

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра: „Матеріалознавство та ливарне виробництво”

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою МЛІВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр Кузик

“ _____ ” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА **за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**

на тему:

**“Конструювання і розрахунок мостового двобалкового
крана ливарного цеху вантажопідйомністю 20 т”**

**“Design and calculation of a double-girder bridge crane of a
foundry with a lifting capacity of 20 tons”**

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ПМ-22з-1

спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

_____ Бадердінов В.В.

“ _____ ” _____ 2026 р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

_____ Віктор Ломакін

“ _____ ” _____ 2026 р.

Рецензент _____

**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет _____ механіко-технологічний _____
Кафедра _____ матеріалознавства та ливарного виробництва _____
Рівень вищої освіти _____ бакалавр _____
Галузь знань _____ прикладна механіка _____
Спеціальність _____ 131 – Прикладна механіка _____
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

_____ Бадердінов Віталій Вікторович _____

прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: “Конструювання і розрахунок мостового двобалкового крана ливарного цеху вантажопідйомністю 20 т”, затверджена наказом по університету № 167-02 від 13.03.26.
2. Керівник роботи: Ломакін Віктор Миколайович, к.т.н., доцент _____
3. Строк подання роботи до захисту: ____.06.2026 р.
4. Мета кваліфікаційної роботи: виконати конструювання мостового двобалкового крана ливарного цеху вантажопідйомністю 20 т.
Завдання роботи: проектний розрахунок мостового двобалкового крана ливарного цеху вантажопідйомністю 20 т.

Креслення: загальний вид мостового двобалкового крана, вантажний візок, гакова підвіска.

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Огляд підйомних машин ливарних цехів	Ломакін В. М.		
Конструювання і розрахунок мостового двобалкового крана вантажопідйомністю 20 т	Ломакін В. М.		
Креслення	Ломакін В. М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд підйомних машин ливарних цехів		
2.	Конструювання і розрахунок мостового двобалкового крана вантажопідйомністю 20 т		
3.	Креслення		
5.	Оформлення пояснювальної записки		
6.	Оформлення рецензії		
7.	Захист кваліфікаційної роботи		

Дата видачі завдання:

“ ____ ” _____ 2026 р.

Підпис керівника

Ломакін В.М.

(прізвище та ініціали)

Підпис здобувача

Бадердінов В.В.

(прізвище та ініціали)

Анотація

стор. 48, рис. 6, бібліографічних назв 3

**Мостовий двобалковий кран, візок, барабан, гакова підвіска, міст крана,
канат, механізм пересування візка, механізм пересування крана**

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему: “Конструювання та розрахунок мостового двобалкового крана ливарного цеху вантажопідйомністю 20 т” складається з трьох розділів.

В роботі за вихідними даними виконано конструювання і проектний розрахунок мостового двобалкового крана ливарного цеху вантажопідйомністю 20 т.

Annotation

Page 48, fig. 6, bibliographic titles 3

Double-girder overhead crane, trolley, drum, hook suspension, crane bridge, rope, trolley movement mechanism, crane movement mechanism

The qualification work for the first (bachelor's) level of higher education on the topic: "Design and calculation of a double-girder bridge crane a foundry shop with a lifting capacity of 20 tons" consists of three sections.

In the work, based on the initial data, the design and design calculation of a double-girder bridge crane for a foundry with a lifting capacity of 20 tons was performed.

	Зміст	стор.
Вступ		7
1. Класифікація вантажопідйомних машин ливарних цехів		10
1.1. Загальна характеристика		10
1.1.1. Магнітні крани		10
1.1.2. Козлові крани на шихтовому дворі		11
1.1.3. Однобалкові мостові крани		12
1.1.4. Двобалкові мостові крани.....		13
1.1.5. Кран-балки		14
1.1.6. Грейферні крани		15
1.1.7. Підвісні тельферні системи та монорейкові дороги		16
1.2. Мета і завдання роботи		18
2. Конструювання мостового двобалкового крана		19
2.1. Вантажний візок		19
2.2. Тролеї		20
2.3. Траверса		22
2.4. Міст крана		23
2.5. Система керування краном		24
2.6. Пристрої безпеки		25
3. Проектний розрахунок мостового двобалкового крана вантажопідйомністю 20 т		27
3.1. Призначення і конструктивне виконання мостового крана		27
3.2. Розрахунок механізму підйому		29
4.3. Розрахунок механізму пересування візка		38
4.4. Розрахунок механізму пересування крана		42
Висновок		47
Список літератури.....		48
Додатки		49

ВСТУП

Підйомні машини відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної та безпечної роботи ливарних цехів, де постійно здійснюються операції з переміщення важких вантажів, форм, виливків та металевих заготовок. Сучасне ливарне виробництво неможливо уявити без використання кранів, тельферів, мостових і консольних підйомних механізмів, які значно полегшують трудомісткі процеси та підвищують продуктивність праці [1].

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення рівня автоматизації та безпеки у ливарних цехах, де умови праці часто є складними, агресивними та потенційно небезпечними. Високі температури, запиленість, наявність агресивних середовищ, а також значні динамічні навантаження створюють додаткові труднощі при експлуатації підйомно-транспортного обладнання. Використання підйомних машин дозволяє зменшити фізичне навантаження на працівників, мінімізувати ризики травматизму та забезпечити точність і швидкість виконання технологічних операцій.

Разом із тим, у сфері застосування підйомних машин існує ряд проблемних питань. Одним із основних є зношування механізмів і вузлів в умовах інтенсивної експлуатації, що призводить до зниження надійності обладнання та потребує регулярного технічного обслуговування. Іншою важливою проблемою є забезпечення стійкості та точності переміщення вантажів, особливо при великих прольотах мостових кранів, де виникають перекоси, додаткові напруження та нерівномірний розподіл навантаження.

Суттєве значення має і проблема енергоефективності приводів, оскільки підйомні механізми працюють у повторно-короткочасному режимі з частими пусками та зупинками. Неправильний підбір двигунів і редукторів може призвести до перевитрати електроенергії та зниження ресурсу обладнання. Також актуальним є питання автоматизації та впровадження сучасних систем керування, що дозволяють підвищити точність позиціонування вантажів і зменшити вплив людського фактору [2].

Окремої уваги заслуговує питання вибору матеріалу для металоконструкції моста мостового крана, оскільки саме цей елемент сприймає основні навантаження. Найчастіше для виготовлення мостів застосовуються конструкційні сталі, такі як низьколеговані та вуглецеві сталі (наприклад, типу Ст3, 09Г2С тощо).

Вибір матеріалу має як переваги, так і недоліки [3].

Переваги використання сталей:

висока міцність і жорсткість конструкції;

добра зварюваність, що важливо для виготовлення балкових елементів;

відносно невисока вартість;

можливість роботи при значних динамічних навантаженнях.

Недоліки:

значна маса конструкції, що збільшує навантаження на опори та механізми пересування;

схильність до корозії, особливо в умовах ливарного виробництва;

зниження механічних властивостей при високих температурах;

можливість виникнення втомних тріщин при циклічних навантаженнях.

Альтернативою можуть виступати високоміцні сталі або навіть алюмінієві сплави, які дозволяють зменшити масу конструкції, проте їх застосування обмежується вищою вартістю та складністю виготовлення. Таким чином, вибір матеріалу є компромісом між міцністю, масою, довговічністю та економічною доцільністю.

У даній роботі розглядаються основні типи підйомних машин, що застосовуються в ливарному виробництві, їх конструктивні особливості, принципи роботи та вимоги до експлуатації. Особлива увага приділяється питанням надійності, безпеки, довговічності та ефективності використання підйомно-транспортного обладнання в умовах сучасного виробництва, а також обґрунтуванню вибору конструктивних рішень і матеріалів.

За відомими вихідними даними розроблено конструктивне рішення для крана заданої вантажопідйомності. Проектний розрахунок підтвердив функціональність спроектованого мостового двобалкового крана вантажопідйомністю 20 т.

1. КЛАСИФІКАЦІЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН ЛИВАРНИХ ЦЕХІВ

1.1. Загальна характеристика

1.1.1. Магнітні крани

Магнітні крани є спеціалізованим видом підйомно-транспортного обладнання, яке застосовується для переміщення феромагнітних матеріалів, таких як сталь, чавун та металобрухт. Їхня особливість полягає у використанні електромагніта як вантажозахоплювального пристрою. Під час подачі електричного струму в обмотку електромагніта створюється потужне магнітне поле, яке надійно утримує металевий вантаж. Після вимкнення живлення магнітне поле зникає, і вантаж може бути швидко скинутий у потрібному місці.

Такі крани складаються з мостової або стрілової конструкції, підйомного візка з електромагнітом, системи керування та джерела електроживлення. У багатьох випадках передбачаються резервні системи живлення, що забезпечують утримання вантажу навіть у разі раптового відключення електроенергії, що є важливим аспектом безпеки.

Магнітні крани широко використовуються у металургійній та ливарній промисловості, де необхідно швидко та ефективно переміщувати металеву шихту, заготовки або металобрухт до плавильних агрегатів. Їх застосування дозволяє значно підвищити продуктивність праці, зменшити частку ручних операцій і скоротити час завантаження матеріалів.

Завдяки високій швидкості роботи та відсутності потреби в механічних захоплювальних пристроях магнітні крани є зручними в експлуатації та ефективними у виробничих умовах. Водночас їх використання обмежується лише феромагнітними матеріалами, що визначає специфіку їх застосування в промисловості.

1.1.2. Козлові крани на шихтовому дворі

Козлові крани на шихтовому дворі є одним із основних видів підйомно-транспортного обладнання, що забезпечує механізацію процесів складування, сортування та подачі шихтових матеріалів у ливарному або металургійному виробництві. Вони являють собою різновид мостових кранів, у яких пролітна конструкція спирається на дві опори (ноги), що пересуваються по рейкових коліях, розташованих уздовж робочої зони шихтового двору.

Основне призначення таких кранів полягає у переміщенні сипких і штучних матеріалів, зокрема металобрухту, руди, флюсів та інших компонентів шихти, які використовуються для плавлення металу. Завдяки великому прольоту та значній вантажопідйомності козлові крани можуть обслуговувати великі відкриті склади, забезпечуючи ефективну організацію простору та безперервність виробничого процесу.

Робочим органом козлових кранів на шихтових дворах найчастіше є грейфер або магнітний захват, що дозволяє працювати з різними типами матеріалів. Керування такими кранами зазвичай здійснюється з кабіни машиніста або дистанційно, що підвищує безпеку та зручність експлуатації.

Застосування козлових кранів значно підвищує продуктивність шихтових дворів, скорочує час завантаження матеріалів і зменшує потребу в ручній праці. Вони є важливим елементом інфраструктури металургійних і ливарних підприємств, де необхідна швидка та безперервна подача сировини до виробничих агрегатів.

1.1.3. Однобалкові мостові крани

Однобалкові мостові крани є поширеним видом підйомно-транспортного обладнання, яке широко застосовується у виробничих цехах, складах та ливарних підприємствах для переміщення вантажів середньої та малої маси. Їх конструкція відрізняється від двобалкових тим, що пролітна частина виконана у вигляді однієї несучої балки, яка спирається на кінцеві балки та пересувається по підкранових коліях, закріплених на опорах будівлі або спеціальних естакадах.

Основним робочим органом такого крана є електрична таль або тельфер, який переміщується вздовж пролітної балки та забезпечує підйом і опускання вантажу. Завдяки такій конструкції однобалкові крани мають відносно невелику масу, простіші у виготовленні та обслуговуванні, а також є більш економічними порівняно з більш складними кранами.

У ливарному виробництві однобалкові мостові крани використовуються для допоміжних операцій: переміщення форм, інструменту, невеликих виливків, контейнерів із матеріалами або допоміжного обладнання. Вони ефективно працюють у цехах з обмеженим простором, де немає потреби у великій вантажопідйомності.

До переваг таких кранів належать простота конструкції, невисока вартість, компактність та легкість монтажу. Водночас їх можливості обмежені вантажопідйомністю та прольотом, тому вони не використовуються для транспортування особливо важких вантажів.

Однобалкові мостові крани є важливим елементом внутрішньоцехової логістики, забезпечуючи ефективне виконання допоміжних підйомно-транспортних операцій у різних галузях промисловості, зокрема й у ливарному виробництві.

1.1.4. Двобалкові мостові крани

Двобалкові мостові крани є одним із найпотужніших і найпоширеніших типів підйомно-транспортного обладнання, що застосовується у важкій промисловості, зокрема в ливарних цехах, металургії та машинобудуванні. Їх конструкція базується на двох паралельних несучих балках, які утворюють пролітну частину крана і спираються на кінцеві балки з ходовими колесами. Ці колеса переміщуються по підкранових коліях, закріплених на колонах будівлі або спеціальних естакадах, що дозволяє кранам обслуговувати значні виробничі площі.

Основним робочим органом двобалкового крана є вантажний візок, який рухається по верхніх або нижніх полицях мостових балок. На цьому візку розміщується підйомний механізм — зазвичай електрична лебідка або тельфер підвищеної вантажопідйомності. Саме така конструкція дозволяє досягати значно більшої вантажопідйомності порівняно з однобалковими кранами, а також забезпечує високу жорсткість і стабільність при роботі з важкими вантажами.

У ливарному виробництві двобалкові мостові крани відіграють ключову роль, оскільки саме вони забезпечують виконання найвідповідальніших операцій. З їх допомогою транспортують плавильні ковші з розплавленим металом, великогабаритні форми, виливки значної маси, а також здійснюють монтаж і демонтаж технологічного обладнання. У таких умовах до кранів висуваються особливо високі вимоги щодо надійності, точності керування та безпеки експлуатації. Конструктивна перевага двобалкових кранів полягає у можливості встановлення допоміжного обладнання: грейферів, магнітних захватів, траверс або спеціальних ковшових пристроїв. Це робить їх універсальними для різних технологічних операцій. Крім того, вони можуть мати підвищену висоту підйому вантажу, оскільки вантажний візок рухається між або над балками, що розширює їх функціональні можливості.

До переваг двобалкових мостових кранів належать висока вантажопідйомність, значна довговічність, стійкість конструкції до навантажень та можливість інтенсивної експлуатації в безперервних виробничих циклах. Водночас вони мають складнішу конструкцію, вищу вартість виготовлення та монтажу, а також потребують більш ретельного технічного обслуговування.

Двобалкові мостові крани є основним видом підйомного обладнання у важких виробництвах, забезпечуючи виконання найбільш відповідальних і масивних транспортних операцій. У ливарних цехах вони фактично є незамінною ланкою технологічного процесу, від якої залежить безперервність і безпека виробництва.

1.1.5. Кран-балки

Кран-балки є одним із найпоширеніших видів підйомно-транспортного обладнання, яке використовується для внутрішньоцехового переміщення вантажів у промисловості, складах та допоміжних виробничих приміщеннях. Вони являють собою спрощений варіант мостового крана і конструктивно складаються з однієї пролітної балки, по якій переміщується електрична таль або тельфер.

Основна особливість кран-балки полягає в її відносній простоті та компактності. Вона може бути підвісною або опорною: у першому випадку конструкція підвішується до несучих елементів будівлі, а в другому — спирається на підкранові колії, встановлені на колонах або спеціальних опорах. Така універсальність дозволяє використовувати кран-балки в різних типах виробничих приміщень, навіть із обмеженим простором.

У ливарних цехах кран-балки найчастіше застосовуються для виконання допоміжних операцій, які не потребують великої вантажопідйомності. З їх допомогою переміщують інструменти, дрібні форми, допоміжні матеріали, а також здійснюють монтажні та ремонтні роботи. Вони забезпечують швидке та зручне транспортування вантажів у межах робочої зони, підвищуючи ефективність внутрішньоцехової логістики.

До переваг кран-балок належать проста конструкція, невисока вартість виготовлення та експлуатації, легкість монтажу та обслуговування, а також можливість роботи в приміщеннях з обмеженою висотою. Водночас їх використання обмежується відносно невеликою вантажопідйомністю та прольотом, що не дозволяє застосовувати їх для важких технологічних операцій.

Кран-балки є важливим елементом підйомно-транспортної системи підприємств, забезпечуючи ефективне виконання допоміжних і середньовантажних операцій та підвищуючи загальну організацію виробничого процесу.

1.1.6. Грейферні крани

Грейферні крани є одним із найбільш важливих видів підйомно-транспортного обладнання, що широко застосовується в ливарних цехах, на шихтових дворах, складах сипких матеріалів та у металургійній промисловості. Їхня головна особливість полягає у використанні грейфера — спеціального вантажозахоплювального пристрою у вигляді двох або більше рухомих щелеп, які змикаються та розмикаються для захоплення і вивантаження матеріалу.

Принцип роботи грейферного крана полягає у тому, що грейфер опускається на матеріал у відкритому стані, після чого за допомогою канатного або гідравлічного механізму щелепи змикаються, захоплюючи вантаж. Після підйому кран переміщує його до місця розвантаження, де грейфер відкривається і матеріал висипається. Такий принцип роботи дозволяє ефективно виконувати операції з сипкими, шматковими та дрібнокусковими вантажами.

У ливарному виробництві грейферні крани найчастіше використовуються для роботи з металобрухтом, шихтовими матеріалами, піском, шлаком та іншими компонентами, необхідними для плавильних процесів. Вони забезпечують швидке завантаження печей і ефективну організацію складських операцій, що є критично важливим для безперервності виробництва.

Конструктивно грейферні крани можуть бути мостовими або козловими. Основним робочим органом є грейфер, який може мати різну конструкцію

залежно від типу матеріалу: двощелепний, багатощелепний або спеціальний для легких чи важких сипких вантажів. Керування грейфером здійснюється через канатну систему або гідравлічний привід, що впливає на точність і швидкість роботи.

До переваг грейферних кранів належать висока продуктивність, можливість автоматизації процесів завантаження і розвантаження, а також здатність працювати з різними типами сипких матеріалів без додаткових захоплювальних пристроїв. Водночас їх ефективність залежить від властивостей матеріалу, зокрема його насипної щільності та вологості.

Грейферні крани є незамінними в умовах ливарного та металургійного виробництва, де необхідно швидко і безперервно переміщувати великі обсяги сипких і кускових матеріалів, забезпечуючи стабільність технологічного процесу.

1.1.7. Підвісні тельферні системи та монорейкові дороги

Підвісні тельферні системи та монорейкові дороги є важливим видом внутрішньоцехового підйомно-транспортного обладнання, яке широко застосовується у виробничих приміщеннях, зокрема й у ливарних цехах для виконання допоміжних і потокових операцій. Їхня основна особливість полягає в тому, що переміщення вантажу здійснюється по одній рейковій колії (монорейці), підвішеній до будівельних конструкцій або спеціальних опор.

Основним робочим елементом таких систем є електричний тельфер (таль), який забезпечує підйом і переміщення вантажу вздовж монорейкового шляху. Завдяки простій конструкції та високій маневреності підвісні системи дозволяють організувати ефективний рух матеріалів у межах обмеженого простору, особливо там, де встановлення мостових кранів є недоцільним або неможливим.

У ливарному виробництві монорейкові дороги використовуються для транспортування дрібних форм, інструменту, допоміжних матеріалів, а також для переміщення вузлів обладнання між окремими ділянками цеху.

Вони часто застосовуються як елемент технологічних потокових ліній, забезпечуючи послідовність операцій і зменшуючи потребу в ручній праці.

Перевагами підвісних тельферних систем є відносно низька вартість, простота монтажу, можливість гнучкого планування траєкторії руху та ефективне використання простору під перекриттями будівлі. Водночас їх вантажопідйомність і функціональні можливості обмежені, тому вони не можуть замінити важке кранове обладнання.

Підвісні тельферні системи та монорейкові дороги є важливим елементом допоміжної механізації ливарного виробництва, що забезпечує раціональну організацію внутрішньоцехових потоків і підвищення загальної ефективності технологічного процесу.

1.2. Мета і завдання кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи є конструювання мостового двобалкового крана ливарного цеху вантажопідйомністю 20 т.

Завдання кваліфікаційної роботи є проектний розрахунок механізмів підйому, переміщення візка і переміщення мостового крана вантажопідйомністю 20 т.

2. КОНСТРУЮВАННЯ МОСТОВОГО ДВОБАЛКОВОГО КРАНА

2.1. Вантажний візок

Для двобалкового мостового крана вантажопідйомністю 20 т вантажний візок є центральним функціональним вузлом, від якого залежить як працездатність крана в цілому, так і безпека виконання вантажопідіймальних операцій. Він призначений для підйому вантажу, його горизонтального переміщення вздовж мосту крана та точного позиціонування у заданій точці робочої зони.

Конструктивно вибраний вантажний візок виконується у вигляді жорсткої зварної рами коробчастого або балкового типу, що забезпечує високу міцність і стійкість до значних динамічних навантажень, характерних для роботи з вантажами масою 20 т. Рама оснащується ходовими колесами, які переміщуються по верхніх полицях двох головних балок мостового крана. Колеса виготовляються з високоміцної сталі та встановлюються на підшипникових опорах, що зменшує опір руху та підвищує довговічність конструкції.

Основним підйомним механізмом у складі візка є електрична лебідка відповідної вантажопідйомності. Вона включає барабан для намотування сталевого каната, канатну систему з поліспастом, вантажний гак, редуктор, гальмівний пристрій та електродвигун. Використання багатоканатної підвіски дозволяє рівномірно розподіляти навантаження на елементи системи, знижує навантаження на канати та забезпечує плавність підйому вантажу.

Переміщення самого візка вздовж мосту здійснюється за допомогою окремого електричного приводу, який через редуктор передає крутний момент на ходові колеса. Така схема забезпечує плавний рух, можливість регулювання швидкості та точне позиціонування вантажу, що є особливо важливим при виконанні відповідальних операцій у виробничих умовах.

Для забезпечення безпечної експлуатації вантажний візок обладнується комплексом захисних і контрольних пристроїв. Сюди входять кінцеві вимикачі крайніх положень руху, обмежувачі вантажопідйомності, аварійні гальма, а також система блокувань, що запобігає перевантаженню. Додатково можуть застосовуватися пристрої контролю натягу канатів та температури електродвигуна.

Умови роботи двобалкового крана 20 т, особливо в промислових цехах, зокрема ливарних, передбачають підвищені вимоги до надійності конструкції візка. Тому він проектується з урахуванням динамічних ударних навантажень, вібрацій та можливих температурних впливів. Важливим є також забезпечення ремонтпридатності — доступу до основних вузлів для технічного обслуговування.

Вибраний вантажний візок для двобалкового мостового крана вантажопідйомністю 20 т є складною інженерною конструкцією, яка поєднує підйомний і пересувний механізми та забезпечує ефективну, точну й безпечну роботу крана в умовах інтенсивної промислової експлуатації.

2.2. Тролеї

Тролеї (струмознімальні пристрої) у конструкції двобалкового мостового крана вантажопідйомністю 20 т є невід'ємною частиною електричної системи живлення, яка забезпечує безперервну подачу електроенергії до всіх механізмів крана під час його роботи. Вони гарантують живлення приводу пересування моста, вантажного візка, підйомного механізму, а також систем керування і безпеки.

У вибраній конструкції крана найчастіше застосовується система гнучких кабельних тролей або підвісних кабельних трас, оскільки вони добре підходять для умов промислових цехів і забезпечують надійність при тривалій експлуатації. Така система являє собою комплект багатожильних силових кабелів, які закріплені на спеціальних підвісних каретках або в гнучких ланцюгах і переміщуються разом із рухомими частинами крана, зокрема вантажним візком.

Конструктивно тролейна система включає напрямні елементи (рейки або профільні балки), по яких рухаються каретки з кабелем, самі силові кабелі, а також елементи кріплення і компенсації натягу. Завдяки такій схемі забезпечується плавне переміщення кабелів без різких вигинів, перекручувань та надмірних механічних навантажень, що суттєво підвищує їхній ресурс.

Основним завданням тролей є передача електроенергії від стаціонарної мережі до рухомих механізмів крана. При цьому система повинна забезпечувати стабільний контакт і мінімальні втрати енергії навіть при інтенсивних режимах роботи, частих пусках та реверсах. У кранах вантажопідйомністю 20 т це особливо важливо, оскільки навантаження на електросистему є значними.

До переваг вибраної системи належать відносна простота конструкції, висока надійність, зручність обслуговування та ремонтпридатність. Крім того, гнучкі кабельні тролей дозволяють легко адаптувати систему до різної довжини прольоту та умов конкретного виробничого приміщення. Вони також є більш безпечними порівняно з відкритими контактними тролейними лініями, оскільки зменшують ризик ураження електричним струмом та механічних пошкоджень.

Водночас важливим аспектом є правильний вибір перерізу кабелів, радіуса їх вигину та способу підвіски, оскільки від цього залежить довговічність і безвідмовність роботи всієї системи. Також передбачаються елементи компенсації натягу, які запобігають обривам і перевантаженню кабелів під час максимальних переміщень крана.

Вибрані тролей для двобалкового мостового крана вантажопідйомністю 20 т забезпечують надійне, безперервне та безпечне електроживлення всіх його механізмів, що є критично важливим для стабільної роботи крана в умовах інтенсивного промислового використання.

2.3. Траверса

Вибрана траверса для двобалкового мостового крана вантажопідйомністю 20 т є спеціалізованим вантажозахоплювальним пристроєм, який призначений для підйому, переміщення та точного позиціонування великогабаритних і важких вантажів. Її застосування є особливо актуальним у промислових умовах, де необхідно забезпечити рівномірний розподіл навантаження та запобігти деформації вантажу під час транспортування.

Конструктивно траверса являє собою жорстку металеву балкову систему, виконану зі зварних елементів коробчастого або двотаврового перерізу. Вона розрахована на сприйняття значних статичних і динамічних навантажень, що виникають при підйомі вантажів масою до 20 т з урахуванням коефіцієнтів запасу міцності. На кінцях траверси або в її центральній частині розташовуються елементи для підвішування до гака крана, а також місця кріплення вантажозахоплювальних пристроїв — сережки, гаки, стропи або спеціальні захвати.

Основне призначення вибраної траверси полягає у забезпеченні рівномірного розподілу зусиль між кількома точками підйому вантажу. Це дозволяє уникнути перекосів, згинальних деформацій і перевантаження окремих елементів як самого вантажу, так і канатної системи крана. Особливо це важливо при роботі з довгомірними або масивними конструкціями, такими як металеві балки, великі виливки, форми або ковші з розплавленим металом.

Умови експлуатації траверси в промисловому середовищі, зокрема в ливарних цехах, передбачають вплив підвищених температур, пилу та можливих ударних навантажень. Тому її конструкція виконується з високоміцної сталі з підвищеною зносостійкістю, а зварні шви проходять обов'язковий контроль якості. Для додаткової безпеки можуть передбачатися елементи балансування, фіксатори положення вантажу та запобіжні пристрої від самовільного розкручування або зміщення.

До переваг вибраної траверси належать висока надійність, універсальність використання, можливість роботи з різними типами вантажів, а також значне підвищення безпеки вантажопідіймальних операцій. Вона дозволяє зменшити навантаження на вантажний гак і канати крана, що позитивно впливає на довговічність усього підйомного обладнання.

Вибрана траверса для двобалкового мостового крана вантажопідйомністю 20 т є важливим конструктивним елементом вантажопідіймальної системи, який забезпечує безпечне, стійке та технологічно правильне виконання операцій з переміщення важких і великогабаритних вантажів у складних виробничих умовах.

2.4. Міст крана

Вибрана металоконструкція мосту двобалкового крана вантажопідйомністю 20 т є основним несучим елементом всього крана, який забезпечує просторову жорсткість, сприймає навантаження від вантажного візка та передає їх на кінцеві балки з ходовими колесами. Саме міст визначає довговічність, надійність і безпечність роботи крана в умовах інтенсивної експлуатації.

Конструктивно міст виконується у вигляді двох головних паралельних балок коробчастого або зварного коробчасто-ребристого перерізу, з'єднаних між собою поперечними зв'язками. Така схема забезпечує високу жорсткість конструкції при відносно невеликій власній масі. Коробчастий переріз є найбільш доцільним для крана вантажопідйомністю 20 т, оскільки він добре сприймає як вертикальні, так і горизонтальні навантаження, а також забезпечує стійкість до кручення.

Головні балки виготовляються зі зварних сталевих листових елементів з використанням низьколегованої конструкційної сталі, що має достатню міцність і зварюваність. Усередині балок можуть передбачатися діафрагми жорсткості, які зменшують місцеві деформації та підвищують загальну стабільність конструкції. Верхні полиці балок служать опорною поверхнею для переміщення вантажного візка, тому вони додатково підсилюються для зменшення зносу.

Поперечні балки та зв'язки між головними балками забезпечують збереження геометрії мосту, рівномірний розподіл навантаження та запобігають перекосам під час руху візка. На кінцях головних балок закріплюються кінцеві балки з ходовими колесами, через які міст спирається на підкранові колії та здійснює поздовжнє переміщення.

Особливу увагу при конструюванні мосту приділяють розрахунку на міцність і жорсткість. Він повинен витримувати не тільки статичне навантаження від маси вантажу (20 т), але й динамічні навантаження, що виникають при пусках, гальмуванні та русі візка. Також враховуються можливі перекося, вібрації та нерівномірність навантаження на прольоті.

Для підвищення довговічності конструкція мосту передбачає антикорозійний захист у вигляді ґрунтування та фарбування, а також можливість доступу для огляду та обслуговування зварних швів і вузлів кріплення.

Металоконструкція мосту двобалкового крана вантажопідйомністю 20 т є жорсткою, надійною та технологічно обґрунтованою системою, яка забезпечує безпечну роботу крана при інтенсивних промислових навантаженнях і є базовим елементом усієї кранової установки.

2.5. Система керування краном

Прийнята система керування двобалковим мостовим краном вантажопідйомністю 20 т призначена для забезпечення надійного, безпечного та точного управління всіма механізмами крана: підйомом вантажу, переміщенням вантажного візка та рухом моста. В умовах промислової експлуатації, зокрема в ливарних цехах, до системи керування висувуються підвищені вимоги щодо швидкодії, надійності та безпеки оператора.

У вибраній конструкції застосовується електрична система керування з кабіни кранівника, як основний варіант, оскільки вона забезпечує найкращу оглядовість робочої зони та високу точність виконання вантажопідіймальних

операцій. Кабіна розміщується на металокопструкції моста таким чином, щоб оператор мав максимальний огляд вантажу, вантажного візка та зони переміщення крана.

Система керування побудована на основі кнопочково-контролерних або джойстикових органів управління, які дозволяють плавно регулювати швидкість руху механізмів, здійснювати реверс, пуск і зупинку. Для підвищення безпеки передбачені блокування, що запобігають одночасному включенню взаємовиключних рухів, а також аварійна кнопка зупинки.

Електрична частина системи керування включає силові та керуючі кола, магнітні пускачі, реле, перетворювачі частоти (за наявності частотного регулювання) та захисну апаратуру. Використання частотних перетворювачів дозволяє забезпечити плавний пуск і гальмування механізмів, зменшуючи динамічні навантаження на металокопструкцію та збільшуючи термін служби обладнання.

Крім кабінного керування, у сучасних кранах часто передбачається дистанційне радіокерування, яке може використовуватися як резервне або основне. Воно підвищує безпеку, оскільки оператор може знаходитися поза небезпечною зоною, особливо при роботі з важкими або гарячими вантажами.

Важливим елементом системи є також комплекс захистів і сигналізації: світлова та звукова сигналізація про рух крана, обмежувачі вантажопідйомності, кінцеві вимикачі крайніх положень, а також системи аварійного відключення.

Прийнята система керування двобалковим мостовим краном 20 т є комплексною електромеханічною системою, яка забезпечує точне, безпечне та ефективне управління всіма робочими процесами крана в умовах інтенсивного промислового виробництва.

2.6. Пристрої безпеки

Прийняті пристрої безпеки двобалкового мостового крана вантажопідйомністю 20 т призначені для запобігання аварійним ситуаціям, захисту обслуговуючого персоналу та забезпечення надійної роботи всіх

механізмів крана в умовах інтенсивної експлуатації. Оскільки кран працює з важкими вантажами, часто в умовах ливарного виробництва, система безпеки має бути комплексною та багаторівневою.

Одним із основних елементів є обмежувач вантажопідйомності, який контролює навантаження на вантажний механізм і автоматично відключає підйом у разі перевищення допустимого значення. Це запобігає перевантаженню канатів, барабана та металоконструкції крана.

Важливу роль відіграють кінцеві вимикачі механізмів підйому, пересування вантажного візка та моста. Вони обмежують крайні положення руху і не допускають виходу крана або візка за межі робочої зони, що запобігає зіткненням і механічним пошкодженням конструкцій.

Для захисту від аварійних ситуацій також застосовується аварійна система зупинки, яка дозволяє миттєво відключити всі механізми крана у разі небезпеки. Вона може бути активована оператором з кабіни або з пульта дистанційного керування.

Система безпеки включає гальмівні пристрої, які забезпечують надійну фіксацію вантажу та механізмів у нерухомому стані. Електромагнітні або колодкові гальма спрацьовують автоматично при вимкненні живлення або втраті керуючого сигналу.

Також передбачаються сигнальні пристрої — світлова та звукова сигналізація, яка попереджає персонал про початок руху крана або вантажного візка. Це особливо важливо в умовах шумного виробництва, де знижується рівень слухового сприйняття.

Додатково можуть застосовуватися пристрої контролю стану механізмів, такі як датчики перегріву двигунів, контроль натягу канатів, контроль перекосу вантажу та системи діагностики зносу.

Прийняті пристрої безпеки двобалкового мостового крана вантажопідйомністю 20 т утворюють комплексну систему захисту, яка забезпечує безпечну експлуатацію обладнання, знижує ризик аварій і підвищує загальну надійність роботи крана в промислових умовах.

3. ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК МОСТОВОГО ДВОБАЛКОВОГО КРАНА ВАНТАЖОПІДЙОМНІСТЮ 20 т

3.1. Призначення і конструктивне виконання мостового крана

Мостовий двобалковий кран (3.1) вантажопідйомністю 20 т призначений для виконання вантажопідіймальних і транспортних операцій у межах виробничих цехів, складів та промислових ділянок. У ливарному виробництві він використовується для переміщення важких і габаритних вантажів, таких як ковші з розплавленим металом, металеві заготовки, форми, шихтові матеріали та технологічне обладнання. Основне його призначення полягає у забезпеченні безперервності виробничого процесу, підвищенні продуктивності праці та зниженні фізичного навантаження на персонал.

Конструктивно двобалковий мостовий кран складається з кількох основних вузлів: моста, вантажного візка, механізму пересування крана, підйомного механізму та системи керування. Основним несучим елементом є міст, який виконується у вигляді двох паралельних сталевих балок коробчастого перерізу, з'єднаних поперечними зв'язками. Така конструкція забезпечує високу жорсткість і здатність витримувати значні статичні та динамічні навантаження.

По верхніх полицях головних балок переміщується вантажний візок, який оснащений підйомним механізмом (лебідкою або тельфером) та забезпечує вертикальне переміщення вантажу. Сам міст крана спирається на кінцеві балки з ходовими колесами, які рухаються по підкранових коліях, забезпечуючи позовжне переміщення крана вздовж прольоту будівлі.

Підйомний механізм крана включає електродвигун, редуктор, барабан із сталевим канатом, гакову підвіску та гальмівну систему. Він забезпечує підйом і опускання вантажу з необхідною точністю та безпекою. Переміщення вантажного візка та моста здійснюється окремими електроприводами, що дозволяє виконувати складні просторові маневри вантажу.

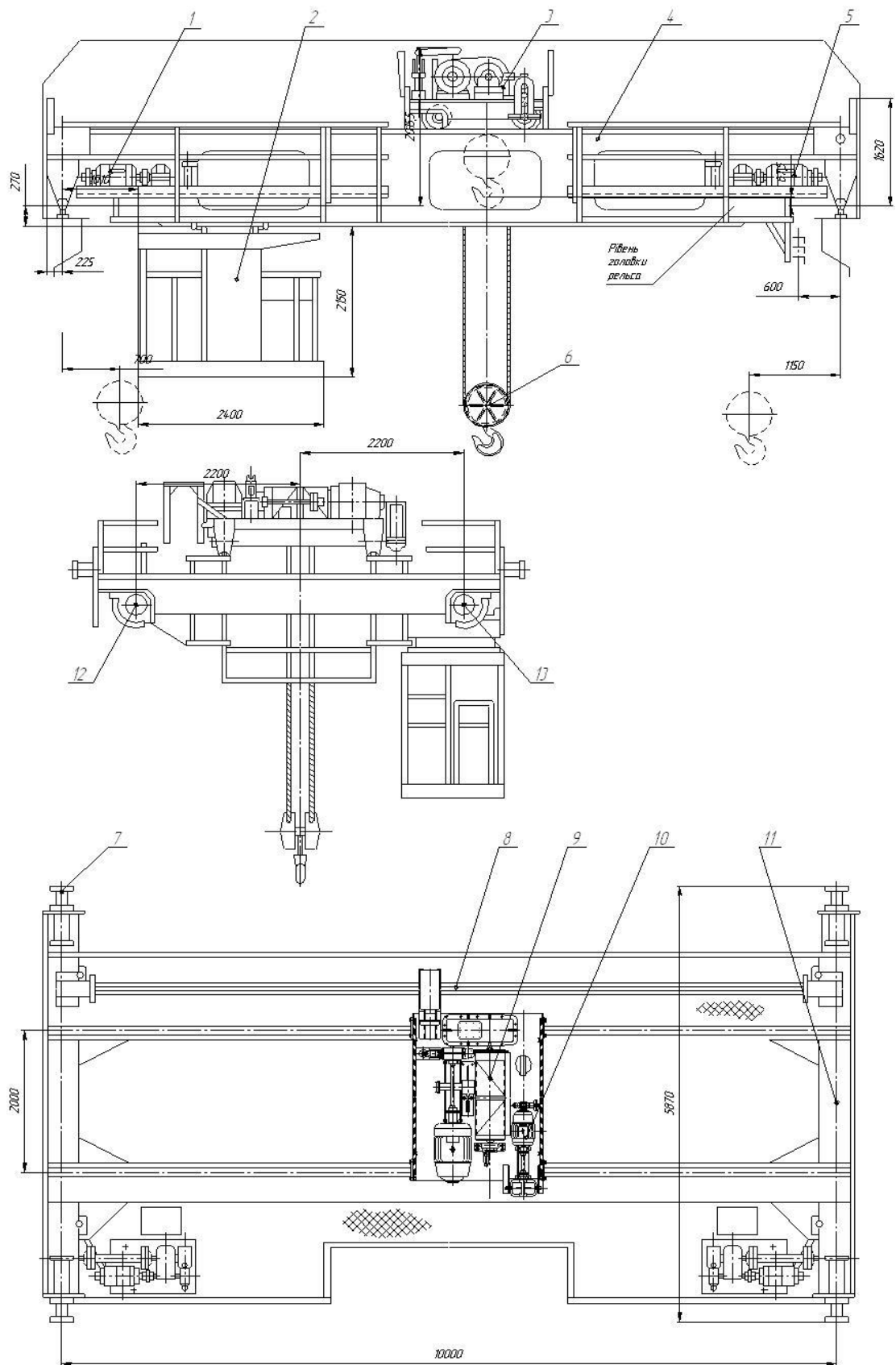


Рис. 3.1. Двобалковий мостовий кран загального призначення

Система керування краном може бути кабіною або дистанційною і забезпечує керування всіма механізмами з високим рівнем точності. Для безпечної експлуатації кран обладнується комплексом захисних пристроїв: обмежувачами вантажопідйомності, кінцевими вимикачами, гальмівними системами та сигналізацією.

Мостовий двобалковий кран вантажопідйомністю 20 т є складною інженерною конструкцією, що поєднує високу вантажопідйомність, надійність і точність роботи. Його конструктивне виконання забезпечує ефективне виконання важких вантажопідіймальних операцій у промислових умовах, зокрема в ливарному виробництві, де до обладнання висуваються підвищені вимоги щодо безпеки та довговічності.

Завданням роботи є розрахунок мостового крану загального призначення для роботи в ливарному цеху машинобудівного заводу при наступних вихідних даних: вантажопідйомність $Q = 20$ т, довжина прольоту $L = 16$ м, висота підйому найбільша $H = 12,5$ м, швидкість підйому вантажу $v = 8$ м/хв, швидкість пересування візка $v_T = 0,83$ м/с, швидкість пересування крана $v_K = 0,83$ м/с, режим роботи механізмів - середній (ПВ = 25%). Міст крана двобалковий зварний. Двигуни крана - асинхронні, з фазовим ротором, напруга 380 В.

3.2. Розрахунок механізму підйому

Вихідні дані:

Вантажопідйомність: $Q=20\text{т}=20000$ кг

Кратність поліспасти: $i=2$

Прискорення вільного падіння: $g=9.81\text{м/с}^2$

Швидкість підйому: $v=8\text{м/хв}=0.133\text{м/с}$

ККД поліспасти: $\eta=0.9$

3.2.1. Розрахунок навантажень

Вага вантажу:

$$G=Q \cdot g \quad (3.1)$$
$$G=20000 \cdot 9.81=196200 \text{ Н}$$

G — вага вантажу, Н;

Q — маса вантажу, кг;

g — прискорення вільного падіння, 9,81м/с

.

Сила в канаті:

$$S= G/ i \quad (3.2)$$
$$S=196200/2=98100 \text{ Н}$$

де:

S — зусилля в канаті, Н;

i — кратність поліспасти.

Схема механізму підйому показана на рис. 3.2

З урахуванням втрат:

$$S_{\text{реал}}=S/\eta \quad (3.3)$$
$$S_{\text{реал}}=98100/0.9 \approx 109000 \text{ Н}$$

де: $S_{\text{реал}}$ — дійсне зусилля в канаті, Н;

S — теоретичне зусилля, Н;

η — коефіцієнт корисної дії поліспасти.

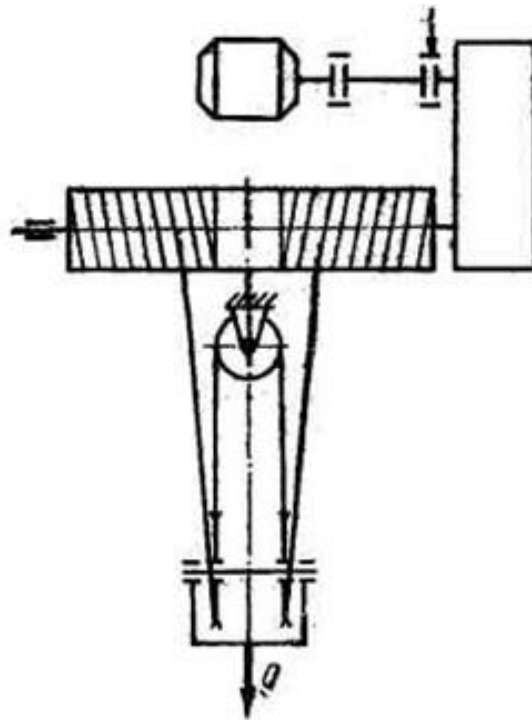


Рис. 3.2. Схема механізму підйому

3.2.2. Вибір каната

Приймаємо коефіцієнт запасу: $k=6$

Розривне зусилля:

$$S_{розр} = k \cdot S_{реал} \quad (3.4)$$

$$S_{розр} = 6 \cdot 109000 = 654000 \text{ Н}$$

де $S_{розр}$ – розривне зусилля каната, Н;

k – коефіцієнт запасу міцності;

За стандартними таблицями вибираємо: сталевий канат діаметром 22–24 мм

3.2.3. Розрахунок барабана

Діаметр барабана визначається:

$$D=(18\dots22)\cdot d \quad (3.5)$$
$$D=20\cdot 22=440 \text{ мм}$$

де: D – діаметр барабана, мм;

d – діаметр каната, мм.

Приймаємо: $D=450\text{мм}$

Схема барабана показана на рис. 3.3.

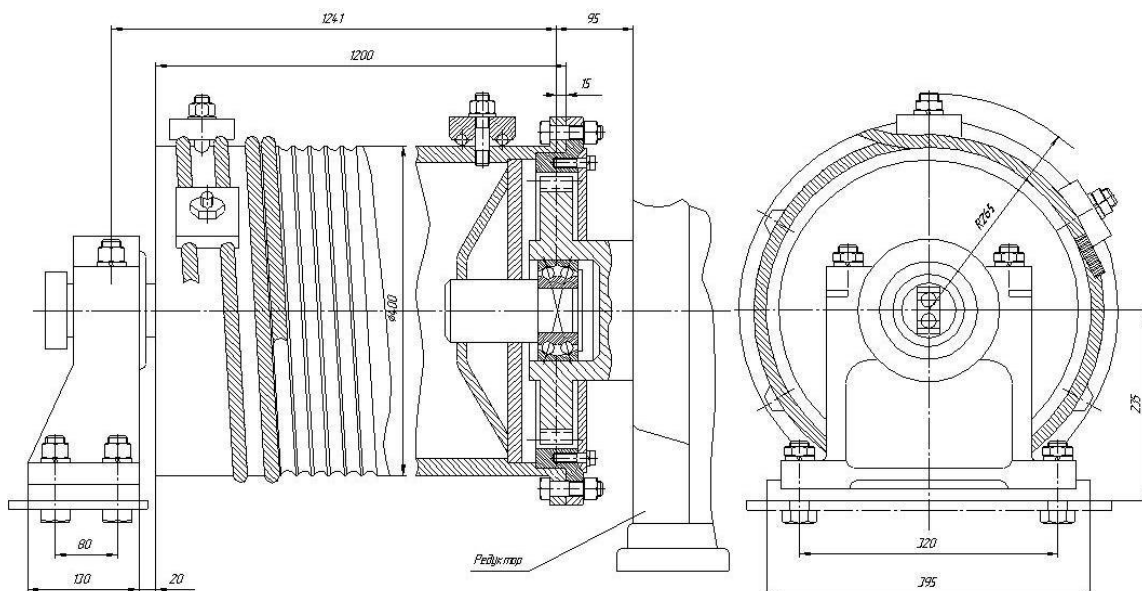


Рис. 3.3. Барабан

3.2.4. Кінематичний розрахунок

Кутова швидкість:

$$\omega = v/R \quad (3.6)$$

де: ω — кутова швидкість, рад/с;

v — швидкість підйому, м/с;

$R=0.225$ м — радіус барабана, м.

$$\omega = 0.133/0.225 = 0.59 \text{ рад/с}$$

Частота обертання барабана:

$$n = 60v/\pi D = 60 \cdot 0.133 / (3.14 \cdot 0.45) = 5.6 \text{ об/хв} \quad (3.7)$$

3.2.5. Розрахунок потужності двигуна

$$P = G \cdot v / \eta \quad (3.8)$$

v — швидкість підйому, м/с;

π — число Пі (≈ 3.14).

$$P = 196200 \cdot 0.133 / 0.85 \approx 30700 \text{ Вт}$$

Приймаємо: двигун 37 кВт

3.2.6. Розрахунок моменту

$$M = S_{\text{реал}} \cdot R \quad (3.9)$$

$$M = 109000 \cdot 0.225 = 24500 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3.2.7. Вибір редуктора

Передаточне число:

$$i = n_{\text{дв}} / n \quad (3.10)$$

$$i = 1000 / 5.6 \approx 180$$

Приймаємо: редуктор з передаточним числом 160–200.

3.2.8. Вибір гакової підвіски

Для вантажу 20 т: застосовується двохрогий гак, матеріал – сталь 20 або 35 стандартна гакова підвіска важкого режиму рис. 3.4

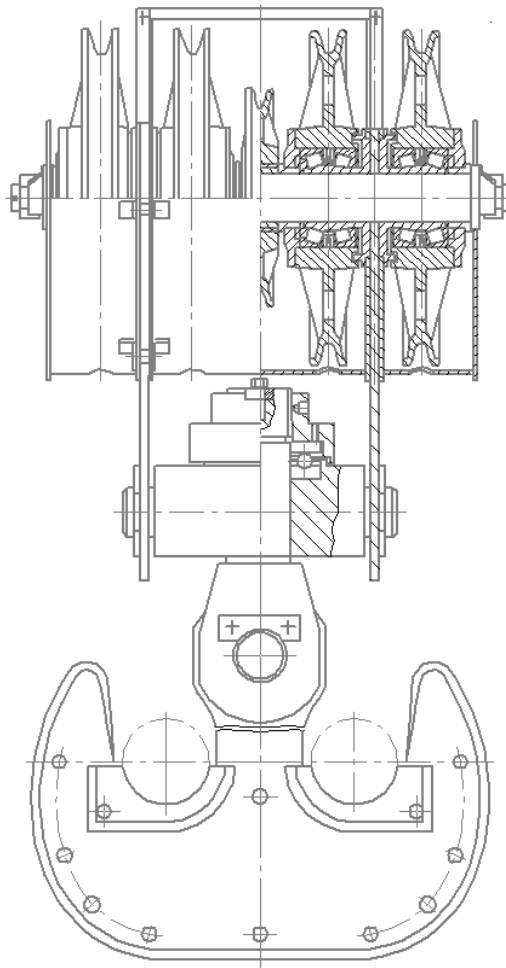


Рис. 3.4. Гакова підвіска

3.2.9. Розрахунок вала барабана

Вал працює на кручення і згин.

Крутний момент:

$$M = 24500 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Умова міцності:

$$\tau = 16M / \pi d^3 \quad (3.11)$$

Приймаємо допустиме напруження: $\tau_{\text{доп}} = 40 \text{ МПа}$

Звідси:

$$d^3 = 16M/\pi\tau$$
$$d^3 = 16 \cdot 24500 / (3.14 \cdot 40 \cdot 10^6)$$
$$d \approx 0.11 \text{ м} = 110 \text{ мм}$$

Приймаємо: $d = 120 \text{ мм}$

3.2.10. Вибір підшипників

Радіальне навантаження приблизно:

$$F \approx S_{\text{реал}}/2 = 55000 \text{ Н} \quad (3.12)$$

Обираємо: роликові сферичні підшипники типу 22224 (з запасом по вантажопідйомності).

3.2.11. Перевірка барабана на міцність

Напруження в оболонці:

$$\sigma = S/t \cdot b \quad (3.13)$$

де: t – товщина стінки

b – ширина контакту

Приймаємо: $t = 20\text{--}25 \text{ мм}$

Висновок: барабан витримує навантаження з запасом.

3.2.12. Розрахунок довжини каната

Висота підйому: $H=12$ м

Довжина:

$$L=i \cdot H=2 \cdot 12=24 \text{ м} \quad (3.14)$$

З урахуванням запасу: $L_{\text{зап}} \approx 30$ м

3.2.13. Вибір електродвигуна

Приймаємо: Тип: асинхронний з короткозамкненим ротором

Потужність: 37 кВт

Оберти: 1000 об/хв

Підходять серії: 4А, АІР

3.2.14. Розрахунок гальмівного пристрою

Гальмівний момент:

$$M_{\Gamma}=44100 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.15)$$

Вибір: колодкове гальмо, тип ТКГ або аналог.

3.3. Розрахунок механізму пересування візка крана

3.3.1. Вибір кінематичної схеми. Механізм пересування візка передбачається виконати за кінематичною схемою, показаною на рис. 3.5. Для передачі крутного моменту від двигуна до приводних коліс використаний вертикальний редуктор типу ВКН. Вал двигуна з'єднаний зі швидкохідним валом редуктора втулочно-пальцевою муфтою, на одній половині якої встановлено колодкове гальмо з електрогідроштовхачем.

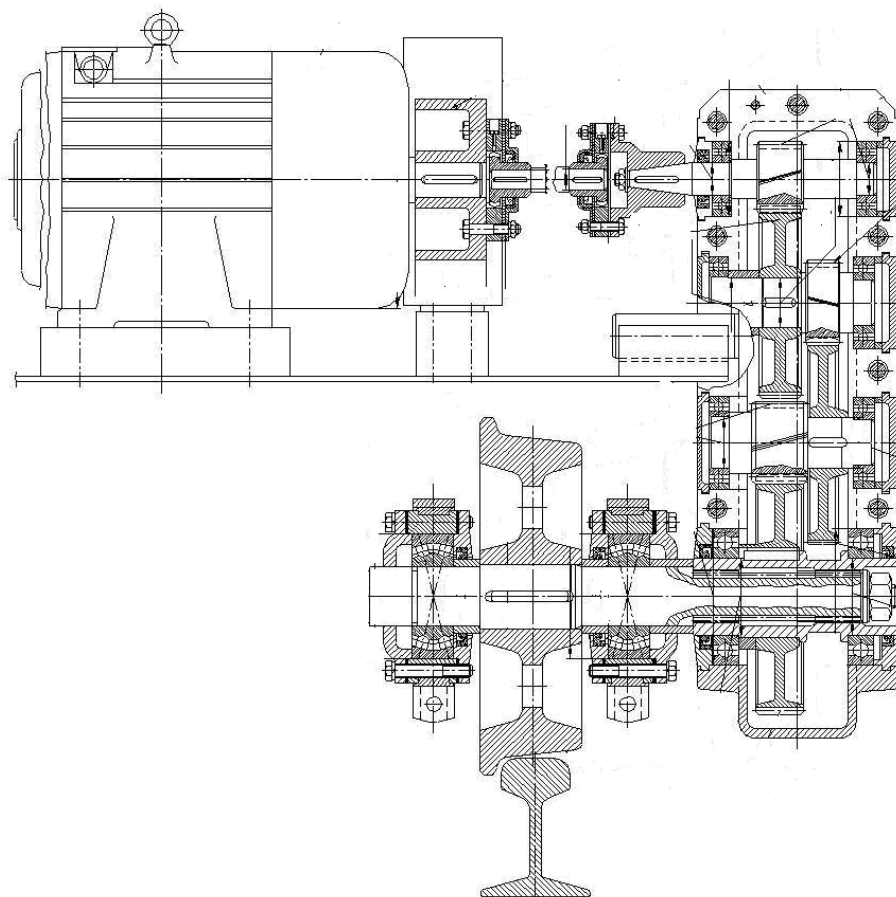


Рис. 3.5. Механізм пересування візка

3.3.2. Розрахунок опору пересуванню візка

$$F_{op}=f \cdot G=0.015 \cdot 240000=3600 \text{ Н} \quad (3.16)$$

де F_{op} – сила опору руху (Н), тобто скільки потрібно зусилля, щоб візок почав рухатися по рейках;

f – коефіцієнт опору коченню (0.015), показує тертя між колесами і рейками;

G – загальна вага системи (240 000 Н), тобто сила тяжіння від маси вантажу + візка.

3.3.3. Розрахункове зусилля приводу

$$F_{pr}=1.4 \cdot 3600=5040 \text{ Н} \quad (3.17)$$

де F_{pr} – розрахункова сила приводу (Н), яку повинен створити двигун.

1.4 (к) – динамічний коефіцієнт. враховує: пуск, перекося, ривки, нерівності рейок.

3.3.4. Потужність двигуна

$$P=F_{pr} \cdot v=5040 \cdot 0.6=3024 \text{ Вт} \quad (3.18)$$

де P — потужність (Вт), яку треба на валу.

F_{pr} — сила тяги.

v — швидкість руху (0.6 м/с).

З урахуванням ККД:

$$P_{motor}=3024 \cdot 0.85 \approx 3550 \text{ Вт} \quad (3.19)$$

де P_{motor} — реальна потужність двигуна.

η (0.85) — ККД приводу (втрати в редукторі, підшипниках, муфтах).

3.3.5. Навантаження на колесо

$$F_{\text{кол}}=240000/4 \cdot 1.2=72000 \text{ Н} \quad (3.20)$$

де - $F_{\text{кол}}$ – сила, яка припадає на одне колесо.

240000 / 4 – рівномірний розподіл на 4 колеса.

1.2 – коефіцієнт нерівномірності (не всі колеса навантажені однаково).

3.3.6. Крутний момент на колесі

$$M=F_{\text{пр}} \cdot r=5040 \cdot 0.15=756 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.21)$$

де – M — крутний момент (Н·м).

$F_{\text{пр}}$ — сила тяги.

r — радіус колеса (0.15 м).

3.3.6. Частота обертання колеса

$$n=60v/\pi D=60 \cdot 0.6/(3.14 \cdot 0.30)=38.2 \text{ об/хв} \quad (3.22)$$

де – n — оберти колеса (об/хв)

v — швидкість руху

D — діаметр колеса (0.3 м)

πD — довжина кола колеса.

3.3.8. Передаточне число

$$i=1500/38.2\approx 39.3 \quad (3.23)$$

де i – передаточне число редуктора.

1500 об/хв — швидкість двигуна.

38.2 об/хв — швидкість колеса.

3.3.9. Розподіл передач

i_1 — редуктор (основне зниження швидкості)

i_2 — додаткові механічні передачі

3.3.10. Вибір двигуна

асинхронний двигун — стандартний промисловий тип

4 кВт — потужність з запасом

1500 об/хв — стандартна синхронна швидкість при 50 Гц

3.3.11. Перевірка схеми

Один двигун тягне всю систему. Редуктор знижує швидкість. Вал передає момент на колеса. Можливий перекіс рейок. Нерівномірне навантаження на підшипники.

3.4. Розрахунок механізму пересування крана

3.4.1. Вибір кінематичної схеми. Зробимо розрахунок механізму пересування. Електродвигун, з'єднаний трансмісійним валом з редуктором, передає рух на ведучі колеса. Вал ведучого колеса, з'єднаний з тихохідним валом редуктора зубчастою муфтою. На швидкохідному валу редуктора встановлене колодкове гальмо. Трансмісійний вал, що має проміжні опори, складається з окремих валів, з'єднаних зубчастими муфтами.

3.4.2. Розрахунок опору пересуванню крана. За графіком [1] загальна вага крана (вантажопідйомністю 12 т, прольотом 10 при ПВ — 25%) приблизно складе $G_K = 20000$ кгс. Попередньо приймаємо діаметр ходових коліс $D_K = 560$ мм [1]. Колеса сталеві (матеріал — сталь 65М, твердість поверхні катання $HV 320...350$) дворобордні із циліндричним обідом, ширина поверхні катання $b = 120$ мм. Рейка типу КР із округленою головкою. Діаметр цапфи валу $d = (0,2...0,25) D_K = (0,2...0,25) 560 = 112...140$ мм. Приймаємо $d = 120$ мм. Колеса встановлені на роликівих підшипниках, $f = 0,015$. Коефіцієнт $k_p = 1,5$ [1]. Коефіцієнт тертя кочення $\mu = 0,06$ см.

Опір пересуванню крана з номінальним вантажем

$$\begin{aligned} W_{CT} &= (Q + G_K) \left(\frac{fd + 2\mu k_p}{D_K} + \alpha \right) = \\ &= (12000 + 20000) \left(\frac{0,0015 \cdot 12 + 2 \cdot 0,03}{56} 1,5 + 0,001 \right) = 197 \text{ кгс} \end{aligned} \quad (3.24)$$

3.4.3. Розрахунок потужності двигуна і вибір редуктора. Для попереднього вибору двигуна визначаємо опір пересуванню завантаженого крана

$$W_0 = W_{CT} + (1,1...1,3) \frac{Q + G_K}{g} a = 197 + 1,3 \frac{12000 + 20000}{9,81} \cdot 0,1 = 621 \text{ кгс}, \quad (3.25)$$

де a = середнє прискорення крана при пуску, приймаємо $a = 0,2 \text{ м/с}^2$.

Потужність електродвигуна визначаємо з урахуванням інерційних навантажень за формулою

$$N_p = \frac{W_0 v_K}{102 \eta_M \psi_{CP}} = \frac{621 \cdot 1,42}{102 \cdot 0,85 \cdot 1,7} = 6 \text{ кВт.} \quad (3.26)$$

По каталогу [1] вибираємо електродвигун з фазовим ротором типу МТФ 112 – 6 потужністю $N = 5,8$ кВт (при $ПВ = 25\%$), $n = 915$ хв⁻¹, максимальним моментом $M_{n.\max} = 14$ кгс·м, моментом інерції ротора $J_p = 0,00117$ кгс·м·с². Номінальний момент на валу двигуна $M_H = 975 \frac{N}{n} = 975 \frac{5,8}{915} = 6,18$ кгс·м.

$$\text{Відношення максимального моменту до номінального } \psi_{\max} = \frac{M_{n.\max}}{M_H} = 2,27$$

Найбільш несприятливий випадок розгону ненавантаженого крана буде тоді, коли візок перебуває в крайньому положенні моста з боку кабіни (опора B). При такому положенні візка менш завантаженими є ходові колеса лівої опори A (рис. 3.6). При пуску приводів не повинне відбуватися пробуксовки приводних коліс опори A по рейках.

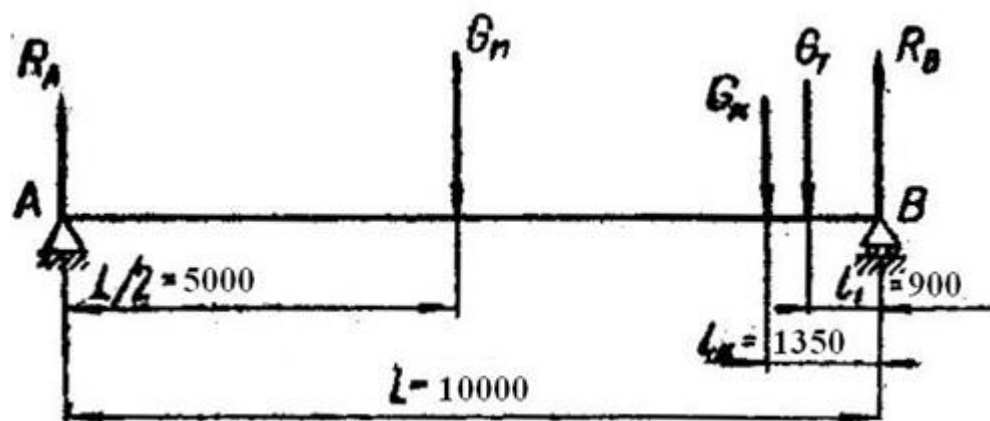


Рис. 3.6. Схема до розрахунку навантажень на ходові колеса моста

Навантаження на ходові колеса опор A и B :

$$P_B = \frac{L/2G_M + (L-l_K)G_K + (L-l_1)G_T}{L} =$$

$$= \frac{5 \cdot 13500 + 8,65 \cdot 2000 + 9,1 \cdot 4500}{10} = 13925 \text{ кгс} \quad (3.27)$$

$$P_B = \frac{L/2G_M + l_K G_K + l_1 G_T}{L} = \frac{5 \cdot 13500 + 1,35 \cdot 2000 + 0,9 \cdot 4500}{10} = 7425 \text{ кгс}, \quad (3.28)$$

де $G_M = 13500$ кгс — вага моста;

$G_T = 4500$ кгс — вага візка;

$G_K = 2000$ кгс — вага кабіни з електроустаткуванням.

Остаточно вибираємо електродвигун по пусковому моменті привода механізму пересування опори A :

Частота обертання колеса

$$n_K = \frac{60v_K}{\pi D_K} = \frac{60 \cdot 1,42}{3,14 \cdot 0,56} = 48,45 \text{ хв}^{-1} \quad (3.29)$$

Розрахункове передаточне число редуктора

$$u_{p.p.} = \frac{n}{n_K} = \frac{915}{48,45} = 21,25 \quad (3.30)$$

Розрахункова потужність редуктора

$$N_p = k_p' N_{CT} = 2,25 \cdot 1,9 = 4,3 \text{ кВт}, \quad (3.31)$$

$$\text{де } N_{CT} = \frac{W_{CT} v_K}{102 \eta_M \psi_{CP}} = \frac{197 \cdot 1,42}{102 \cdot 0,85 \cdot 1,7} = 1,9 \text{ кВт}. \quad (3.32)$$

По каталогу [1] вибираємо редуктор типу Ц - 250 - 19,88 - 1Ц.

Фактична частота обертання колеса

$$n_{K.ф.} = \frac{n}{u_{p.p.}} = \frac{915}{19,88} = 46 \text{ хв}^{-1} \quad (3.33)$$

Фактична швидкість пересування крана з номінальним вантажем

$$v_{T.ф.} = \frac{\pi D_K n_{K.ф.}}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,5 \cdot 46}{60} = 1,2 \text{ м/с}. \quad (3.34)$$

На механізм пересування крана із центральним приводом ставимо гальмо типу ТКТГ - 200

3.4.4. Розрахунок ходових коліс. Як матеріал дворобордних із циліндричним обідом коліс приймаємо сталь 65Г с твердістю поверхні кочення $HV\ 320\dots350$. Ширина поверхні катання 115 мм. Для таких коліс приймаємо рейку КР70 з округленою головкою $R_x = 50$ см.

Розрахункове навантаження на колесо

$$P_p = k_1 \gamma \frac{P_{B\ \max}}{2} = 1,2 \cdot 0,81 \cdot \frac{22000}{2} = 10692 \text{ кгс}, \quad (3.35)$$

де γ — коефіцієнт, що враховує змінність навантаження,

$$\gamma = \sqrt[3]{\frac{1}{2} \left[1 + \frac{1}{\left(1 + \frac{Q}{G_0}\right)^3} \right]} = \sqrt[3]{\frac{1}{2} \left[1 + \frac{1}{\left(1 + \frac{12000}{20000}\right)^3} \right]} = 0,86, \quad (3.36)$$

Q — вага піднімаємого вантажу;

G_0 — власна вага крана з візком або одного візка з урахуванням ваги вантажозахватних пристроїв;

k_1 — коефіцієнт, що враховує режим роботи механізму; для середнього режиму $k_1 = 1,2$ [1]. Значення місцевих напружень змінання при лінійному контакті

Визначаємо величину місцевих напружень змінання при крапковому контакті

$$\sigma_{zm} = m \sqrt[3]{\frac{P_p E_{np}^2}{R_{\max}^2}} = 0,46 \sqrt[3]{\frac{10692 \cdot (2,1 \cdot 10^6)^2}{50^2}} = 12245 \text{ кгс/см}^2 < [\sigma]_{zm} = 22000 \text{ кгс/см}^2,$$

$$m = 0,46 \text{ при } \frac{R_k}{R_2} = \frac{28}{50} = 0,56. \quad (3.37)$$

Загальний вид спроектованого мостового двобалкового крана ливарного цеху вантажопідйомністю 20 т показано на кресленні БР – 131.26.01.03.01.00.00 ВЗ. Вантажний візок – 131.26.01.03.02.00.00 КС. Гакова підвіска механізму підйому показана на кресленні БР – 131.26.01.03.03.00.00 КС.

ВИСНОВОК

В даній бакалаврській роботі виконано огляд існуючих видів кранів та їх пристроїв, які широко застосовуються в ливарних цехах. Вивчено конструкцію та принцип роботи двобалкового крана. За вихідними даними виконано конструювання і проектний розрахунок мостового двобалкового крана вантажопідйомністю 20 т для роботи в ливарному цеху.

Список літератури

1. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 413 с.
2. Конструювання оснащення ливарних цехів: Методичні вказівки до виконання курсового проекту/ Укладачі: Ломакін В. М., Передерій В. К. – Кіровоград: КДТУ, 2004. – 45 с.
3. Сумцов В. П. Устаткування ливарних цехів. – К.: ІСДО, 1993. – 552 с.

ДОДАТКИ