в якості таких додаткових пристроїв застосовуються мостові кран-балки. Використання даного устаткування пов'язане з необхідністю строповки вантажу, ретельного ручного вивіряння і установки вилівка на столі верстата.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усі маніпуляції із заготовкою робляться при вимкненому верстаті, і займає близько 10 хвилин (приблизно 20% від машинного часу).

У зв'язку зі збільшеним дефіцитом великогабаритного вагонного литва (надресорні та бічні балки візків, корпуси автозчеплення) перед підприємствами стоять завдання освоєння власного виробництва для потреб вагонної промисловості, а також для реалізації в інші регіони. Враховуючи прогнозований ріст попиту на литво, і як наслідок збільшення програми випуску, відсутність ефективних засобів механізації і автоматизації виробництва приведе до зриву виконання планів і зниження прибутку підприємства.

Згідно з технічними вимогами, хід каретки рольганга становить $S = 1,7$ м. У той же час, передбачений технологічним процесом час для зняття обробленого вилівка з верстата складає 50 с. Час подачі вилівка в робочу зону приймається рівним часу зняття готового виробу, тобто $t = 50$ с. Таким чином, визначається необхідна швидкість переміщення обладнання. Розрахункова довговічність приводу визначається за формулою: $[Lh] = 365 \cdot L \cdot 24 \cdot k_{год} \cdot k_{доб} = 365 \cdot 10 \cdot 24 \cdot 0,64 \cdot 0,3 = 16\ 820$ год. де: $L = 10$ років — передбачений строк служби приводу згідно з технічним завданням; $k_{год} = 0,64$ — коефіцієнт річного використання; $k_{доб} = 0,3$ — коефіцієнт добового використання. На підприємствах для обробки великих та відповідальних поверхонь вилівок використовується технологічна лінія, яка складається з металорізального устаткування, транспортуючих пристроїв та машин, що поєднані магістральними конвеєрами. Однак планування виробничих приміщень часто не дозволяє здійснювати подачу заготовок безпосередньо з конвеєра в робочу зону верстата. З цієї причини у межах робочих зон встановлюються додаткові вантажопідйомні пристрої локального застосування. Наразі як такі пристрої використовуються мостові кран-балки. Це обладнання потребує

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

проведення стропування вантажу, ручного вирівнювання й точного встановлення вилки на столі верстата. Всі ці маніпуляції виконуються при вимкненому станку й займають близько 10 хвилин, що еквівалентно приблизно 20% загального часу роботи машини. У зв'язку зі збільшенням дефіциту великогабаритного вагонного литва (зокрема, надресорних і бічних балок візків, корпусів автозчеплення), підприємства стикаються із завданням організації власного виробництва для забезпечення потреб вагонобудівної промисловості та реалізації продукції в інші регіони. З урахуванням прогнозованого зростання попиту на литво та збільшення обсягів випуску, відсутність сучасних засобів механізації та автоматизації процесів може призвести до зриву виробничих планів і зниження прибутковості підприємства.

2.2 Розробка компоувальної схеми рольганга

На рис. 2.1 представлена компоновка пропонованого рольганга.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

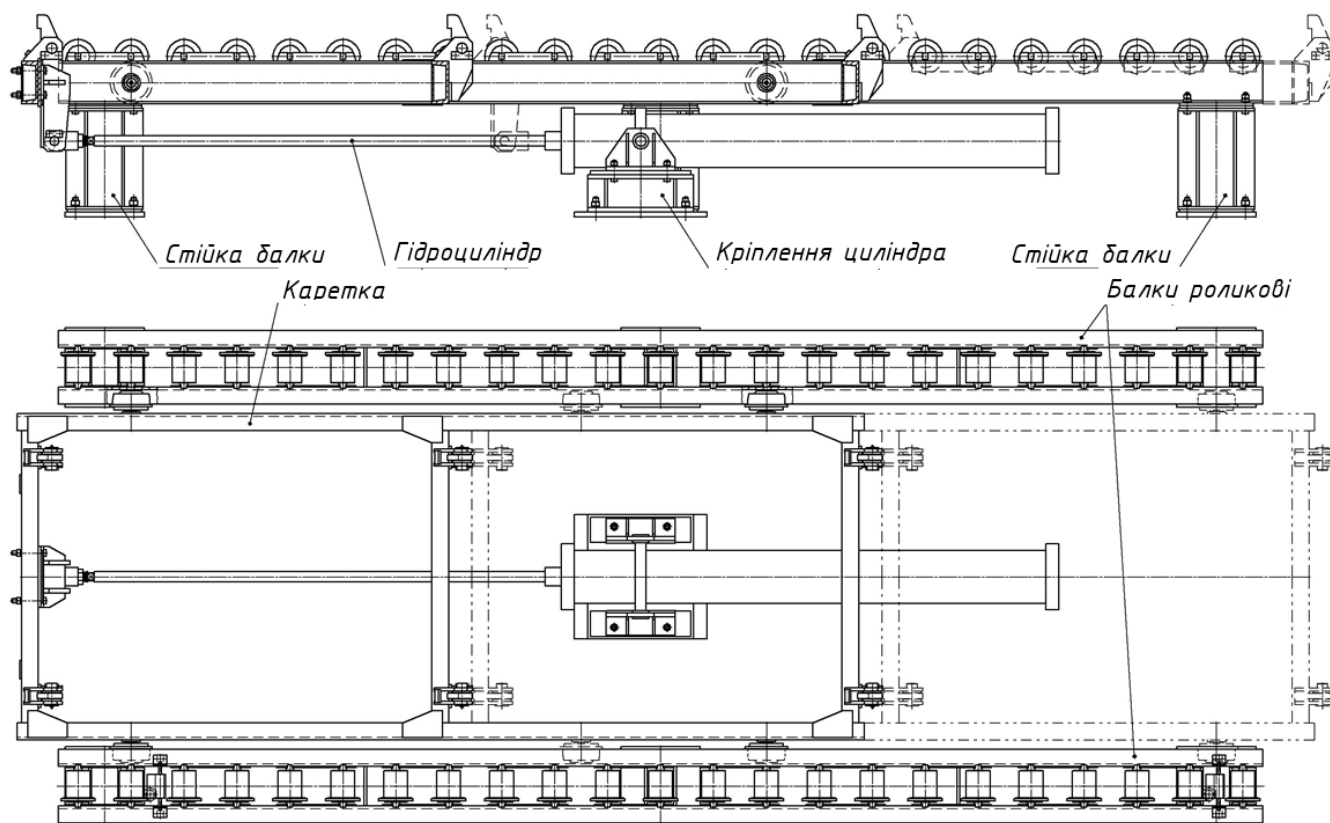


Рисунок 2.1 – Компоновка рольганга

Рольганг складається з двох роликів балок, жорстко закріплених на шести стійках на відстань 1580 мм один від одного (відстань визначається граничними габаритами виловка).

Між роликів балками на катках переміщається каретка, яка надає відливу поступальне переміщення від гідроциліндра.

Корпус гідроциліндра шарнірно закріплений на нерухомому кронштейні, шток циліндра приєднаний до каретки. Стійки балок і кронштейн гідроциліндра закріплюються на фундаменті.

2.3 Розрахунок і проектування роликів елементів

Ролики (рис. 2.2) потрібні для полегшення переміщення вантажу відносно нерухомої частини рольганга.

Поверхні катання є комбінацією циліндричної, торцевої та конічної поверхонь. Торцева поверхня перешкоджає сходу вантажу з рольганга, а

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

конічна поверхня забезпечує центрування вилівка при його установці на установці.

Рольганг складається з двох роликів, закріплених на шести стійках, розташованих на відстані 1580 мм одна від одної (відстань визначається габаритами вилівка). Між цими балками пересувається каретка на катках, яка забезпечує поступальний рух відливки за допомогою гідроциліндра. Гідроциліндр зафіксований шарнірно на стаціонарному кронштейні, тоді як його шток з'єднаний з кареткою. Стійки балок і кронштейн для гідроциліндра кріпляться на фундаменті. Розрахунок і проектування роликів елементів Ролики (рис. 2.2) необхідні для полегшення переміщення вантажу відносно нерухомих частин рольганга. Поверхні катання містять комбінацію циліндричної, торцевої та конічної форм. Торцева поверхня запобігає сходженню вантажу з рольганга, тоді як конічна поверхня сприяє центруванню вилівка під час його установки.

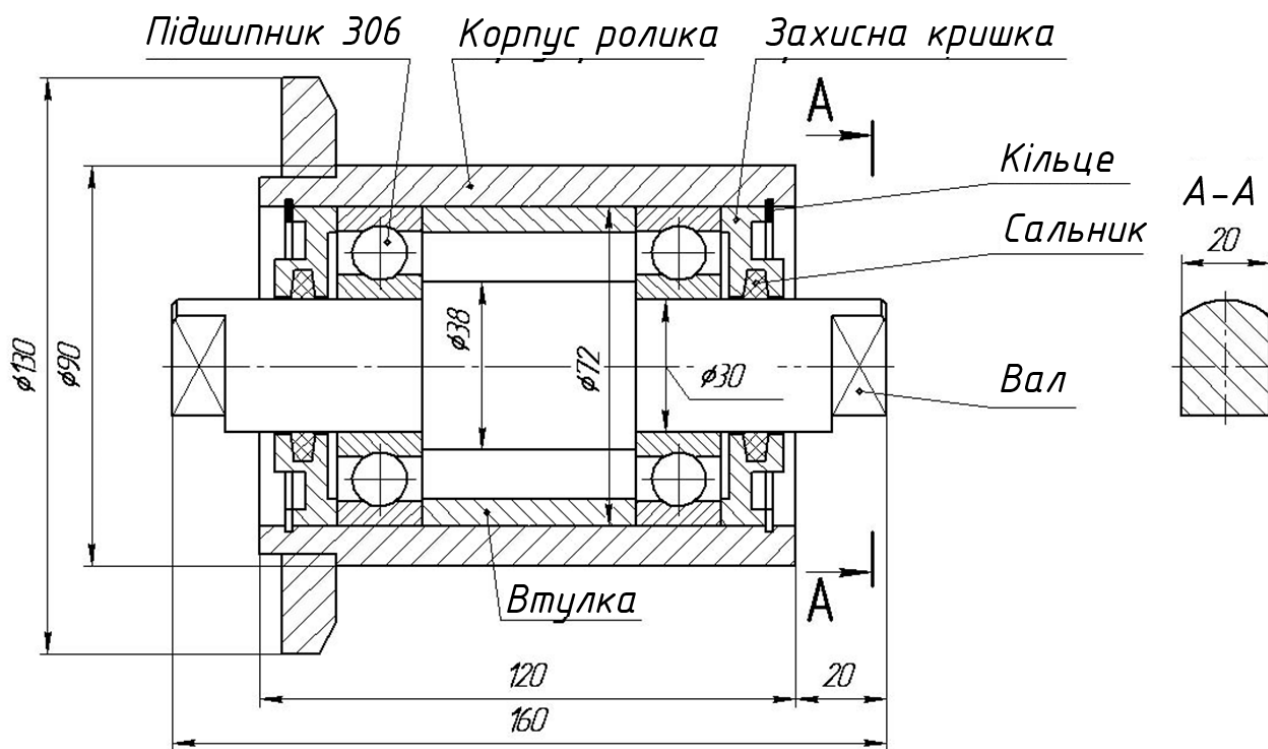


Рисунок 2.2 – Ролик

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Плавність ходу забезпечується за рахунок пари підшипників, запресованих в ролик. Внутрішнє кільце підшипника базується на валу, на вихідних кінцях якого є лиски, які фрезеруються, входять в пази роликових балок.

Фіксація кілець підшипника відносно ролика здійснюється за рахунок центральної втулки і двох торцевих кришок, які, у свою чергу, стопоряться розрізними кільцями.

Щоб всередину ролика не проникав пил, в торцевих кришках виконані канавки під сальники. Підшипникові порожнини необхідно заповнити густим мастилом при зборці ролика.

При експлуатації установки ролики сприймають вертикальне навантаження, рівне вазі вилівка, при цьому обертаючись відносно нерухомій осі. Критерієм якості проектування в даному випадку є достатня довговічність кулькових підшипників.

Визначимо вертикальне навантаження на ролик

$$F_r = (1 + k_d) \cdot \frac{Q}{n} = (1 + 0,25) \cdot \frac{10000}{3} \approx 4170 \text{ Н}$$

де $k_d = 0,25$ – коефіцієнт, що враховує динамічні навантаження при опусканні вилівка на рольганг;

$Q = 1000 \text{ кг} = 10000 \text{ Н}$ – найбільша вага вилівка;

$n = 3$ – мінімальна кількість роликів, що одночасно торкаються вилівка.

Залежно від габаритних розмірів вилівка можливі два розрахункові випадки її розміщення відносно роликів:

- вантаж, встановлений на рольгангу, торкається основної циліндричної поверхні катання роликів;
- вантаж торкається центральної конічної поверхні роликів.

Розглянемо розрахунковий випадок, коли вантаж торкається основної циліндричної поверхні катання ролика (рис. 2.3).

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Плавність роботи забезпечується за рахунок наявності двох підшипників, запресованих у ролик. Внутрішнє кільце підшипника фіксується на валу, кінці якого мають лиски, що фрезеруються та входять у пази балок роликів. Кріплення кільця підшипника до ролика здійснюється за допомогою центральної втулки й двох торцевих кришок, які додатково фіксуються розрізними кільцями. Щоб запобігти потраплянню пилу всередину ролика, на торцевих кришках створені спеціальні канавки для сальників. Під час складання ролика підшипникові порожнини необхідно наповнити густим мастилом. У процесі експлуатації установка потребує, щоб ролики витримували вертикальне навантаження, рівне вазі вилівка, при цьому обертаючись навколо стаціонарної осі. Основним показником якісного проектування вважається забезпечення достатньої довговічності кулькових підшипників. Визначимо вертикальне навантаження, яке припадає на один ролик: де $k_D = 0,25$ – коефіцієнт для врахування динамічних навантажень під час опускання вилівка на рольганг; $Q = 1000 \text{ кг} = 10000 \text{ Н}$ – максимальна вага вилівка; $n = 3$ – мінімальна кількість роликів, які одночасно контактують із вилівком. Залежно від габаритних характеристик вилівка можливі два варіанти його розташування відносно роликів: - вантаж контактує з основною циліндричною поверхнею катання роликів; - вантаж торкається конічної поверхні центрування роликів. Для розрахунків розглянемо випадок, коли вантаж опирається на основну циліндричну поверхню катання ролика (рис. 2.3).

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

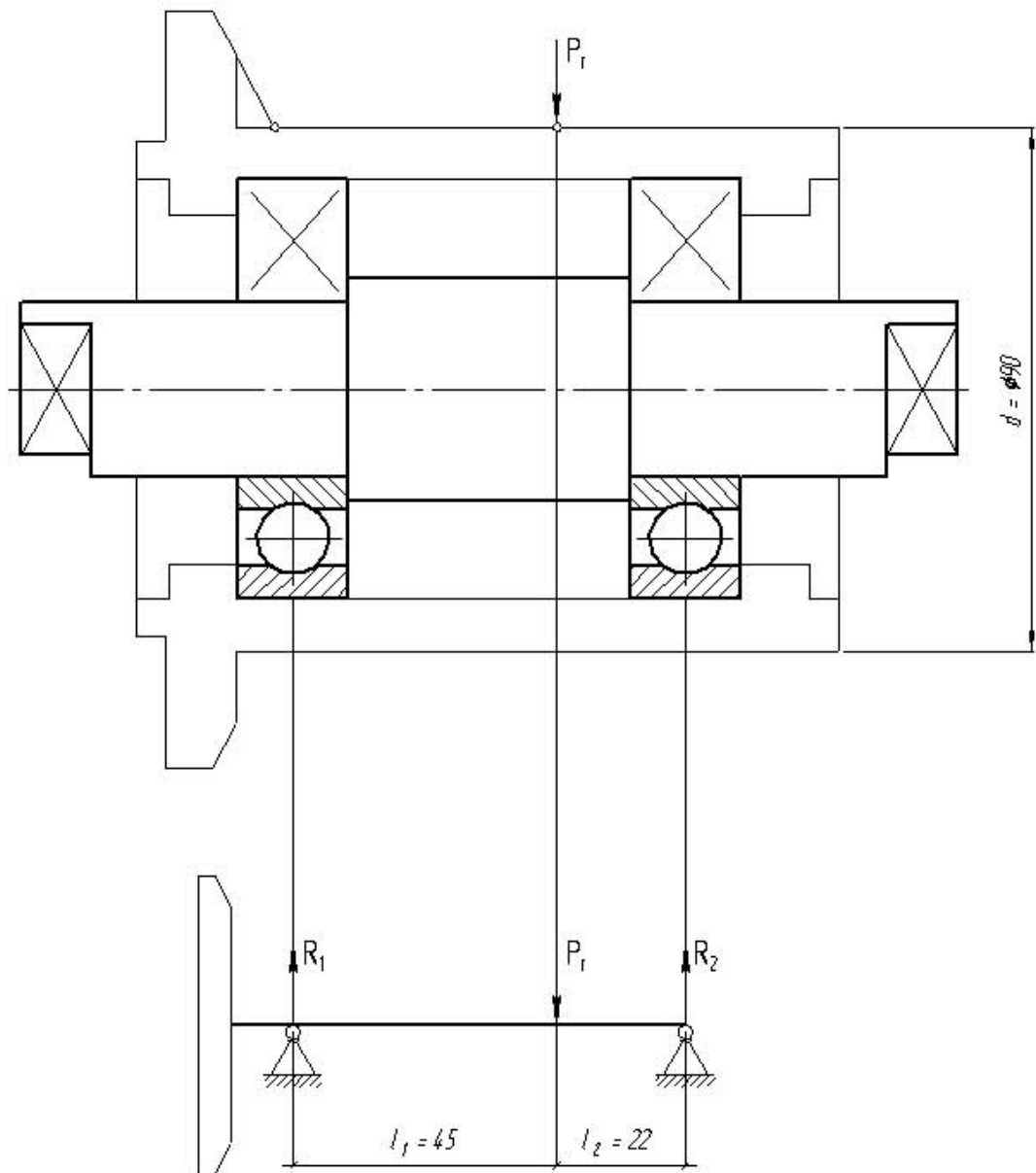


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема опор ролика
(перший розрахунковий випадок)

Визначаємо радіальне навантаження на ролик $P_r = 4170$ Н.

Визначаємо осьове навантаження на ролик $P_a = 0$ Н.

Складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_1

$$\sum M_2 = P_r \cdot l_2 - R_1 \cdot (l_1 + l_2) = 0.$$

Тоді

$$R_1 = \frac{P_r \cdot l_2}{l_1 + l_2} = \frac{4170 \cdot 22}{45 + 22} = 1369 \text{ Н.}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

23

Складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_2

$$\Sigma M_1 = R_2 \cdot (\ell_1 + \ell_2) - P_r \cdot \ell_1 = 0.$$

Тоді

$$R_2 = \frac{P_r \cdot \ell_1}{\ell_1 + \ell_2} = \frac{4170 \cdot 45}{45 + 22} = 2801 \text{ Н.}$$

Перевіряємо правильність визначення реакцій, склавши рівняння проєкцій сил на вертикальну вісь

$$R_1 + R_2 - P_r = 1369 + 2801 - 4170 = 0$$

Заздалегідь намічаємо радіальні кулькові підшипники середньої серії 306 ДСТУ 520:2014 і виписуємо його характеристики:

- внутрішній діаметр $d = 30$ мм;
- зовнішній діаметр $D = 72$ мм;
- ширина $b = 19$ мм;
- статична вантажопідйомність $C_0 = 14600$ Н;
- динамічна вантажопідйомність $C = 28100$ Н.

Підбираємо підшипники по більше навантаженій опорі 2.

Еквівалентне навантаження розраховується по формулі

$$P_E = (X \cdot V \cdot R_2 + Y \cdot P_a) \cdot K_\delta \cdot K_T = (1 \cdot 1,2 \cdot 2801 + 1 \cdot 0) \cdot 1 \cdot 1 \approx 3360 \text{ Н.}$$

де $X = 1$ – коефіцієнт радіального вантаження;

$V = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує характер навантаження кільця (обертається зовнішнє кільце);

$K_\delta = 1$ – коефіцієнт безвідмовності при спокійному навантаженні;

$K_T = 1$ – коефіцієнт, що враховує теплове розширення тіл кочення при температурі 50...100°C.

Перш ніж визначити ресурс підшипників, вичислимо частоту обертання ролика

$$n = \frac{V \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{0,034 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,09} = 7,2 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо розрахункову довговічність (ресурс)

$$L = \left(\frac{C}{P_E}\right)^3 \cdot 10^6 = \left(\frac{28100}{3360}\right)^3 \cdot 10^6 = 8,4 \cdot 10^6 \text{ обертів.}$$

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n_1} = \frac{8,4 \cdot 10^6}{60 \cdot 7,2} \approx 19400 \text{ год.}$$

Порівнюємо розрахункову довговічність зі встановленою в технічному завданні

$$L_h = 19400 \text{ год} > [L_h] = 16820 \text{ год.}$$

На основі проведених розрахунків робимо висновок про придатність заздалегідь вибраних підшипників.

Розглянемо розрахунковий випадок, коли вантаж, встановлений на рольгангу, не торкається основної циліндричної поверхні катання ролика (рис. 2.4).

Визначається радіальне навантаження на ролик, яке складає 4170 Н. Осьове навантаження ідентифіковано як нульове ($P_a = 0$ Н). Для визначення реакцій опор було складено рівняння статичної рівноваги для реакції R1, а також аналогічне рівняння для реакції R2. Правильність розрахунку реакцій підтверджується перевіркою проєкцій сил на вертикальну вісь: сума реакцій R1 і R2 мінус прикладене радіальне навантаження дорівнює нулю, тобто $1369 + 2801 - 4170 = 0$. Для аналізу було попередньо вибрано радіальні кулькові підшипники середньої серії 306 відповідно до ДСТУ 520:2014 зі специфікацією: - внутрішній діаметр $d = 30$ мм; - зовнішній діаметр $D = 72$ мм; - ширина $b = 19$ мм; - статична вантажопідйомність (C_0) = 14600 Н; - динамічна вантажопідйомність (C) = 28100 Н. Обрано підшипники для більше навантаженої опори (2). Еквівалентне навантаження визначено за формулою $P_E = (X \cdot V \cdot R_2 + Y \cdot P_a) \cdot K_b \cdot K_T$, де результуюче значення складає близько 3360 Н. При цьому були враховані такі коефіцієнти: - $X = 1$ — радіальний коефіцієнт; - $V = 1,2$ — поправка на обертання зовнішнього кільця; - $K_b = 1$ — коефіцієнт безвідмовності для спокійного режиму роботи; - $K_T = 1$ — температурна поправка для умов в діапазоні 50...100°C. Перед оцінкою довговічності підшипників визначено частоту обертання ролика та проведено розрахунки його розрахункової довговічності. Результат показує $L_h = 19400$ годин, що

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищує допустиме значення із технічного завдання ($[Lh] = 16820$ годин). Таким чином, отримано висновок про те, що попередньо зазначені підшипники повністю відповідають вимогам експлуатації. Додатково розглянуто випадок, коли встановлений на рольгангу вантаж не контактує з основною циліндричною поверхнею катання ролика для аналізу потенційних навантажувальних сценаріїв (див. рис. 2.4).

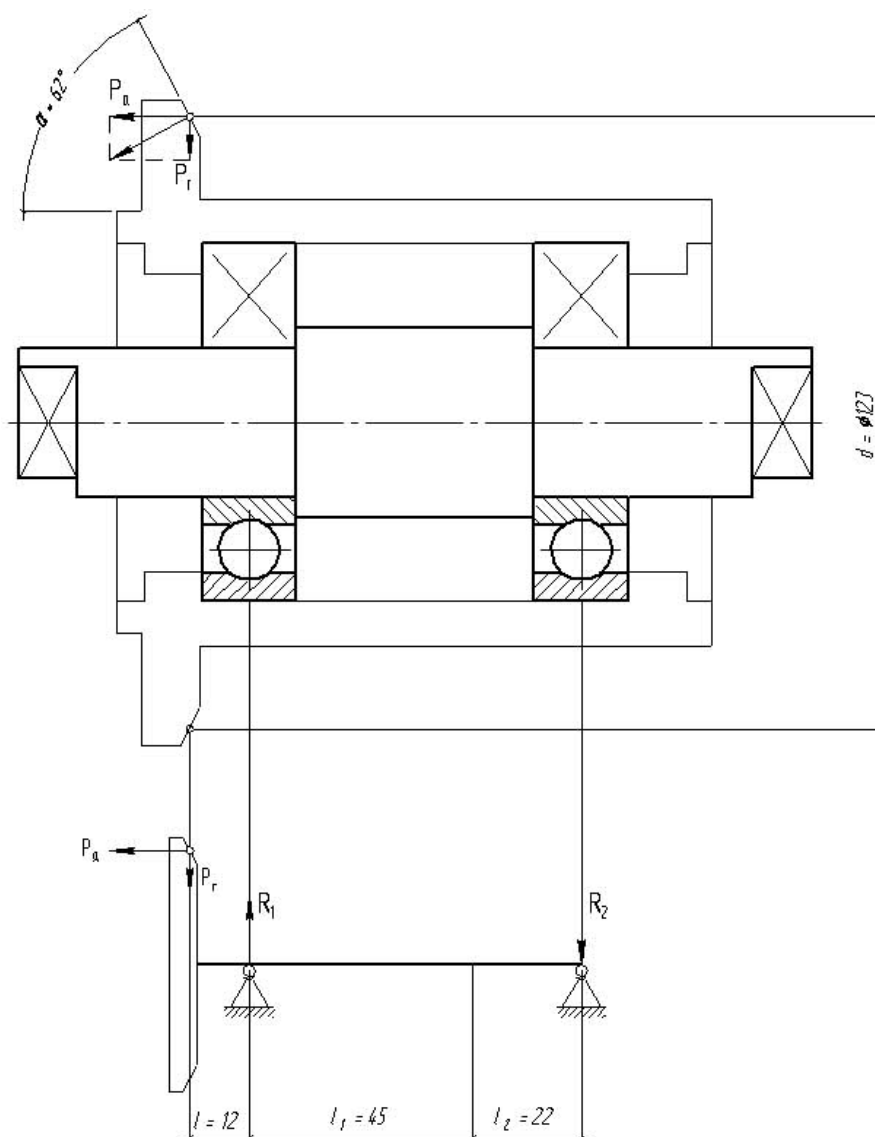


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема опор ролика
(другий розрахунковий випадок)

Радіальне навантаження на ролик $P_r = 4170$ Н.

Осьове навантаження на ролик

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$P_a = P_r \cdot \operatorname{tg} \alpha = 4170 \cdot \operatorname{tg} 62^\circ = 7843 \text{ Н.}$$

де $\alpha = 62^\circ$ – половина кута при вершині центруючого конуса.

Складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_1

$$\Sigma M_2 = P_r \cdot (\ell + \ell_1 + \ell_2) + 0,5 \cdot P_A \cdot d - R_1 \cdot (\ell_1 + \ell_2) = 0.$$

Тоді

$$R_1 = \frac{P_r \cdot (\ell + \ell_1 + \ell_2) + 0,5 \cdot P_A \cdot d}{\ell_1 + \ell_2} = \frac{4170 \cdot (12 + 45 + 22) + 0,5 \cdot 7843 \cdot 123}{45 + 22} = 12116 \text{ Н.}$$

Складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_2

$$\Sigma M_1 = P_r \cdot \ell + 0,5 \cdot P_A \cdot d - R_2 \cdot (\ell_1 + \ell_2) = 0.$$

Тоді

$$R_2 = \frac{P_r \cdot \ell + 0,5 \cdot P_A \cdot d}{\ell_1 + \ell_2} = \frac{4170 \cdot 12 + 0,5 \cdot 7843 \cdot 123}{45 + 22} = 7946 \text{ Н.}$$

Перевіряємо правильність визначення реакцій, склавши рівняння проєкцій сил на вертикальну вісь

$$R_1 - R_2 - P_r = 12116 - 7946 - 4170 = 0.$$

Перевіряємо підшипники по більше навантаженій опорі 1.

Для оцінки довговічності радіальних підшипників, які допускають сприйняття осьового навантаження, визначаємо відношення осьового навантаження до статичної вантажопідйомності підшипника

$$P_a / C_0 = 7843 / 14600 = 0,537.$$

За величиною $P_a / C_0 = 0,537$ визначаємо значення коефіцієнта осьового навантаження, використовуючи метод лінійної інтерполяції $e = 0,437$.

Визначаємо відношення

$$P_a / R_1 = 7843 / 12116 = 0,65 > e = 0,437$$

тоді $X = 0,56$; $Y = 1,001$.

Еквівалентне навантаження визначається згідно формули

$$\begin{aligned} P_E &= (X \cdot V \cdot R_1 + Y \cdot P_a) \cdot K_\delta \cdot K_T = \\ &= (0,56 \cdot 1,2 \cdot 12116 + 1 \cdot 7843) \cdot 1 \cdot 1 \approx 15985 \text{ Н} \end{aligned}$$

Вичислимо частоту обертання ролика

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{V \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{0,034 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,123} = 5,3 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо розрахункову довговічність (ресурс)

$$L = \left(\frac{C}{P_3} \right)^3 \cdot 10^6 = \left(\frac{28100}{15985} \right)^3 \cdot 10^6 = 5,4 \cdot 10^6 \text{ обертів}$$

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n_1} = \frac{5,4 \cdot 10^6}{60 \cdot 5,3} \approx 17080 \text{ год}$$

Порівнюємо розрахункову довговічність зі встановленою в технічному завданні

$$L_h = 17080 \text{ год} > [L_h] = 16820 \text{ год}.$$

Робимо висновок про придатність заздалегідь вибраних підшипників для будь-якого з розрахункових випадків розміщення вилівка.

Перевіряємо міцність осі ролика (рис. 2.5).

Для першого розрахункового випадку (рис. 2.5) складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_1 .

$$\Sigma M_2 = F_1 \cdot (\ell_1 + \ell_2) + F_2 \cdot \ell_2 - R_1 \cdot (\ell + \ell_1 + \ell_2) = 0.$$

Тоді

$$R_1 = \frac{F_1 \cdot (\ell_1 + \ell_2) + F_2 \cdot \ell_2}{\ell + \ell_1 + \ell_2} = \frac{1369 \cdot (67 + 40,5) + 2801 \cdot 40,5}{40,5 + 67 + 40,5} = 1761 \text{ Н}.$$

Складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_2

$$\Sigma M_1 = R_2 \cdot (\ell + \ell_1 + \ell_2) - F_2 \cdot (\ell + \ell_1) - F_1 \cdot \ell = 0.$$

Тоді

Радіальне навантаження на ролик становить 4170 Н. Осьове навантаження на ролик обчислюється як $P_a = P_r \cdot \text{tg } \alpha$, що дорівнює $4170 \cdot \text{tg } 62^\circ = 7843 \text{ Н}$, де $\alpha = 62^\circ$ — це половина кута вершини центруючого конуса. Далі складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_1 та R_2 . Після підстановки значень перевіряємо правильність обчислень проекцій сил на вертикальну вісь: $R_1 - R_2 - P_r = 12116 - 7946 - 4170 = 0$. Ми проводимо перевірку підшипників на найбільш навантажену опору 1. Для оцінки

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довговічності радіальних підшипників, які можуть витримувати осьове навантаження, визначаємо відношення осьового навантаження до статичної вантажопідйомності підшипника: $P_a / C_0 = 7843 / 14600 = 0,537$. На основі значення $P_a / C_0 = 0,537$ за допомогою лінійної інтерполяції визначаємо коефіцієнт осьового навантаження $e = 0,437$. Обчислюємо відношення $P_a / R_1 = 7843 / 12116 = 0,65$, яке більше за $e = 0,437$, тоді $X = 0,56$ і $Y = 1,001$. Еквівалентне навантаження визначаємо за формулою: $P_E = (X \cdot V \cdot R_1 + Y \cdot P_a) \cdot K_b \cdot K_T = (0,56 \cdot 1,2 \cdot 12116 + 1 \cdot 7843) \cdot 1 \cdot 1 \approx 15985$ Н. Далі обчислюємо частоту обертання ролика та визначаємо розрахункову довговічність ресурсу. Порівнюємо розрахункову довговічність з встановленою в технічному завданні: $L_h = 17080$ год, що перевищує $[L_h] = 16820$ год. Це підтверджує придатність заздалегідь вибраних підшипників для будь-якого з розрахункових сценаріїв розміщення виливка. Перевіряємо міцність осі ролика відповідно до першого розрахункового випадку. Для цього складаємо рівняння статичної рівноваги для виявлення реакцій R_1 та R_2 з урахуванням графічної інформації.

$$R_2 = \frac{F_2 \cdot (\ell + \ell_1) + F_1 \cdot \ell}{\ell + \ell_1 + \ell_2} = \frac{2801 \cdot (40,5 + 67) + 1369 \cdot 40,5}{40,5 + 67 + 40,5} = 2409 \text{ Н.}$$

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

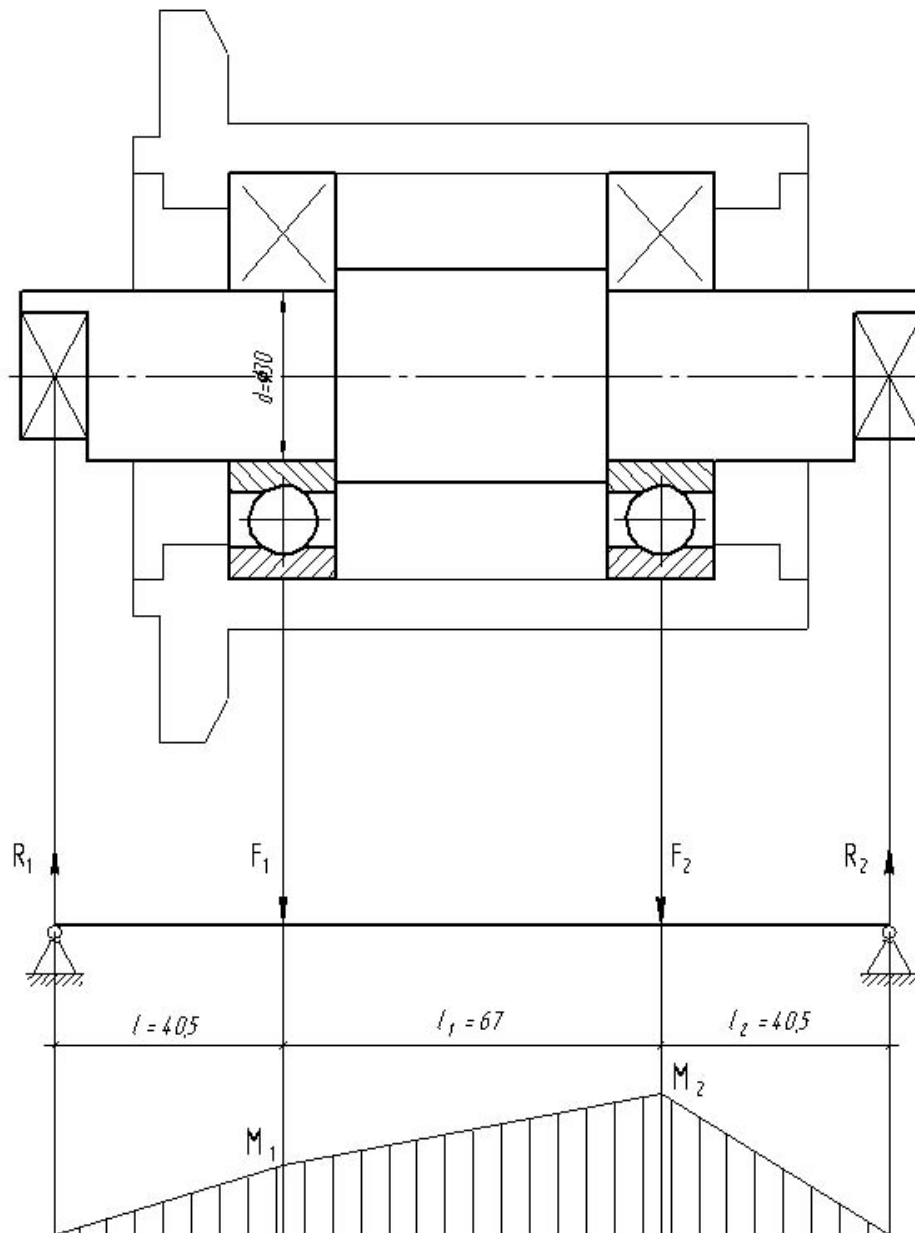


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема осі ролика
(перший розрахунковий випадок)

Перевіряємо правильність визначення реакцій, склавши рівняння проєкцій сил на вертикальну вісь

$$R_1 + R_2 - F_1 - F_2 = 1761 + 2409 - 1369 - 2801 = 0.$$

Визначаємо згинальні моменти в потенційно небезпечних перерізах осі:

- в середині посадочної поверхні лівого підшипника

$$M_1 = R_1 \cdot \ell = 1761 \cdot 40,5 = 71320,5 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

- в середині посадочної поверхні правого підшипника

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$M_2 = R_2 \cdot \ell_2 = 2409 \cdot 40,5 = 97564,5 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Визначаємо нормальну напругу в перерізі під правим підшипником

$$\sigma = \frac{M_2}{W} = \frac{97564,5}{2650} = 37 \text{ МПа.}$$

де W – момент опору вигину перерізу осі під підшипниками

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 30^3}{32} = 2650 \text{ мм}^3.$$

$d = 30$ мм – посадочний діаметр підшипника 306.

В якості матеріалу осі приймаємо якісну вуглецеву Сталь 20 ДСТУ 7809.

з механічними характеристиками:

- тимчасовий опір розриву $\sigma_B = 410$ МПа;
- межа текучості $\sigma_T = 245$ МПа.

Визначаємо допустиме напруження для вибраного матеріалу при запасі міцності $n = 2,0$.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{245}{2} = 122,5 \text{ МПа.}$$

Розрахункове напруження порівнюємо з допустимим напруженням

$$\sigma = 37 \text{ МПа} < [\sigma] = 122,5 \text{ МПа.}$$

Для другого розрахункового випадку (рис. 2.6) складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_1

$$\Sigma M_2 = F_1 \cdot (\ell_1 + \ell_2) - F_2 \cdot \ell_2 - R_1 \cdot (\ell + \ell_1 + \ell_2) = 0.$$

Тоді

$$R_1 = \frac{F_1 \cdot (\ell_1 + \ell_2) - F_2 \cdot \ell_2}{\ell + \ell_1 + \ell_2} = \frac{12116 \cdot (67 + 40,5) - 7946 \cdot 40,5}{40,5 + 67 + 40,5} = 6626 \text{ Н.}$$

Складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_2 .

$$\Sigma M_1 = F_2 \cdot (\ell + \ell_1) - F_1 \cdot \ell - R_2 \cdot (\ell + \ell_1 + \ell_2) = 0.$$

Тоді

$$R_2 = \frac{F_2 \cdot (\ell + \ell_1) - F_1 \cdot \ell}{\ell + \ell_1 + \ell_2} = \frac{7946 \cdot (40,5 + 67) - 12116 \cdot 40,5}{40,5 + 67 + 40,5} = 2456 \text{ Н.}$$

Перевіряємо правильність визначення реакцій, склавши рівняння проєкцій сил на вертикальну вісь

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіряємо правильність обчислення реакцій, складаючи рівняння проєкцій сил на вертикальну вісь: $R_1 + R_2 - F_1 - F_2 = 1761 + 2409 - 1369 - 2801 = 0$. Розраховуємо згинальні моменти в потенційно небезпечних перерізах осі: - В середині посадочної поверхні лівого підшипника: $M_1 = R_1 \cdot \ell = 1761 \cdot 40,5 = 71320,5 \text{ Н}\cdot\text{мм}$. - В середині посадочної поверхні правого підшипника: $M_2 = R_2 \cdot \ell_2 = 2409 \cdot 40,5 = 97564,5 \text{ Н}\cdot\text{мм}$. Розраховуємо нормальну напругу в перерізі під правим підшипником: $\sigma = M / W$, де W — момент опору вигину перерізу осі під підшипниками: $W = \pi \cdot d^3 / 32$, $d = 30 \text{ мм}$ — посадочний діаметр підшипника 306. В якості матеріалу осі використовується якісна вуглецева сталь марки Сталь 20 (ДСТУ 7809) з наступними механічними характеристиками: - Тимчасовий опір розриву $\sigma_B = 410 \text{ МПа}$; - Межа текучості $\sigma_T = 245 \text{ МПа}$. Визначаємо допустиме напруження для вибраного матеріалу з коефіцієнтом запасу міцності $n = 2,0$: $[\sigma] = \sigma_T / n = 245 / 2 = 122,5 \text{ МПа}$. Порівнюємо розрахункове напруження із допустимим: $\sigma = 37 \text{ МПа} < [\sigma] = 122,5 \text{ МПа}$. Для другого розрахункового випадку (рис. 2.6) складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_1 : $\sum M = 0$: $R_1 \cdot a - F_1 \cdot b - F_2 \cdot \ell = 0$. Звідси: $R_1 = (F_1 \cdot b + F_2 \cdot \ell) / a$. Складаємо рівняння для визначення реакції R_2 : $R_2 = F_1 + F_2 - R_1$. Перевіряємо правильність знаходження реакцій, записуючи рівняння проєкцій сил на вертикальну вісь: $R_1 + R_2 - F_1 - F_2 = 0$.

$$R_1 - R_2 - F_1 + F_2 = 6626 - 2456 - 12116 + 7946 = 0$$

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

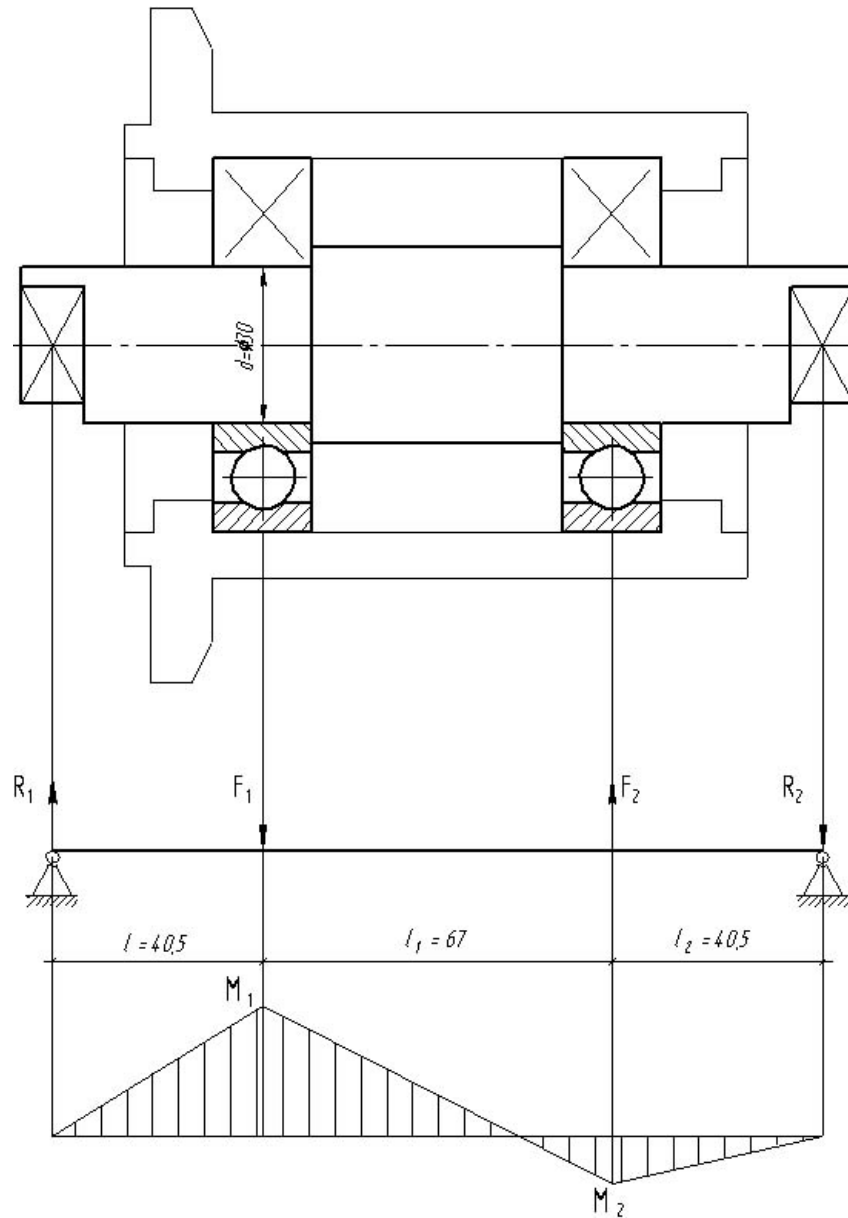


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема осі ролика
(другий розрахунковий випадок)

Визначаємо згинальні моменти в потенційно небезпечних перерізах осі
- в середині посадочної поверхні лівого підшипника

$$M_1 = R_1 \cdot \ell = 6626 \cdot 40,5 = 268353 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

- в середині посадочної поверхні правого підшипника

$$M_2 = R_2 \cdot \ell_2 = 2456 \cdot 40,5 = 99468 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Визначаємо нормальну напругу в перерізі під лівим підшипником

$$\sigma = \frac{M_1}{W} = \frac{268353}{2650} = 101,5 \text{ Мпа.}$$

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Розрахункове напруження порівнюємо з допустимим напруженням

$$\sigma = 101,5 \text{ МПа} < [\sigma] = 122,5 \text{ МПа}.$$

Таким чином, вибрані розміри і матеріал осі забезпечують необхідну статичну міцність при будь-якому варіанті вантаження.

Катки (рис. 2.7) потрібні для полегшення переміщення каретки відносно нерухомої частини рольганга.

Поверхні катання є комбінацією циліндричної, торцевої та сферичної поверхонь. Торцева поверхня перешкоджає сходу каретки з рольганга, а сферична поверхня забезпечує центрування каретки відносно роликів балок.

Плавність ходу забезпечується за рахунок спарених підшипників, запресованих в розточування катка. Внутрішні кільця базуються на валу, вихідний кінець якого жорстко фіксується на каретці.

Фіксація кілець підшипника відносно катка здійснюється за рахунок уступу, розточеного в корпусі катка, і торцевої кришки, закріпленої на корпусі катка гвинтами.

- У середині посадкової поверхні правого підшипника: $M_2 = R_2 \cdot \ell_2 = 2456 \cdot 40,5 = 99468 \text{ Н}\cdot\text{мм}$. Далі обчислюємо нормальну напругу у перерізі під лівим підшипником. Розраховану величину напруги порівнюємо з допустимим значенням: $\sigma = 101,5 \text{ МПа} < [\sigma] = 122,5 \text{ МПа}$. Таким чином, підібрані розміри і матеріал осі гарантують необхідну статичну міцність за будь-якого типу навантаження. Катки (рис. 2.7) використовуються для полегшення переміщення каретки відносно нерухомої частини рольганга. Їх конструкція включає поверхні катання, що є комбінованими — циліндричними, торцевими і сферичними. Торцева поверхня блокує можливість сходу каретки з рольганга, а сферична — забезпечує її точне позиціонування відносно роликів балок. Плавний рух каретки досягається завдяки використанню спарених підшипників, запресованих у розточування катка. Внутрішні кільця підшипників встановлюються на вал, кінець якого жорстко закріплений на

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

каретці. Фіксація кілець підшипника щодо катка здійснюється через уступ, створений у корпусі катка, та торцеву кришку, яка фіксується на корпусі гвинтами.

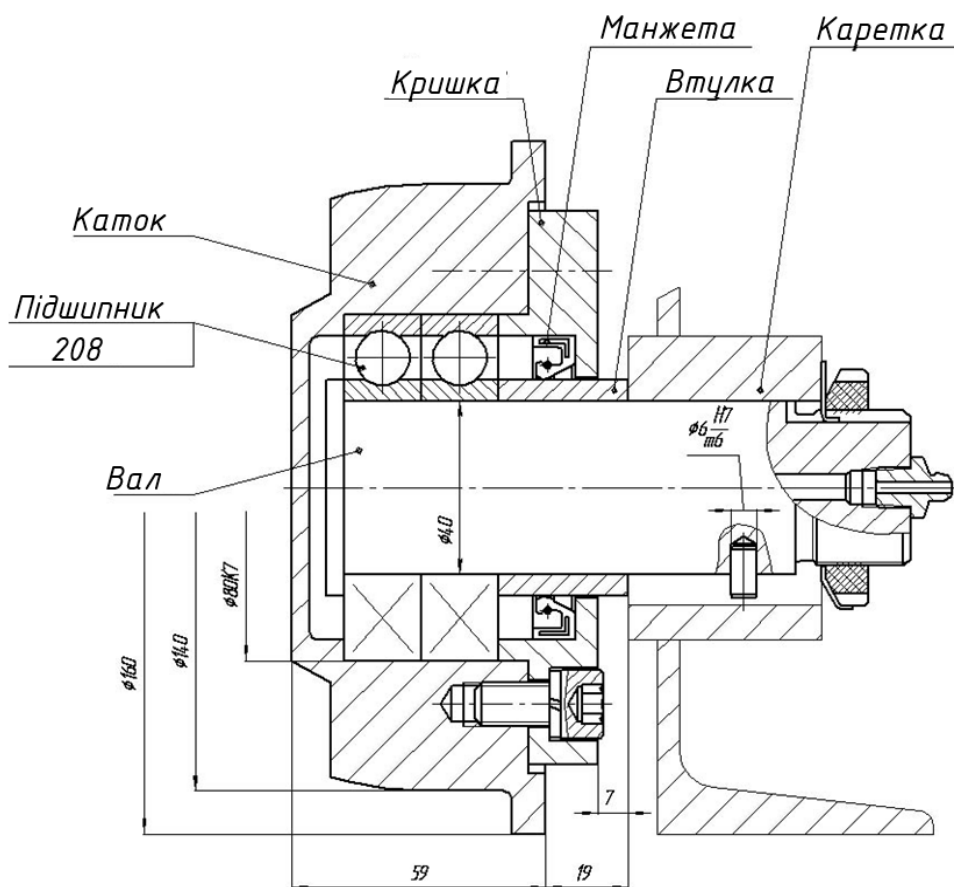


Рисунок 2.7 – Каток

Щоб всередину ролика не проникав пил, в торцевій кришці вмонтована манжета. Підшипникові порожнини необхідно заповнити густим мастилом при зборці ролика. При експлуатації установки ролика сприймають вертикальне навантаження, рівне власній вазі каретки, при цьому обертаючись відносно нерухомій осі.

Особливістю вибраної схеми рольганга є роздільне сприйняття навантажень: роликові балки навантажені вагою виливка, а каретка служить тільки для приведення виливка в поступальний рух.

Критерієм якості проектування є достатня довговічність кулькових підшипників.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Розрахункова схема каткових опор наведена на рис. 2.8.

Щоб запобігти проникненню пилу всередину ролика, в торцевій кришці встановлено манжету. Під час складання ролика підшипникові порожнини слід заповнити густим мастилом. Під час роботи установки ролики сприймають вертикальне навантаження, яке дорівнює власній вазі каретки, одночасно обертаючись навколо нерухомої осі. Особливістю обраної конструкції рольганга є розподіл навантажень: роликові балки сприймають вагу вилівка, тоді як каретка виконує функцію забезпечення поступального руху вилівка. Головним критерієм якості проектування є забезпечення достатньої довговічності кулькових підшипників. Схематичний розрахунок опор катків представлений на рисунку 2.8.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

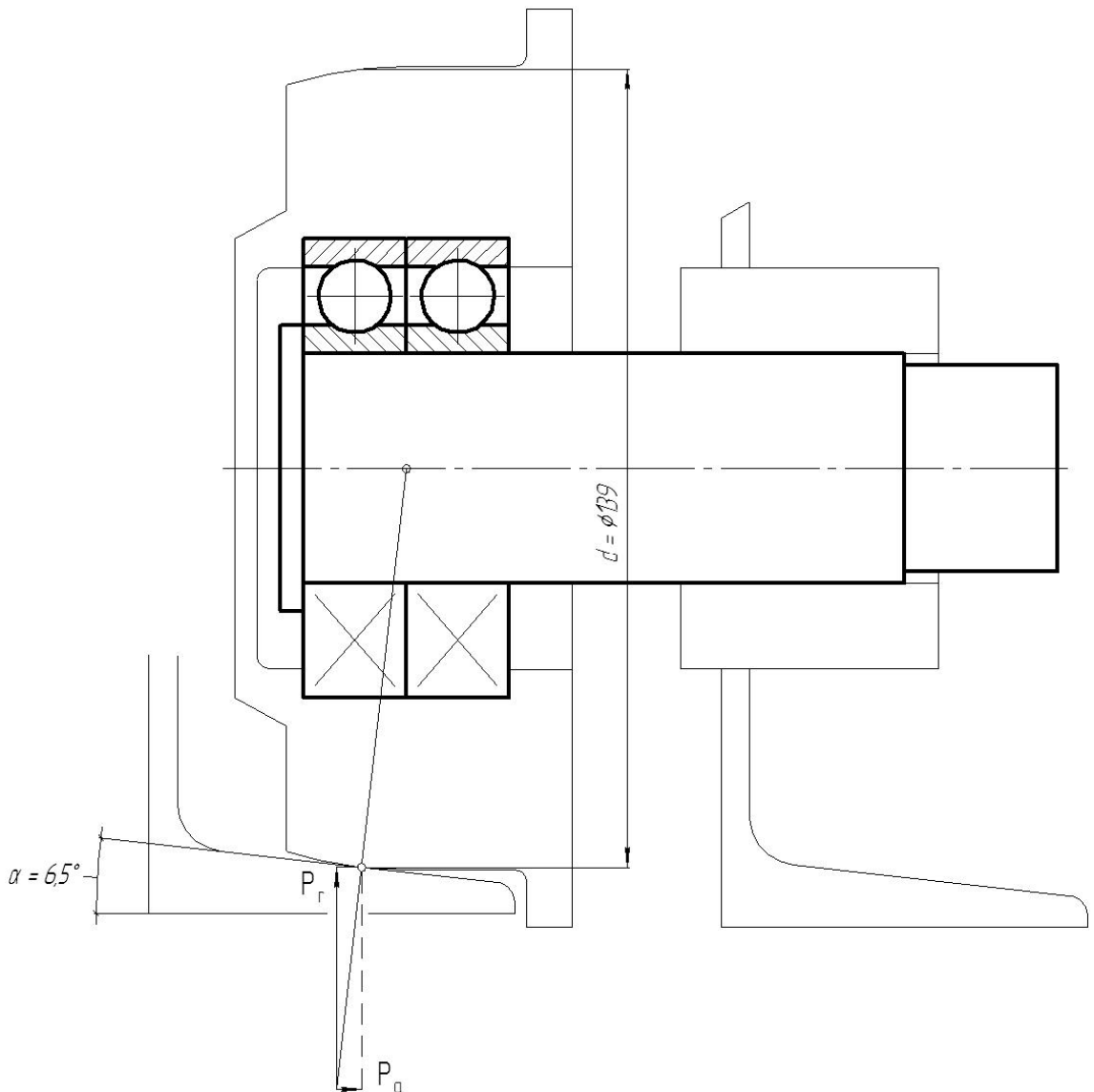


Рисунок 2.8 – Розрахункова схема опор катка

Визначимо вертикальне навантаження на каток

$$P_r = \frac{G_K}{n} = \frac{2800}{3} \approx 935 \text{ Н.}$$

де $G_K = 280 \text{ кг} = 2800 \text{ Н}$ – власна вага каретки (орієнтовно);

$n = 3$ – мінімальна кількість робочих катків.

Осьове навантаження на каток

$$P_a = P_r / \operatorname{tg} \alpha = 935 / \operatorname{tg} 6,5^\circ = 107 \text{ Н}$$

де $\alpha = 6,5^\circ$ – кут нахилу полиці стандартного гарячекатаного швелера.

Заздалегідь намічаємо радіальні кулькові підшипники легкої серії 208 і виписуємо його характеристики:

- внутрішній діаметр $d = 40 \text{ мм}$;

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

- зовнішній діаметр $D = 80$ мм;
- статична вантажопідйомність $C_0 = 17800$ Н;
- динамічна вантажопідйомність $C = 32000$ Н.

Для оцінки довговічності радіальних підшипників, які допускають сприйняття осьового навантаження, визначаємо відношення осьового навантаження до статичної вантажопідйомності підшипника

$$P_a / C_0 = 107 / 17800 = 0,006.$$

За величиною $P_a/C_0 = 0,006$ визначаємо значення коефіцієнта осьового навантаження, використовуючи метод лінійної інтерполяції $e = 0,17$.

Визначаємо відношення

$$P_a / P_r = 107 / 935 = 0,11 < e = 0,17$$

При $e = 0,17$ коефіцієнтів: $X = 1,0$; $Y = 0$.

Еквівалентне навантаження визначається по формулі

$$P_E = (X \cdot V \cdot P_r + Y \cdot P_a) \cdot K_\delta \cdot K_T = (1,0 \cdot 1,2 \cdot 935 + 0 \cdot 107) \cdot 1 \cdot 1 \approx 1122 \text{ Н}$$

Вичислимо частоту обертання ролика

$$n = \frac{V \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{0,034 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,139} = 4,7 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначаємо розрахункову довговічність (ресурс)

$$L = \left(\frac{C}{P_E} \right)^3 \cdot 10^6 = \left(\frac{32000}{1122} \right)^3 \cdot 10^6 = 23200 \cdot 10^6 \text{ обертів}$$

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n_t} = \frac{23200 \cdot 10^6}{60 \cdot 5,3} \approx 82 \cdot 10^6 \text{ год.}$$

На підставі проведених розрахунків робимо висновок про придатність заздалегідь вибраних підшипників.

Перевіряємо міцність осі катка. Розрахункова схема осі катка приведена на рис. 2.9.

Розглянемо визначення вертикального навантаження на каток. $G_K = 280$ кг = 2800 Н — орієнтовна власна вага каретки. $n = 3$ — мінімальна кількість робочих катків. Осьове навантаження на каток розраховується за формулою: P_a

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$= P_r / \operatorname{tg} \alpha = 935 / \operatorname{tg} 6,5^\circ = 107 \text{ Н}$, де $\alpha = 6,5^\circ$ — кут нахилу полиці стандартного гарячекатаного швелера. Попередньо обираємо радіальні кулькові підшипники 208 легкої серії та зазначаємо їх основні характеристики: - внутрішній діаметр $d = 40 \text{ мм}$; - зовнішній діаметр $D = 80 \text{ мм}$; - статична вантажопідйомність $C_0 = 17800 \text{ Н}$; - динамічна вантажопідйомність $C = 32000 \text{ Н}$. Для оцінки довговічності радіальних підшипників, які сприймають осьове навантаження, визначаємо відношення осьового навантаження до статичної вантажопідйомності підшипника: $P_a / C_0 = 107 / 17800 = 0,006$. За значенням $P_a / C_0 = 0,006$ методом лінійної інтерполяції обчислюємо коефіцієнт осьового навантаження: $e = 0,17$. Далі визначаємо відношення: $P_a / P_r = 107 / 935 = 0,11 < e = 0,17$. При $e = 0,17$ коефіцієнти приймають наступні значення: $X = 1,0$; $Y = 0$. Еквівалентне навантаження можна розрахувати за формулою: $P_E = (X \cdot V \cdot P_r + Y \cdot P_a) \cdot K_B \cdot K_T = (1,0 \cdot 1,2 \cdot 935 + 0 \cdot 107) \cdot 1 \cdot 1 \approx 1122 \text{ Н}$. Наступним кроком обчислюємо частоту обертання ролика. Далі визначаємо розрахункову довговічність (ресурс) системи. Після виконання розрахунків робимо висновок щодо придатності попередньо визначених підшипників. Наостанок перевіряємо міцність осі катка. Розрахункова схема наведена на рисунку 2.9.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

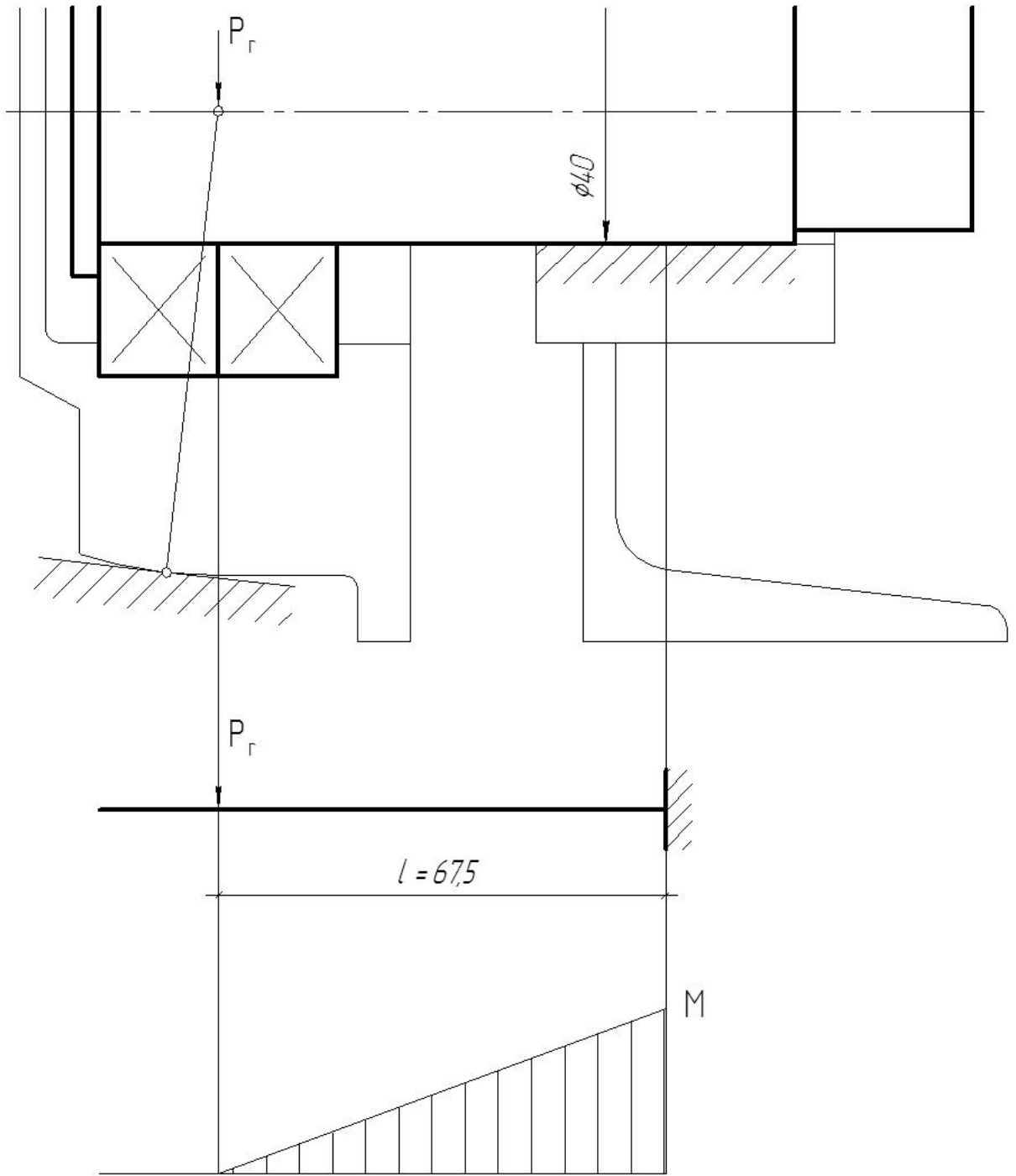


Рисунок 2.9 – Розрахункова схема осі катка

Визначаємо згинальні моменти в небезпечному перерізі осі

$$M = P_r \cdot l = 935 \cdot 67,5 = 63112,5 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Визначаємо нормальне напруження в перерізі

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{63112,5}{6283} = 10 \text{ МПа} < [\sigma] = 122,5 \text{ МПа.}$$

де W – момент опору вигину перерізу осі

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 40^3}{32} = 6283 \text{ мм}^3$$

$d = 40$ мм – посадочний діаметр осі.

Таким чином, вибрані розміри і матеріал осі забезпечують необхідну статичну міцність.

2.4 Розрахунок і проектування балок роликів

Роликові балки (рис. 2.10) складаються з двох швелерів №16, сполучених поперечними діафрагмами. До внутрішніх поверхонь швелерів приварені планки з пазами, в які встановлюються цапфи роликів.

Кріплення роликової балки до консолі здійснюється за допомогою шести болтів М16 через два опорні листи, приварених до нижніх полиць швелерів.

Розраховуємо згинальні моменти в критичному перерізі осі: $M = Pr \cdot \ell = 935 \cdot 67,5 = 63112,5 \text{ Н} \cdot \text{мм}$. Потім визначаємо нормальне напруження в перерізі, яке становить $[\sigma] = 122,5 \text{ МПа}$, де W є моментом опору вигину перерізу осі. Діаметр посадки осі d визначений як 40 мм. Ці параметри вибрані таким чином, щоб забезпечити необхідну статичну міцність.

2.4 Розрахунок і проектування балок для роликів Роликові балки (рис. 2.10) складаються з двох швелерів №16, з'єднаних поперечними діафрагмами. Планки з пазами, до яких встановлюються цапфи роликів, приварені до внутрішніх поверхонь швелерів. Кріплення роликової балки до консолі здійснюється за допомогою шести болтів М16, які проходять через два опорні листи, приварені до нижньої частини швелерів.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

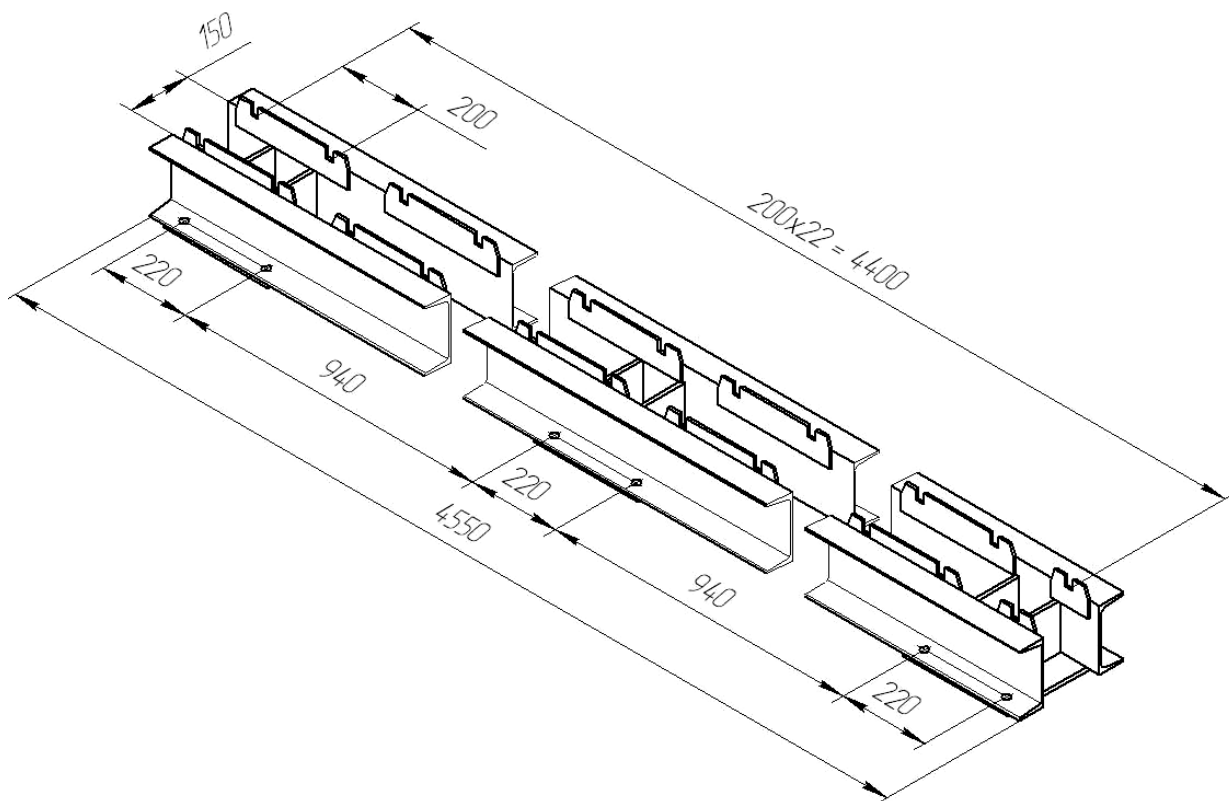


Рисунок 2.10 – Роликова балка

Розрахункова схема роликової балки приведена на рис. 2.11.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

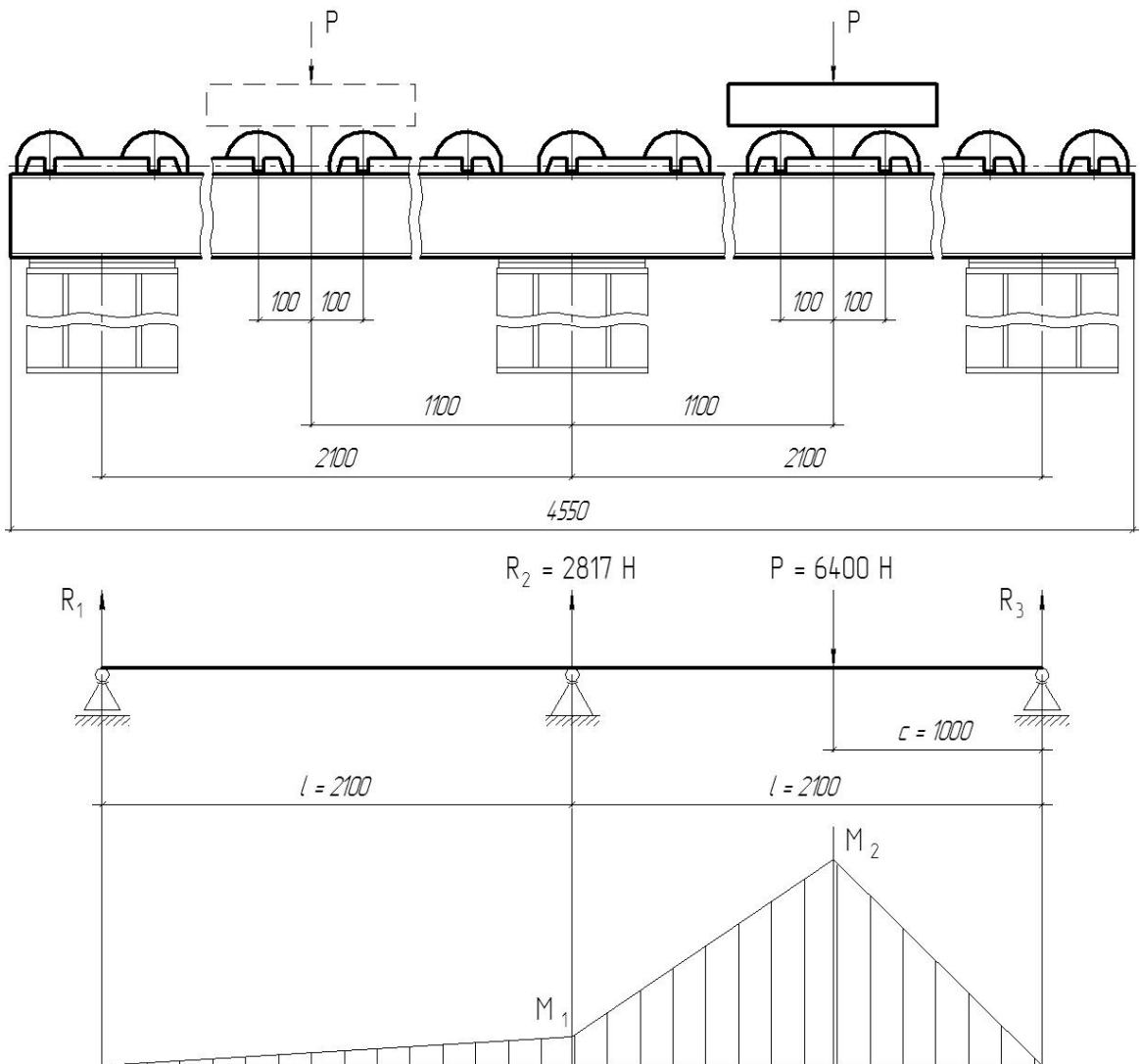


Рисунок 2.11 – Розрахункова схема балки роликової

Вертикальне навантаження на роликову балку передається через ролики і катки, причому навантаження переміщається уздовж балки в процесі руху каретки з вантажем.

Розглянемо схему прикладання вагових навантажень в середині правого прольоту.

Визначаємо навантаження на балку

$$P = \frac{Q + G_K}{n} = \frac{10000 + 2800}{2} = 6400 \text{ Н.}$$

де $Q = 10000 \text{ Н}$ – вага виливка;

$G_K = 280 \text{ кг} = 2800 \text{ Н}$ – вага каретки;

$n = 2$ – мінімальне число одночасно працюючих роликів.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Розкриваємо статичну невизначність балки, визначаючи реакцію середньої опори

$$R_2 = \frac{P \cdot c \cdot (3 \cdot \ell^2 - c^2)}{3 \cdot \ell^2} = \frac{6400 \cdot 1000 \cdot (3 \cdot 2100^2 - 1000^2)}{3 \cdot 2100^2} = 2817 \text{ Н.}$$

Складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_1

$$\Sigma M_3 = P \cdot c - R_2 \cdot \ell - R_1 \cdot 2\ell = 0.$$

Тоді

$$R_1 = \frac{P \cdot c - R_2 \cdot \ell}{2\ell} = \frac{6400 \cdot 1000 - 2817 \cdot 2100}{2 \cdot 2100} = 115 \text{ Н.}$$

Складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_3

$$\Sigma M_1 = R_3 \cdot 2\ell - P \cdot (2\ell - c) + R_2 \cdot \ell = 0.$$

Тоді

$$R_3 = \frac{P \cdot (2\ell - c) - R_2 \cdot \ell}{2\ell} = \frac{6400 \cdot (2 \cdot 2100 - 1000) - 2817 \cdot 2100}{2 \cdot 2100} = 3468 \text{ Н.}$$

Перевіряємо правильність визначення реакцій, склавши рівняння проєкцій сил на вертикальну вісь

$$R_1 + R_2 + R_3 - P = 115 + 2817 + 3468 - 6400 = 0.$$

Визначаємо згинальні моменти в потенційно небезпечних перерізах балки - під середньою опорою

$$M_1 = R_1 \cdot \ell = 115 \cdot 2100 = 241500 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

- в середині прольоту між середньою і правою опорою

$$M_2 = R_3 \cdot c = 3468 \cdot 1000 = 3468000 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

Заздалегідь призначаємо переріз балки у вигляді двох швелерів №16 по ДСТУ 3436-96

з характеристиками перерізу:

- площа $F = 1810 \text{ мм}^2$;
- момент опору вигину $W_X = 9,34 \cdot 10^4 \text{ мм}^3$;
- момент інерції $J_X = 7,47 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$.

Визначаємо нормальну напругу в перерізі під лівим підшипником

$$\sigma = \frac{M_2}{W} = \frac{3468000}{9,34 \cdot 10^4} \approx 37 \text{ МПа.}$$

де W – момент опору вигину перерізу балки

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$W = 2 \cdot W_X = 2 \cdot 9,34 \cdot 104 = 1,868 \cdot 104 \text{ мм}^3.$$

Розрахункова нормальне напруження $\sigma = 37$ МПа порівнюємо з розрахунковим опором $R = 163$ МПа (матеріал марки ВСт3сп5)

$$R = R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m} = \frac{245}{1,5} = 163 \text{ МПа.}$$

де R_y – розрахунковий опір матеріалу балки на стискування і вигин по межі текучості;

$R_{yn} = 245$ МПа – нормативний опір матеріалу балки на стискування і вигин по межі текучості;

$$\gamma_m = 1,5 \text{ – коефіцієнт надійності за матеріалом.}$$

Розрахункове напруження порівнюємо з допустимим напруженням.

$$\sigma = 37 < R = 233 \text{ МПа – умова міцності виконана.}$$

2.5 Конструювання шляхових вимикачів

Синхронізація роботи системи управління верстатом з подаючим пристроєм досягається за рахунок установки на лівій стороні одній з роликів балок шляхового вимикача (рис. 2.12).

Вертикальне навантаження на роликіву балку передається через ролики й катки, причому воно переміщується вздовж балки в процесі руху каретки з вантажем. Розглянемо схему прикладання вагових навантажень у середині правого прольоту. Визначення навантаження на балку: $Q = 10000$ Н – вага вилівка; $G_K = 280$ кг = 2800 Н – вага каретки; $n = 2$ – мінімальна кількість роликів, що працюють одночасно. Розкриваємо статичну невизначеність балки, знаходячи реакцію середньої опори. Складаємо рівняння статичної рівноваги для визначення реакції R_1 , звідки отримуємо: $R_1 = 115$ Н Далі, аналогічно складаємо рівняння рівноваги для визначення реакції R_3 : $R_3 = 3468$ Н Для

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

перевірки правильності їх визначення використовуємо суму проєкцій сил на вертикальну вісь: $R_1 + R_2 + R_3 - P = 115 + 2817 + 3468 - 6400 = 0$. Згинальні моменти визначаються в критичних перерізах балки наступним чином: - під середньою опорою: $M_1 = R_1 \cdot \ell = 115 \cdot 2100 = 241500 \text{ Н}\cdot\text{мм}$; - у середині прольоту між середньою й правою опорою: $M_2 = R_3 \cdot c = 3468 \cdot 1000 = 3468000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$. Приймаємо переріз балки у вигляді двох швелерів №16 відповідно до ДСТУ 3436-96 із такими характеристиками: - площа $F = 1810 \text{ мм}^2$; - момент опору вигину $W_X = 9,34 \cdot 10^4 \text{ мм}^3$; - момент інерції $J_X = 7,47 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$. Визначаємо нормальну напругу в перерізі під лівим підшипником. Момент опору вигину W для балки визначається як: $W = 2 \cdot W_X = 2 \cdot 9,34 \cdot 10^4 = 1,868 \cdot 10^5 \text{ мм}^3$ Розрахункове напруження: $\sigma = 37 \text{ МПа}$. Порівнюємо його з розрахунковим опором матеріалу $R = 163 \text{ МПа}$ (матеріал ВСт3сп5): $R_{уп} = 245 \text{ МПа}$ – нормативний опір матеріалу за межею текучості; $\gamma_m = 1,5$ – коефіцієнт запасу міцності. Допустиме напруження перевищує отримане значення: $\sigma = 37 < R = 233 \text{ МПа}$ – умова міцності виконана.

2.5 Конструювання шляхових вимикачів

Для забезпечення синхронізації роботи системи управління верстатом і подаючого пристрою встановлено шляховий вимикач на лівій стороні роликової балки (рисунок 2.12).

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

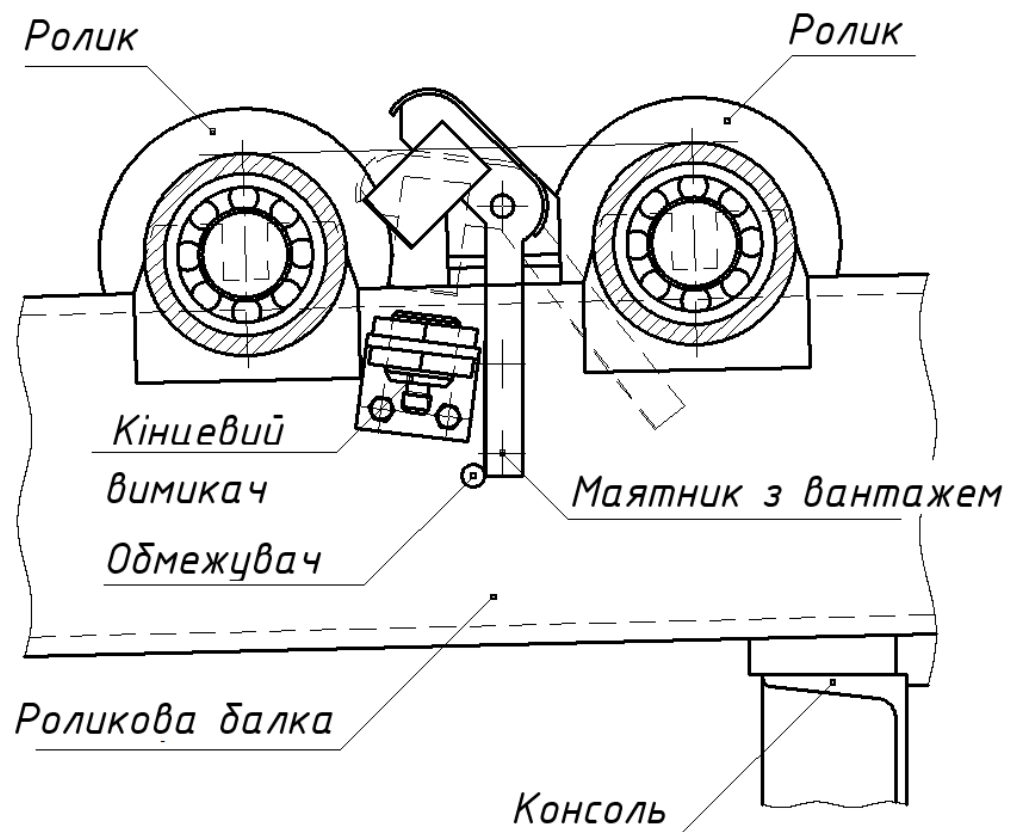


Рисунок 2.12 – Установа шляхового вимикача

При установці виливка на роликові балки, вантаж лягає на поверхні катання роликів і при цьому взаємодіє з маятником, встановленим між швелерами балки. До нижньої частини маятника кріпиться вантаж, так, щоб у вільному стані маятник займав строго вертикальне положення. У верхній частині маятника закріплена пластинка з магнітного матеріалу, а на стінці швелера – індуктивний безконтактний датчик. Поки ролики не торкаються вантажу, магнітна пластинка і датчик знаходяться на достатньому віддаленні один від одного і сигнал від датчика на командоапарат верстата. Але як тільки виливок торкається роликів, маятник обертається проти годинникової стрілки і магнітна пластина стає на відстані близько 5 мм від датчика, що викликає його спрацьовування.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

2.6 Розрахунок робочих параметрів гідроциліндра

В результаті попереднього розрахунку та ескізного опрацювання проекту, встановлені розміри, вага та швидкість лінійного переміщення каретки. Отримані дані служать для визначення параметрів гідроприводу подаючого пристрою.

Складаємо розрахункову схему гідроциліндра (рис. 2.13).

Під час встановлення вилівка на роликові балки, вантаж спирається на поверхню катання роликів, одночасно взаємодіючи з маятником, розміщеним між швелерами балки. До нижньої частини маятника прикріплений вантаж таким чином, щоб у неробочому стані він займав строго вертикальне положення. У верхній частині маятника закріплена пластина з магнітного матеріалу, а на стінці швелера розташовано індуктивний безконтактний датчик. Коли ролики не контактують з вантажем, магнітна пластина і датчик перебувають на значній відстані один від одного, і сигнал від датчика подається на командний апарат верстата. Як тільки вилівок торкається роликів, маятник повертається проти стрілки годинника, і магнітна пластина наближається до датчика на відстань близько 5 мм, що викликає скривання датчика.

2.6 Розрахунок робочих параметрів гідроциліндра

На основі попередніх розрахунків та ескізного опрацювання проекту були визначені розміри, маса та швидкість лінійного переміщення каретки. Ці дані використовуються для встановлення характеристик гідроприводу подаючого пристрою. Для цього складається розрахункова схема гідроциліндра (рисунок 2.13).

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

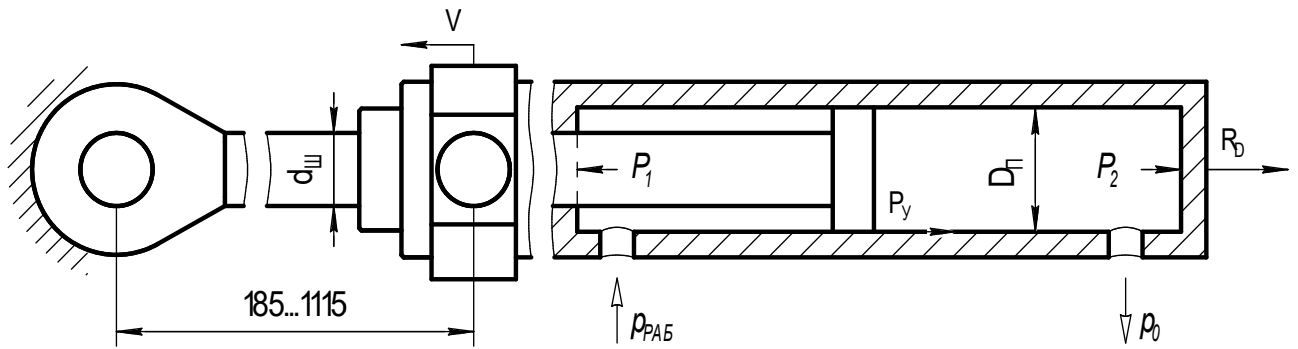


Рисунок 2.13 – Розрахункова схема гідроциліндра

У гідроциліндрі, що розглядається, шток шарнірно закріплений до нерухомої рами, цапфа корпусу шарнірно з'єднана з кронштейном каретки. Вибору підлягають такі геометричні параметри: діаметр поршня D_{II} , діаметр штока d_{III} і хід корпусу S .

Хід циліндра повинен відповідати ходу каретки $H=1700$ мм,

Записуємо вирази для розрахунку площ поперечного перерізу:

- Штокова порожнина

$$F_1 = 0,25 \cdot \pi \cdot (D_{II}^2 - d_{III}^2)$$

- поршневої порожнини

$$F_2 = 0,25 \cdot \pi \cdot D_{II}^2$$

Для розрахунку геометричних розмірів гідроциліндра складаємо рівняння балансу сил, що діють на корпус вздовж осі гідроциліндра.

$$P_1 - P_2 = P_y + R_D,$$

де P_1 – сила від робочого тиску в штоковій порожнині;

P_2 – сила протитиску в поршневій порожнині;

P_y – сила тертя у сполученнях поршня та корпусу;

$R_D = 0,1 \text{ тС} = 1000 \text{ Н}$ – технологічне зусилля (сила опору руху виливка).

Виразимо сили P_1 і P_2 через площі поперечного перерізу порожнин гідроциліндра, робочий тиск і тиск гідравлічного опору в зливній лінії

$$P_1 = p_1 \cdot F_1$$

$$P_2 = p_0 \cdot F_2$$

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де p_1 – робочий тиск;

F_1 – площа поперечного перерізу штокової порожнини;

p_0 – тиск у зливальній лінії;

F_2 – площа поперечного перерізу поршневої порожнини.

Введемо похідні геометричний параметр гідроциліндра – відношення діаметра штока до діаметра поршня

$$k = \frac{d_{Ш}}{D_{П}} \Rightarrow d_{Ш} = k \cdot D_{П}$$

Тоді площа поперечного перерізу штокової порожнини

$$F_1 = 0,25 \cdot \pi \cdot D_{П}^2 \cdot (1 - k^2)$$

Силу тертя в ущільненнях P_y у першому наближенні приймаємо рівним 25% від технологічного зусилля R_D :

$$P_y = 0,25 \cdot R_D$$

Запишемо рівняння балансу сил, що діють на корпус з урахуванням прийнятих співвідношень

$$p_1 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D_{П}^2 \cdot (1 - k^2) - p_0 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D_{П}^2 = 1,25 \cdot R_D$$

З останнього виразу виражаємо діаметр поршня

$$D_{П} = \sqrt{\frac{5 \cdot R_D}{\pi \cdot [p_1 \cdot (1 - k^2) - p_0]}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 1000}{3,14 \cdot [0,5 \cdot (1 - 0,5^2) - 0,196]}} = 157,3$$

де $R_D = 1000$ Н – технологічне зусилля;

$p_1 = 0,5$ МПа – робочий тиск;

$k = 0,5$ – відношення діаметра штока до діаметра поршня;

$p_0 = 0,196$ МПа – тиск гідравлічного опору в сливної лінії.

Визначаємо діаметр штока

$$d_{ШТ} = D_{П} \cdot k = 157,3 \cdot 0,5 = 78,7 \text{ мм.}$$

Відповідно до розрахункових розмірів гідроциліндра підйому поворотної стріли вибираємо циліндр з характеристиками:

- Діаметр поршня $D_{П} = 160$ мм;

- Діаметр штока $d_{Ш} = 80$ мм;

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- хід $S = 1750$ мм.

Для обраного циліндра розраховуємо площі поперечного перерізу:

- Штокова порожнина

$$F_1 = 0,25 \cdot \pi \cdot (D_{II}^2 - d_{III}^2) = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (160^2 - 80^2) = \\ = 15080 \text{ мм}^2 = 0,015 \text{ м}^2$$

- поршневої порожнини

$$F_2 = 0,25 \cdot \pi \cdot D_{II}^2 = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 160^2 = 20106 \text{ мм}^2 = 0,02 \text{ м}^2$$

Розраховуємо витрати робочої рідини

- при прямому ході

$$Q_1 = \frac{H}{t} \cdot F_1 = \frac{1,7}{50} \cdot 0,015 = 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 30,6 \text{ л/хв.}$$

- при зворотному ході

$$Q_2 = \frac{H}{t} \cdot F_2 = \frac{1,7}{50} \cdot 0,02 = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} = 40,8 \text{ л/хв.}$$

де $H = 1700$ мм = 1,7 м - перебіг циліндра;

$t = 50$ с – час циклу;

$F_1 = 0,015$ м² – площа поперечного перерізу штокової порожнини;

$F_2 = 0,02$ м² – площа поперечного перерізу поршневої порожнини.

За розрахунковий витрата $Q_{ПВ}$ робочої рідини приймаємо найбільший з Q_1 і Q_2 , тобто

$$Q_{ПВ} = Q_2 = 40,8 \text{ л/хв.}$$

2.7 Розрахунок і вибір насоса гідравлічного приводу

Розрахунок починаємо з визначення втрат тиску для протяжного замкнутого ланцюга приводу. Втрати складаються з перепадів тиску на гідроапаратах і сумарних втрат в трубопроводах.

Визначаємо сумарні втрати тиску на гідроапаратурі приводу з урахуванням складових розрахункового ланцюжка

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$\Sigma \Delta p_{АП} = \Delta p_{МК} + \Delta p_{ЗК} + 2 \cdot \Delta p_{БРС} + \Delta p_{РЗ} + \Delta p_{СЕК} + 2 \cdot \Delta p_{ЗМ} + \Delta p_{ГК} + \Delta p_{\Phi} =$$

$$= 0,027 + 0,016 + 2 \cdot 0,013 + 0,037 + 0,077 + 2 \cdot 0,037 + 0,023 + 0,025 = 0,305 \text{ МПа.}$$

де ($p_{МК} = 0,027$ МПа – перепад тиску на муфтовому крані;

$\Delta p_{ЗК} = 0,016$ МПа – перепад тиску на зворотному клапані;

$\Delta p_{БРС} = 0,013$ МПа – перепад тиску на сполучній муфті;

$\Delta p_{РЗ} = 0,037$ МПа – перепад тиску на розподільнику P_3 ;

$\Delta p_{СЕК} = 0,077$ МПа – перепад тиску на секції розподільника;

$\Delta p_{ЗМ} = 0,037$ МПа – перепад тиску на гідрозамку;

$\Delta p_{ГК} = 0,023$ МПа – перепад тиску на гальмівному клапані;

$\Delta p_{\Phi} = 0,025$ МПа – перепад тиску на лінійному фільтрі.

Визначаємо сумарні втрати тиску в трубопроводах

$$\Sigma \Delta p_{ТР} = \Delta p_{Т1} + \Delta p_{Т2} = 0,102 + 0,004 = 0,106 \text{ МПа}$$

де $\Delta p_{Т1} = 0,102$ МПа – втрати тиску в напірних трубопроводах;

$\Delta p_{Т2} = 0,004$ МПа – втрати тиску в зливних трубопроводах.

Визначаємо сумарні втрати тиску в гідроприводі

$$\Delta p = \Sigma \Delta p_{АП} + \Sigma \Delta p_{ТР} = 0,305 + 0,106 = 0,411 \text{ МПа}$$

Визначаємо розрахунковий тиск насоса

$$p_H = p_{РАБ} + \Delta p = 0,5 + 0,411 = 0,911 \text{ МПа.}$$

де $p_{РАБ} = 0,5$ МПа – прийнятий робочий тиск гідроприводу.

Визначаємо розрахункову подачу насоса (з урахуванням 3% на витоки)

$$Q_H = 1,03 \cdot Q_{РОБ} = 1,03 \cdot 40,8 = 42 \text{ л/хв.}$$

де $Q_{РОБ} = 40,8$ л/хв – необхідна витрата робочої рідини.

Вибираємо насос шестерінчастий нерегульований НШ 50У-3 з основними технічними характеристиками:

- номінальна подача $Q_{НОМ} = 45$ л/хв;
- номінальний тиск $p_{НОМ} = 1,0$ МПа;
- номінальна підведена потужність $N = 0,85$, кВт;
- повний к.п.д. $\eta = 0,75$.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо необхідний об'єм масляного бака

$$W_B = \frac{t_p}{60} \cdot Q_{НОМ} = \frac{50}{60} \cdot 45 = 37,5 \text{ л.}$$

де $t_p = 50$ с – час роботи гідроприводу.

$Q_{НОМ} = 45$ л/хв – номінальна подача насоса.

У розглянутому гідроциліндрі шток прикріплений шарнірно до нерухомої рами, а цапфа корпусу через шарнір з'єднана з кронштейном каретки. Для аналізу підбираються такі геометричні параметри: діаметр поршня (D_p), діаметр штока ($d_{ш}$) і хід корпусу (S). Хід циліндра має відповідати ходу каретки, який дорівнює $H = 1700$ мм. Для цього визначають площі поперечного перерізу порожнин: - штокової порожнини; - поршневої порожнини. Далі складається рівняння балансу сил, що діють на корпус уздовж осі гідроциліндра: $P_1 - P_2 = P_y + RD$, де: - P_1 – сила від тиску в штоковій порожнині, - P_2 – сила протитиску в поршневій порожнині, - P_y – сила тертя у сполученнях поршня і корпусу, - $RD = 1000$ Н – технологічне зусилля (сила опору руху). Сили P_1 і P_2 визначаються через площі перерізу та тиск: $P_1 = p_1 \cdot F_1$, $P_2 = p_0 \cdot F_2$, де: - p_1 – робочий тиск, - F_1 – площа перерізу штокової порожнини, - p_0 – тиск у зливній лінії, - F_2 – площа перерізу поршневої порожнини. Вводиться співвідношення між діаметром штока і поршня (k), на основі якого обчислюються площі поперечного перерізу штокової та поршневої порожнин. Силу тертя в ущільненнях (P_y) приймають рівною 25% від RD : $P_y = 0,25 \cdot RD$. На основі цих даних виводиться вираз для розрахунку діаметра поршня: $D_p = \sqrt{[(4 \cdot (P_y + RD)) / (\pi \cdot (p_1 - p_0) \cdot (1 - k^2))]}$. Далі розраховується діаметр штока: $d_{ш} = D_p \cdot k = 157,3 \cdot 0,5 = 78,7$ мм. Згідно з отриманими даними, вибирається гідроциліндр із характеристиками: - діаметр поршня $D_p = 160$ мм, - діаметр штока $d_{ш} = 80$ мм, - хід $S = 1750$ мм. Площі поперечного перерізу

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

становлять: - штокова порожнина: 15080 мм^2 ($0,015 \text{ м}^2$), - поршнева порожнина: 20106 мм^2 ($0,02 \text{ м}^2$). Також обчислюються витрати робочої рідини: - для прямого ходу: $30,6 \text{ л/хв}$; - для зворотного ходу: $40,8 \text{ л/хв}$. Максимальна витрата QПВ робочої рідини прирівнюється до Q2: $Q_{ПВ} = Q_2 = 40,8 \text{ л/хв}$. ### Розрахунок і вибір насоса Спершу визначаються втрати тиску в замкнутому контурі приводу. Втрати включають перепад на гідроапаратах і трубопроводах: - Сумарні втрати тиску на гідроапаратах: $\Sigma\Delta p_{гап} = \Delta p_{МК} + \Delta p_{ЗК} + 2 \cdot \Delta p_{БРС} + \Delta p_{РЗ} + \Delta p_{СЕК} + 2 \cdot \Delta p_{ЗМ} + \Delta p_{ГК} + \Delta p_{\Phi} = 0,027 + 0,016 + 2 \cdot 0,013 + 0,037 + 0,077 + 2 \cdot 0,037 + 0,023 + 0,025 = 0,305 \text{ МПа}$. - Сумарні втрати тиску в трубопроводах: $\Sigma\Delta p_{тр} = \Delta p_{т1} + \Delta p_{т2} = 0,102 + 0,004 =$

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1 Санітарно-гігієнічні заходи на підприємстві

В процесі виробничої діяльності на робочому місці виникають небезпечні і шкідливі чинники, які впливають на працюючого. До цих чинників відносяться пил, пари, гази, аерозолі МОР, електричний струм, частини рухомих механізмів, міжцеховий і внутрішньоцеховий транспорт. Для ефективної і безпечної роботи персоналу промислових підприємств важливо забезпечити на робочих місцях оптимальні умови.

При організації робочих місць необхідно забезпечити оптимальні умови праці. Оптимальні нормативи чинників робочого середовища встановлені для мікрокліматичних параметрів і чинників трудового навантаження. Для інших чинників за оптимальні умовно приймають такі умови праці, при яких шкідливі чинники відсутні або не перевищують рівні, прийняті як безпечні.

Характер і умови виконуваних робіт характеризується рядом показників: тяжкістю, напруженістю, поєднанням шкідливих і небезпечних чинників робочого середовища.

Згідно з санітарними нормами температура повітря за відсутності виділення теплоти від матеріалів і устаткування в опалювальних приміщеннях влітку і зимою повинні знаходитися приблизно на рівні 18...25°C. У деяких цехах машинобудівного підприємства спостерігається виділення великої кількості теплоти, тому температура підвищується.

Для теплового самопочуття людини важливо певне поєднання температури, відносної вологості і швидкості руху повітря. Вологість повітря чинить великий вплив на терморегуляцію організму. Підвищена вологість (більше 85%), утрудняє терморегуляцію внаслідок зниження випару поту, а занадто низька вологість (менше 20%) викликає пересихання слизових оболонок дихальних шляхів.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знижена температура повітря у виробничому приміщенні призводить до зниження працездатності, виникнення простудних захворювань; при роботах, що виконуються на відкритому повітрі можливі обмороження.

Підвищена температура викликає посилене потовиділення, що може привести до обезводнення та знесолювання організму. Для компенсації втрати води і солей робітникам гарячих цехів слід більше пити мінеральної води.

Існує комплекс оптимальних і допустимих метеорологічних умов для робочої зони приміщення, що включає значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря, при виборі яких необхідно враховувати: пора року – холодний і перехідний періоди з температурою зовнішнього повітря нижче 10°C і теплий період з температурою 10°C і вище; категорію робіт залежно від тяжкості виконуваних робіт.

Допустимі норми параметрів мікроклімату при тривалій і систематичній дії можуть викликати перехідні та швидкономалізуючі зміни функціонального і теплового стану організму і напруження реакцією терморегуляції, що не виходять за межі фізіологічних пристосовних можливостей.

Таким чином, для комфортної роботи на виробничих ділянках і цехах машинобудівного підприємства необхідно, щоб усі параметри мікроклімату в приміщенні знаходилися в межах допустимих норм, встановлених ДСН 3.3.6 042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Сприятливі метеорологічні умови на виробництві (18...20°C при швидкості руху повітря 0,2...0,3 м/с і відносній вологості 40...60%) є важливим чинником в забезпеченні високої продуктивності праці і в профілактиці захворювань. При недотриманні гігієнічних норм мікроклімату знижується працездатність людини, зростає небезпека виникнення травм і ряду захворювань, у тому числі професійних.

Окрім фізичних параметрів повітря виробничого приміщення, необхідно також забезпечити дотримання норм загазованості та запиленості.

При виробництві виливок чорних металів в повітря робочої зони виділяються небезпечні та шкідливі речовини, джерелом яких є компоненти

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

(феромарганцеві розкислювачі, присадки), що плавляться, а також мастильні матеріали литких форм (гас, мінеральні масла, речовини для знежирення). На ділянку механічної обробки відливання поступають з формувальною сумішшю, що залишається, усередині порожнини вилівка.

Для запобігання отруєнням парами, що виділяються залишками формувальної суміші, а також для очищення повітря від пилу, парів МОР, використовується місцева припливно-витяжна вентиляція. Вміст шкідливих речовин в повітрі, що поступає у виробниче приміщення, не повинно перевищувати 0,3 ГДК, встановлених для робочої зони виробничих приміщень.

Іншим важливим чинником, що впливає на умови праці на ділянці, є освітленість робочого місця. Обдирну обробку виливків можна віднести до роботи грубої точності, оскільки не вимагає маніпуляцій з дрібними предметами. Згідно з санітарними нормами освітлення робочих поверхонь завантажувальних пристроїв повинна складати не менше 100 лк.

3.2 Виробниче освітлення

На ділянці обробки виливків для освітлення робочих місць використовується поєднане освітлення, тобто штучне і природне. Штучне освітлення є світильниками, підвішеними до стелі. Природне освітлення це віконні отвори на стелі і в стінах.

Раціональне освітлення покращує умови роботи очей, знижує стомлення, сприяє підвищенню продуктивності праці і якості продукції, що випускається, а також сприятливо впливає на виробниче середовище, чинячи позитивну психологічну дію на працюючу, підвищує безпеку праці і знижує травматизм на виробництві.

3.2.1 Розрахунок штучного освітлення

Розрахуємо штучне виробниче освітлення ділянки методом світлового потоку.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При проектуванні систем освітлення необхідно брати до уваги надійність і економічність вибраних джерел світла. Нині на зміну енергоємним лампам розжарювання приходять газорозрядні лампи, які до того ж мають світіння, наближене до природного денного світла. Заздалегідь в якості джерела світла призначаємо газорозрядні лампи ЛД80 зі світловим потоком 4070 лм, встановлені у світильники типу ПВЛ.

Число світильників в приміщенні, визначається за формулою

$$N = \frac{E_{\text{НОРМ}} \cdot S \cdot Z \cdot k_z}{\Phi_{\text{Л}} \cdot \eta}$$

де $E_{\text{НОРМ}} = 200$ лк – нормована мінімальна освітленість;

S – площа освітлюваного приміщення

$$S = A \cdot B = 30 \cdot 25 = 750 \text{ м}^2.$$

$A = 30$ м – довжина приміщення;

$B = 25$ м – ширину приміщення;

$Z = 1,3$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

$k_z = 1,5$ – коефіцієнт запасу;

$\Phi_{\text{Л}} = 4070$ лм – світловий потік однієї лампи;

$\eta = 0,37$ – коефіцієнт використання світлового потоку при показнику приміщення i

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{30 \cdot 25}{5,7 \cdot (30 + 25)} = 2,4$$

H_p – висота світильника над робочою поверхнею

$$H_p = H - h_C - h_P = 7 - 0,5 - 0,8 = 5,7 \text{ м}$$

$H = 7$ м – висота цеху;

$h_C = 0,5$ м – відстань світлового центру світильника від стелі;

$h_P = 0,8$ м – відстань від поверхні підлоги до робочої площини рольганга;

$$N = \frac{200 \cdot 750 \cdot 1,3 \cdot 1,5}{4070 \cdot 0,37} = 196 \text{ шт}$$

Таким чином, в результаті розрахунку отримуємо, що для освітлення виробничого приміщення площею 750 м² необхідно встановити 196 світильників типу ПВЛ, розташувати в два ряди по дві лампи у світильнику.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Протипожежна безпека

Підприємства машинобудівної промисловості нерідко відрізняються підвищеною пожежною небезпекою, оскільки їх характеризує складність виробничих установок, значна кількість легко займистих і горючих рідин, зріджених горючих газів, твердих горючих матеріалів, є дуже пожежонебезпечними; велика кількість місткостей і апаратів, в яких знаходяться пожежонебезпечні продукти під тиском; велика оснащеність електропристроями.

Причини пожеж, що виникають на машинобудівних підприємствах наступні: порушення технологічного режиму; несправність електроустаткування (коротких замикань, перевантаження і великі перехідні опори); погана підготовка устаткування до ремонту; самозаймання промасленого дрантя і інших матеріалів, схильних до самонагрівання; знос і корозія устаткування; несправність запірної арматури і відсутність заглушок на ремонтованих апаратах і трубопроводах; іскри при електро- і газозварювальних роботах; несправність каналізації і гідрозасувів; конструктивні недоліки устаткування; ремонт устаткування на ходу; реконструкція установок з відхиленням від технологічних схем.

Виробнича будівля цеху, на якій планується розміщення рольганга відноситься до категорії вибухопожежній та пожежній небезпеці.

Відповідно до нормативних вимог у цеху мають бути передбачені наступні протипожежні заходи: внутрішній протипожежний водопровід; автоматична пожежна сигналізація; сповіщення про пожежу; об'ємно-планувальні і технічні рішення, що забезпечують своєчасну евакуацію людей і автотранспорту на випадок пожежі.

Для внутрішньої пожежогасінні у цеху має бути протипожежний водопровід, що забезпечує витрату води 2×5 л/с. Внутрішні пожежні крани розміщені в спеціальних шафах, мають необхідний інвентар і забезпечені вільним доступом.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішня пожежогасіння передбачається від гідрантів міської водопровідної мережі з витратою 30 л/с відповідно до вимогам. До гідрантів забезпечений вільний доступ і під'їзд для пожежних автомобілів.

Цех має бути обладнаний первинними засобами пожежогасіння, пожежні щити укомплектовані пожежним інвентарем (багор, лопата, ящик з піском), який розміщений у вільно доступних місцях. Є покажчики про місця розташування пожежних щитів.

Пожежонебезпечні приміщення обладнані автоматичною пожежною сигналізацією, призначеною для виявлення пожежі за допомогою пожежної сигналізації і повідомлення про місце його виникнення на приймально-контрольний пристрій, розміщений в приміщенні прохідної. Здійснення зв'язку з підрозділами пожежної охорони передбачене за допомогою телефонної мережі від приймально-контрольного пункту, на якому ведеться цілодобове чергування.

3.4 Охорона довкілля

При проектуванні, будівництві, реконструкції, а також організації роботи промислових підприємств необхідно прагнути до зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, охорону водних і земельних ресурсів.

В процесі промислового виробництва створюються корисні для людини продукти, але одночасно виникають великі кількості викидів виробництв, частенько шкідливих, повертаних людиною в довкілля, зокрема в атмосферу.

Викиди в атмосферу чинять шкідливу дію на людину, тварин і рослинний світ. Щорічно промисловими підприємствами викидаються величезні маси пилу, кислотоутворюючих газів (NO, SO₂, SO₃ і так далі), різних органічних речовин. Стан атмосфери значно погіршується під дією тих, що поступають в неї радіоактивних, електромагнітних, акустичних випромінювань.

Зміна складу атмосфери відбувається під впливом як природних процесів (дихання - респірації) або процесу розкладання речовин, так і в результаті

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

діяльності людини. Забруднення атмосфери відбувається за допомогою спалювання деревини, вугілля і нафти, а також виробничої діяльності. До основних джерел забруднення відносяться: промислові підприємства, транспорт, теплоенергетика, сільське господарство.

Окрім С і SO₂ можливі викиди хлористого водню, п'ятиокису ванадію, з'єднань марганцю, нікелю, цинку, бенз(а)пирена, фтористого водню і фенолу в кількостях, що не перевищують гранично-допустимої концентрації.

Своєрідна форма забруднення атмосфери – шум, який став чинником великого соціального значення. Сильні шуми не лише дратують нервову систему людини, але і можуть стати дуже небезпечними.

В процесі виробничої діяльності на робочому місці виникають небезпечні і шкідливі чинники, які впливають на працюючого. До цих чинників відносяться пил, пари, газы, аерозолі МОР, електричний струм, частини рухомих механізмів, міжцеховий і внутрішньоцеховий транспорт. Для ефективної і безпечної роботи персоналу промислових підприємств важливо забезпечити на робочих місцях оптимальні умови.

При організації робочих місць необхідно забезпечити оптимальні умови праці. Оптимальні нормативи чинників робочого середовища встановлені для мікрокліматичних параметрів і чинників трудового навантаження. Для інших чинників за оптимальні умовно приймають такі умови праці, при яких шкідливі чинники відсутні або не перевищують рівні, прийняті як безпечні.

Характер і умови виконуваних робіт характеризується рядом показників: тяжкістю, напруженістю, поєднанням шкідливих і небезпечних чинників робочого середовища.

Згідно з санітарними нормами температура повітря за відсутності виділення теплоти від матеріалів і устаткування в опалювальних приміщеннях влітку і зимою повинні знаходитися приблизно на рівні 18...25°C. У деяких

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

цехах машинобудівного підприємства спостерігається виділення великої кількості теплоти, тому температура підвищується.

Для теплового самопочуття людини важливо певне поєднання температури, відносної вологості і швидкості руху повітря. Вологість повітря чинить великий вплив на терморегуляцію організму. Підвищена вологість (більше 85%), утрудняє терморегуляцію внаслідок зниження випару поту, а занадто низька вологість (менше 20%) викликає пересихання слизових оболонок дихальних шляхів.

Знижена температура повітря у виробничому приміщенні призводить до зниження працездатності, виникнення простудних захворювань; при роботах, що виконуються на відкритому повітрі можливі обмороження.

Підвищена температура викликає посилене потовиділення, що може привести до обезводнення та знесолювання організму. Для компенсації втрати води і солей робітникам гарячих цехів слід більше пити мінеральної води.

Існує комплекс оптимальних і допустимих метеорологічних умов для робочої зони приміщення, що включає значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря, при виборі яких необхідно враховувати: пора року – холодний і перехідний періоди з температурою зовнішнього повітря нижче 10°C і теплий період з температурою 10°C і вище; категорію робіт залежно від тяжкості виконуваних робіт.

Допустимі норми параметрів мікроклімату при тривалій і систематичній дії можуть викликати перехідні та швидкоконормалізуючі зміни функціонального і теплового стану організму і напруження реакцією терморегуляції, що не виходять за межі фізіологічних пристосовних можливостей.

Таким чином, для комфортної роботи на виробничих ділянках і цехах машинобудівного підприємства необхідно, щоб усі параметри мікроклімату в приміщенні знаходилися в межах допустимих норм, встановлених ДСН 3.3.6 042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Сприятливі метеорологічні умови на виробництві (18...20°C при швидкості руху повітря 0,2...0,3 м/с і відносній вологості 40...60%) є важливим

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

чинником в забезпеченні високої продуктивності праці і в профілактиці захворювань. При недотриманні гігієнічних норм мікроклімату знижується працездатність людини, зростає небезпека виникнення травм і ряду захворювань, у тому числі професійних.

Окрім фізичних параметрів повітря виробничого приміщення, необхідно також забезпечити дотримання норм загазованості та запиленості.

При виробництві виливок чорних металів в повітря робочої зони виділяються небезпечні та шкідливі речовини, джерелом яких є компоненти (феромарганцеві розкислювачі, присадки), що плавляться, а також мастильні матеріали литких форм (гас, мінеральні масла, речовини для знежирення). На ділянку механічної обробки відливання поступають з формувальною сумішшю, що залишається, усередині порожнини виливка.

Для запобігання отруєнням парами, що виділяються залишками формувальної суміші, а також для очищення повітря від пилу, парів МОР, використовується місцева припливно-витяжна вентиляція. Вміст шкідливих речовин в повітрі, що поступає у виробниче приміщення, не повинно перевищувати 0,3 ГДК, встановлених для робочої зони виробничих приміщень.

Іншим важливим чинником, що впливає на умови праці на ділянці, є освітленість робочого місця. Обдирну обробку виливків можна віднести до роботи грубої точності, оскільки не вимагає маніпуляцій з дрібними предметами. Згідно з санітарними нормами освітлення робочих поверхонь завантажувальних пристроїв повинна складати не менше 100 лк.

3.2 Виробниче освітлення

На ділянці обробки виливків для освітлення робочих місць використовується поєднане освітлення, тобто штучне і природне. Штучне освітлення є світильниками, підвішеними до стелі. Природне освітлення це віконні отвори на стелі і в стінах.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Раціональне освітлення покращує умови роботи очей, знижує стомлення, сприяє підвищенню продуктивності праці і якості продукції, що випускається, а також сприятливо впливає на виробниче середовище, чинячи позитивну психологічну дію на працюючу, підвищує безпеку праці і знижує травматизм на виробництві.

3.2.1 Розрахунок штучного освітлення

Розрахуємо штучне виробниче освітлення ділянки методом світлового потоку.

При проектуванні систем освітлення необхідно брати до уваги надійність і економічність вибраних джерел світла. Нині на зміну енергоємним лампам розжарювання приходять газорозрядні лампи, які до того ж мають світіння, наближене до природного денного світла. Заздалегідь в якості джерела світла призначаємо газорозрядні лампи ЛД80 зі світловим потоком 4070 лм, встановлені у світильники типу ПВЛ.

Число світильників в приміщенні, визначається за формулою

$$N = \frac{E_{\text{НОРМ}} \cdot S \cdot Z \cdot k_z}{\Phi_{\text{Л}} \cdot \eta}$$

де $E_{\text{норм}} = 200$ лк – нормована мінімальна освітленість;

S – площа освітлюваного приміщення

$$S = A \cdot B = 30 \cdot 25 = 750 \text{ м}^2.$$

$A = 30$ м – довжина приміщення;

$B = 25$ м – ширину приміщення;

$Z = 1,3$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

$k_z = 1,5$ – коефіцієнт запасу;

$\Phi_{\text{Л}} = 4070$ лм – світловий потік однієї лампи;

$\eta = 0,37$ – коефіцієнт використання світлового потоку при показнику приміщення i

$$i = \frac{A \cdot B}{N_p \cdot (A + B)} = \frac{30 \cdot 25}{5,7 \cdot (30 + 25)} = 2,4$$

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

H_p – висота світильника над робочою поверхнею

$$H_p = H - h_C - h_P = 7 - 0,5 - 0,8 = 5,7 \text{ м}$$

$H = 7 \text{ м}$ – висота цеху;

$h_C = 0,5 \text{ м}$ – відстань світлового центру світильника від стелі;

$h_P = 0,8 \text{ м}$ – відстань від поверхні підлоги до робочої площини рольганга;

$$N = \frac{200 \cdot 750 \cdot 1,3 \cdot 1,5}{4070 \cdot 0,37} = 196 \text{ шт}$$

Таким чином, в результаті розрахунку отримуємо, що для освітлення виробничого приміщення площею 750 м^2 необхідно встановити 196 світильників типу ПВЛ, розташувати в два ряди по дві лампи у світильнику.

3.3 Протипожежна безпека

Підприємства машинобудівної промисловості нерідко відрізняються підвищеною пожежною небезпекою, оскільки їх характеризує складність виробничих установок, значна кількість легко займистих і горючих рідин, зріджених горючих газів, твердих горючих матеріалів, є дуже пожежонебезпечними; велика кількість місткостей і апаратів, в яких знаходяться пожежонебезпечні продукти під тиском; велика оснащеність електропристроями.

Причини пожеж, що виникають на машинобудівних підприємствах наступні: порушення технологічного режиму; несправність електроустаткування (коротких замикань, перевантаження і великі перехідні опори); погана підготовка устаткування до ремонту; самозаймання промасленого дрантя і інших матеріалів, схильних до самонагрівання; знос і корозія устаткування; несправність запірної арматури і відсутність заглушок на ремонтованих апаратах і трубопроводах; іскри при електро- і газозварювальних роботах; несправність каналізації і гідрозасувів; конструктивні недоліки устаткування; ремонт устаткування на ходу; реконструкція установок з відхиленням від технологічних схем.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробнича будівля цеху, на якій планується розміщення рольганга відноситься до категорії вибухопожежній та пожежній небезпеці.

Відповідно до нормативних вимог у цеху мають бути передбачені наступні протипожежні заходи: внутрішній протипожежний водопровід; автоматична пожежна сигналізація; сповіщення про пожежу; об'ємно-планувальні і технічні рішення, що забезпечують своєчасну евакуацію людей і автотранспорту на випадок пожежі.

Для внутрішньої пожежогасінні у цеху має бути протипожежний водопровід, що забезпечує витрату води 2×5 л/с. Внутрішні пожежні крани розміщені в спеціальних шафах, мають необхідний інвентар і забезпечені вільним доступом.

Зовнішня пожежогасіння передбачається від гідрантів міської водопровідної мережі з витратою 30 л/с відповідно до вимогам. До гідрантів забезпечений вільний доступ і під'їзд для пожежних автомобілів.

Цех має бути обладнаний первинними засобами пожежогасіння, пожежні щити укомплектовані пожежним інвентарем (багор, лопата, ящик з піском), який розміщений у вільно доступних місцях. Є покажчики про місця розташування пожежних щитів.

Пожежонебезпечні приміщення обладнані автоматичною пожежною сигналізацією, призначеною для виявлення пожежі за допомогою пожежної сигналізації і повідомлення про місце його виникнення на приймально-контрольний пристрій, розміщений в приміщенні прохідної. Здійснення зв'язку з підрозділами пожежної охорони передбачене за допомогою телефонної мережі від приймально-контрольного пункту, на якому ведеться цілодобове чергування.

3.4 Охорона довкілля

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

При проектуванні, будівництві, реконструкції, а також організації роботи промислових підприємств необхідно прагнути до зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, охорону водних і земельних ресурсів.

В процесі промислового виробництва створюються корисні для людини продукти, але одночасно виникають великі кількості викидів виробництв, частенько шкідливих, повертаних людиною в довкілля, зокрема в атмосферу.

Викиди в атмосферу чинять шкідливу дію на людину, тварин і рослинний світ. Щорічно промисловими підприємствами викидаються величезні маси пилу, кислотоутворюючих газів (NO, SO₂, SO₃ і так далі), різних органічних речовин. Стан атмосфери значно погіршується під дією тих, що поступають в неї радіоактивних, електромагнітних, акустичних випромінювань.

Зміна складу атмосфери відбувається під впливом як природних процесів (дихання - респірації) або процесу розкладання речовин, так і в результаті діяльності людини. Забруднення атмосфери відбувається за допомогою спалювання деревини, вугілля і нафти, а також виробничої діяльності. До основних джерел забруднення відносяться: промислові підприємства, транспорт, теплоенергетика, сільське господарство.

Окрім C і SO₂ можливі викиди хлористого водню, п'ятиокису ванадію, з'єднань марганцю, нікелю, цинку, бенз(а)пирена, фтористого водню і фенолу в кількостях, що не перевищують гранично-допустимої концентрації.

Своєрідна форма забруднення атмосфери – шум, який став чинником великого соціального значення. Сильні шуми не лише дратують нервову систему людини, але і можуть стати дуже небезпечними.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В даній випускній роботі було виконано конструювання роликового конвеєра.

В процесі виконання роботи я навчився розраховувати основні параметри рольганга, використовуваного для обслуговування робочої зони агрегатного верстата. Розробив компоувальну схему рольганга, провів розрахунок і проектування роликів елементів, зробив розрахунок робочих параметрів гідроциліндра та гідравлічного приводу. Навчився конструювати деталі і вузли підйомника: зварні станини, рами, елементи гідравлічного приводу. Було виконано розділ з охорони праці та навколишнього середовища.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрегатно модульне технологічне обладнання нового покоління, його оснащення та інструментальне забезпечення. Під заг. Ред. Ю.М. Кузнєцова. Навч. Посібник для ВНЗ. Кіровоград, 2003. – 507с.
2. Бочков В.М., Сілін Р.І., Гаврильченко О.В. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів: Підручник за ред. Р.І. Сіліна. – Львів: Видавництво «Бескид Бід», 2008. – 448с.
3. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., Туряб Л.В., Лико Х.В. Практикум з охорони роботи. Навчальний посібник / За ред. В.Ц. Жидецького. - Львів: Афіша, 2000.- 352с.
4. Деталі машин: Навчальний посібник / Г.М. Борозенець, В.М. Павлов., І. В. Семак. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 220 с.
5. Підшипники кочення: Ч.1. Кулькові підшипники [Електронний ресурс] : навч. наоч. посіб. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. А.К. Скураговський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 51 с.
6. Гандзюк М.П., Желібо Е.Л., Халімовський М.О. Основи охорони роботи./ За ред. М.П. Гандзюка.- К.: Каравела, 2004.- 408с.
7. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.; з іл.
8. Рудь В.Д., Божко Т.Є., Гальчук Т.Н. Методологія підготовки випускної роботи за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (освітній рівень – бакалавр; спеціалізація – технологія машинобудування) / Навчальний посібник / Під загальною редакцією професора В.Д. Рудя – Луцьк: Інформційно-видавничий відділ Луцького НТУ. – 2017. – 500с.
9. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних вестатах:

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Монографія Упорядник Кузнецов Ю.М. – К.: - Тернопіль: Терно-граф, 2011. - 692с.

10. Муляр Ю.І. Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина ІІ: навчальний посібник. / Ю.І. Муляр, С.В. Репінський. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 123 с.

11. Кобзар Є.П., Мельничук Л.С., Громовий О.А. Розрахунки і проектування вузлів та деталей верстатів і систем: Навчальний посібник. - Житомир: ЖІТІ, 2000. - 361 с.

12. Губський А.І., Цивільна оборона. – К.: Міністерство освіти, 1995. – 216 с.

13. Металорізальні верстати. Кінематичний аналіз. Практикум до виконання практичних та лабораторних робіт [Електронний ресурс]: Навч. посібник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Металорізальні верстати та системи» / О.В. Шевченко, А.Ю. Беляєва; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,5 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 86 с.

14. Данильченко Ю.М., Шевченко О.В., Ковальов В.А., Волошин В.Н. Металообробне обладнання. Кінематичний аналіз металорізальних верстатів: Навч. посіб. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 60 с.

15. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підруч для студ вищих навч закладів. За ред. М.П. Гандзюка – К Каравела, 2004 - 408 с

16. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов, Р.В. Сабарно, О.І. Полукаров, В.С. Коз'яков, Л.О. Мітюк. За ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2006 – 448 с.

17. Пожарова О.В. Охорона праці: навчальний посібник / О.В. Пожарова. – Одеса, 2022. - 86 с.

18. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

					039Б – 25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		