

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра: „Матеріалознавство та ливарне виробництво”

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою МЛВ

к.т.н., доцент

_____ Олександр Кузик

“_____” _____ 2024 р.

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

на тему:

**“Конструювання і розрахунок скребкового
конвеєра ливарного цеху”**

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ПМ(ОЛ)-20

спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

_____ Кулинка Б.М.

“_____” _____ 2024 р.

Керівник роботи

к.т.н., доцент

_____ Віктор Ломакін

“_____” _____ 2024 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 (освітньо-наукова) програма	131 – Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри

“ ” 2024 p.

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

Кулінка Богдан Миколайович

прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: “Конструювання і розрахунок скребкового конвеєра ливарного цеху”, затверджена наказом по університету квітня 2024 р., №
2. Керівник роботи: Ломакін Віктор Миколайович, к.т.н., доцент
3. Строк подання роботи до захисту: 26.06.2024 р.
4. Мета кваліфікаційної роботи: виконати конструювання скребкового конвеєра ливарного цеху

Завдання роботи: розрахунок скребкового конвеєра продуктивністю 100 т/год при транспортуванні глини; вибір двигуна і редуктора привода; розрахунок на міцність приводного валу

Креслення: загальний вид скребкового конвеєра, привод

5. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Огляд ланцюгових конвеєрів ливарного цеху	Ломакін В. М.		
Конструювання і розрахунок скребкового конвеєра	Ломакін В. М.		
Креслення скребкового конвеєра	Ломакін В. М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд ланцюгових конвеєрів ливарного цеху		
2.	Конструювання і розрахунок скребкового конвеєра		
3.	Креслення скребкового конвеєра		
4.	Оформлення пояснювальної записки		
5.	Оформлення рецензії		
6.	Захист кваліфікаційної роботи		

Дата видачі завдання:

“ ” 2024 р.

Підпис керівника

Ломакін В. М.
(прізвище та ініціали)

Підпис здобувача

Кулінка Б. М.
(прізвище та ініціали)

Анотація

стор. 31, рис. 4, бібліографічних назв 2

Скребковий конвеєр, глина, жолоб, скребок, приводний вал, привод, редуктор

Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти на тему: “Конструювання і розрахунок скребкового конвеєра ливарного цеху” складається із двох розділів.

В першому розділі виконано критичний огляд ланцюгових конвеєрів ливарного цеху.

Згідно з завданням сформульовано мету і задачі кваліфікаційної роботи – виконати конструкторські розрахунки скребкового конвеєра продуктивністю 100 т/год при транспортуванні глини.

В другому розділі роботи наведено тяговий розрахунок конвеєра, вибрано двигун і редуктор привода конвеєра, виконано розрахунок на міцність валу.

Annotation

p. 31, fig. 4, 2 bibliographic titles

Scraper conveyor, clay, chute, scraper, drive shaft, drive, gearbox

Qualification work for the first (bachelor's) level of higher education on the topic: "Design and Calculation of a Scraper Conveyor for a Foundry" consists of two sections.

In the first section, a critical review of chain conveyors for the foundry is conducted.

According to the assignment, the aim and objectives of the qualification work are formulated – to perform the design calculations of a scraper conveyor with a capacity of 100 tons per hour for transporting clay.

In the second section of the work, the traction calculation of the conveyor is provided, the motor and gearbox for the conveyor drive are selected, and the strength calculation of the shaft is performed.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	7
1. Огляд ланцюгових конвеєрів ливарного цеху	9
1.1. Стрічкові конвеєри	9
1.2. Елеватори	10
1.3. Пластинчасті конвеєри	11
1.4. Підвісні конвеєри	12
1.5. Візкові конвеєри	12
1.6. Скребкові конвеєри	13
1.7. Мета роботи	13
1.8. Завдання роботи	13
2. Конструювання скребкового конвеєра	14
2.1. Призначення і конструктивні особливості скребкового конвеєра	14
2.2. Розрахунок скребкового конвеєра	16
2.2.1. Тяговий розрахунок	18
2.2.2. Вибір двигуна і редуктора для привода	21
2.2.2. Розрахунок приводного валу	26
Висновки	30
Література	31
Додатки	32

ВСТУП

Ливарні цехи є важливими об'єктами в металургійній промисловості і машинобудуванні, де ефективність виробництва значною мірою залежить від правильної організації транспортування матеріалів. Серед різних типів конвеєрів, які використовуються в ливарних цехах, слід виділити стрічкові, елеватори, пластинчасті, підвісні, візкові та скребкові конвеєри. Кожен з цих типів конвеєрів має свої конструктивні особливості, переваги та недоліки, що визначають їх доцільність використання в конкретних умовах виробництва [1].

Стрічкові конвеєри є одними з найпоширеніших транспортних систем. Вони складаються з нескінченної стрічки, яка натягується на два барабани і приводиться в рух двигуном. Їх головною перевагою є висока продуктивність і можливість транспортування матеріалів на великі відстані. Однак стрічкові конвеєри мають обмеження по транспортуванню матеріалів з високою температурою і абразивних матеріалів, а також вимагають значних витрат на обслуговування.

Елеватори призначені для вертикального підйому матеріалів. Вони складаються з ланцюга або стрічки з прикріпленими до них ковшами. Основною перевагою елеваторів є можливість транспортування матеріалів на великі висоти, що дозволяє ефективно використовувати вертикальний простір цеху. Серед недоліків можна відзначити складність конструкції та високі вимоги до технічного обслуговування.

Пластинчасті конвеєри використовуються для транспортування важких і об'ємних матеріалів. Вони складаються з набору пластин, з'єднаних між собою на шарнірах і рухаються по напрямних. Основними перевагами є висока міцність і довговічність конструкції, що дозволяє транспортувати гарячі і абразивні матеріали. Недоліками є висока вага конструкції і необхідність частого технічного обслуговування.

Підвісні конвеєри застосовуються для транспортування вантажів у підвішеному стані. Вони складаються з рейкової системи і рухомих візків, до

яких кріпляться вантажі. Перевагами підвісних конвеєрів є можливість транспортування вантажів на різні висоти і відсутність необхідності в підлогових просторах. Недоліками є обмежена вантажопідйомність і складність обслуговування.

Візкові конвеєри складаються з рейкового шляху і візків, що рухаються по ньому. Вони використовуються для транспортування важких вантажів на великі відстані. Перевагами є висока вантажопідйомність і можливість автоматизації процесу транспортування. Недоліками є висока вартість монтажу і складність технічного обслуговування.

Скребкові конвеєри, на яких ми зосередимося детальніше в цій роботі, широко використовуються в ливарних цехах для транспортування глини та інших сипких матеріалів. Вони складаються з ланцюга з прикріпленими до нього скребками, що переміщують матеріал по жолобу. Основними перевагами скребкових конвеєрів є можливість транспортування матеріалів з високою температурою і абразивних матеріалів, а також компактність конструкції, що дозволяє ефективно використовувати простір цеху. Однак вони мають і деякі недоліки, такі як необхідність частого технічного обслуговування та обмежена продуктивність.

У цій роботі буде розглянуто процес конструювання скребкового конвеєра для ливарного цеху з акцентом на транспортування глини. Будуть проаналізовані конструктивні особливості, розроблені технічні рішення і враховані всі аспекти, що забезпечать ефективність та надійність роботи такого обладнання [2].

1. Огляд ланцюгових конвеєрів ливарного цеху

Транспорт в ливарних цехах відіграє вирішальну роль. Так, щоб виготовити 1т відливок, треба перемістити від 6 до 10т вантажів, з них на формівні матеріали припадає 50%, тобто 3...10т на 1т відливок. Основна робота по переміщенню вантажів здійснюється пристроями неперервної дії: стрічковими конвеєрами, елеваторами, пластинчатими, підвісними, скребковими і гвинтовими конвеєрами, візковими та роликовими конвеєрами.

1.1. Стрічкові конвеєри

Найбільш розповсюдженим транспортом неперервної дії в ливарних цехах є стрічковий конвеєр завдяки своїм позитивним якостям: безперервність транспортування, що сприяє підвищенню продуктивності машин, які працюють у комплексі зі стрічковим конвеєром; простота конструкції; зручність обслуговування; можливість повної автоматизації із застосуванням системи регулювання і контролю; можливість розвантаження в будь-якому місці траси конвеєра. Та поряд з перевагами є і недоліки: велика вартість і недостатня довговічність стрічки; неможливість транспортувати вантажі великої температури, липкі, гострокромкові та інші.

Стрічкові конвеєри бувають стаціонарні та пересувні невеликої довжини.

Конвеєрні установки мають широкий діапазон продуктивності: від кількох тон до 40000 тон/год з шириною стрічки 300...3000 мм і швидкістю 10 м/с. При застосуванні сучасних високоміцних стрічок і багато барабанних приводів, стало можливо створювати конвеєри завдовжки від 8 до 10 км в одному поставі, а конвеєрні лінії мають довжину до кількох десятків кілометрів. Траси стрічкових конвеєрів можуть бути: горизонтальними, зігнутими у вертикальній площині, горизонтально-нахиленими з багатьох конвеєрів, спеціальними.

1.2. Елеватори

Для вертикального переміщення вантажів застосовують елеватори, характерною особливістю яких є суміщення транспортування з технологічними процесами (наприклад сушіння).

Елеватори – це машини безперервної дії, які призначені для переміщення насипних вантажів у вертикальному або круто нахиленому напрямку. Елеватор являє собою нескінченний ланцюг або прогумовану стрічку з тканини із закріпленими до неї ковшами.

Ланцюг або стрічка обхватує два барабани, із яких нижній знаходиться в башмаку елеватора.

Завантажування сухих, добре сипких порошкоподібних, зернистих і дрібно кускових матеріалів (руда, графіт, вапняк, крупнокускового вугілля та ін.) завантажують безперервними потоками у ковші, оскільки зачерпувати такі матеріали з башмака доволі важко.

Матеріали в ковшах підіймаються по ланцюгу елеватора і при огинанні верхнього барабану висипаються з ковшів і відводяться до жолобу. Верхній барабан обертається від електродвигуна.

Переваги елеваторів: невеликі габаритні розміри перерізів і в плані; підйом вантажу на значну висоту (до 60 м), простота і надійність конструкції; неможливість забезпечення герметичності.

Недоліки елеваторів: не бажано транспортувати вологі, липкі, кускові вантажі, можливість обривів і сходу стрічки з ковшами із барабану.

1.3. Пластинчасті конвеєри

В ливарних цехах для транспортування гарячих відливок застосовують пластинчасті конвеєри. Також за їх допомогою транспортують такі важкі поштучні вантажі, для яких не можна використовувати інші конвеєри: крупнокускову руду, вапняк, гостро-кромкові відходи штампувального виробництва тощо. Конвеєри виготовляють в основному дволанцюгові; згинальні-одноланцюгові, конвеєри з великою шириною настилу.

За напрямком переміщення вантажу пластинчасті конвеєри можуть бути горизонтальні, похилі та комбіновані. Пластинчасті конвеєри можуть транспортувати насипний вантаж під великим кутом $35-45^\circ$, а з ковшовидними пластинами до $65-70^\circ$.

Позитивні якості конвеєрів: висока надійність; можливість транспортувати широкий асортимент вантажів з більшим кутом підйому траси; забезпечують переміщення без перевантажень матеріалів на будь-яку відстань, використання металевого настилу забезпечує необхідну міцність, що дозволяє транспортувати крупнокускові та важкі матеріали.

Недоліки: велика лінійна маса конвеєра, висока вартість обмежена швидкість руху ланцюгів (до 1,25 м/с), більш складна експлуатація, порівняно із стрічковими конвеєрами. Внаслідок великої кількості шарнірних з'єднань у ланцюзі, які потребують регулярного змащування і догляду, велика витрата електроенергії.

1.4. Підвісні конвеєри

Сучасні підприємства серійного та масового виробництва обладнують цехи просторовими підвісними ланцюговими конвеєрами складної траси для без перевантажувального транспортування вантажів протягом усього технологічного процесу. Вони практично не займають виробничих площ, оскільки їх розміщують під стелею, у вільному просторі. Траси підвісних конвеєрів бувають будь-якої складності і практично необмеженої кількості приводів.

Підвісні конвеєри залежно від способу руху поділяють на вантажоведучі.

За видом траси бувають горизонтальні та просторові. У сучасних перевізних конвеєрах вага вантажів, що транспортуються, становить від частки кілограма до 2,5 тон, довжина до 4,5 км.

Швидкість руху конвеєрів 0,05...0,75 м/с, застосовують автоматичне адресування вантажу, завантаження і розвантаження відбувається на ходу, часто автоматично. Можливість роботи підвісного конвеєра на складній трасі (в багатоповерхових цехах та між ними) невелика витрата енергії, легкість наладки конвеєра при зміні технології виробництва, простота автоматизації процесу розподілу вантажів зробили ці конвеєри основними транспортними засобами на сучасних підприємствах різних галузей промисловості.

1.5. Візкові конвеєри

Візкові конвеєри транспортують вантаж на візках по замкненій трасі і залежно від розміщення ходової частини їх поділяють на горизонтально та вертикально замкнені.

Горизонтально-замкнені конвеєри застосовують в основному в потоковому виробництві для виконання технологічних операцій – у ливарному виробництві, на лініях складання автомобілів, а також для переміщення між робочими

місцями легких вантажів в різних галузях промисловості. Вони дають змогу транспортувати різні вантажі, а також суміщати переміщення з технологічними операціями. Вантажопідйомність конвеєрних візків становить 8...12000 кг, швидкість руху визначається технологічними особливостями (у ливарному виробництві 1,2...7,5 м/хв).

Конвеєри бувають одно – та дволанцюгові. Ланцюги використовують в основному пластинчасті безреберні (в горизонтальних конвеєрах) та спеціальні двошарнірні. Можна застосовувати також і інші типи (круглоланкові та розбірні).

1.6. Скребкові конвеєри

Також для транспортування сипких, зернистих і кускових вантажів використовується скребковий конвеєр. Тяговими органами цих конвеєрів є пластичні ланцюги, до робочих ланцюгів кріпляться робочі елементи – скребки. В конвеєрах матеріали переміщуються по верхньому або нижньому жолобу. Жолоб конвеєра виготовляється секціями з сталюого листа товщиною 4-6 мм. Ці конвеєри дозволяють переміщувати матеріали в горизонтальному, нахиленому напрямках зі швидкістю 0,1-0,5 м/с. Кут нахилу скребкових конвеєрів буває в межах 30°, довжина конвеєрів 50-60 м (іноді до 100м) продуктивність до 160 т/год.

1.7. Мета роботи – виконати конструювання скребкового конвеєра ливарного цеху.

1.8. Завдання роботи - розрахунок скребкового конвеєра продуктивністю 100 т/год при транспортуванні глини; вибір двигуна і редуктора привода; розрахунок на міцність приводного валу.

2. Конструювання скребкового конвеєра

2.1. Призначення і конструктивні особливості скребкового конвеєра

В даному розділі роботи виконано конструювання і розрахунок скребкового конвеєра, розміщеного в ливарному цеху під кутом 30 град. (рис. 2.1).

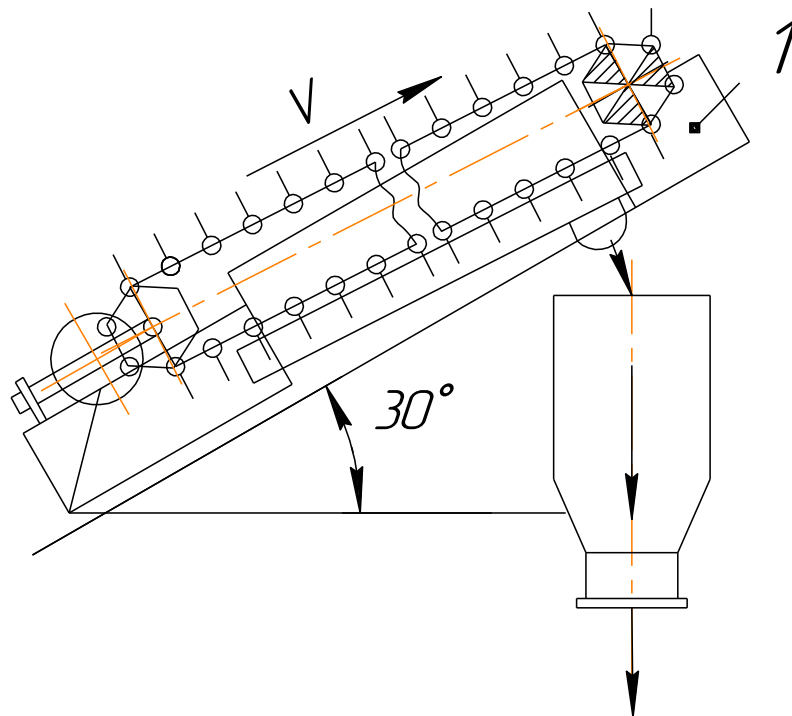


Рис. 2.1 – Схема скребкового конвеєра

Скребковий конвеєр призначений для транспортування сипких, зернистих і кускових вантажів.

Загальний вид конвеєра показано на рис. 2.2. Тяговим органом конвеєра є пластинчасті ланцюги 2, типу ПВКГ з кроком 200, 250, 320 і 400 мм, зварні калібровані ланцюги і сталеві проволочні канати.

До тягових органів кріпляться робочі елементи – скребки 3 прямокутні, трапецеїдальні або дискові, виготовлені із листової сталі товщиною 3-8 мм.

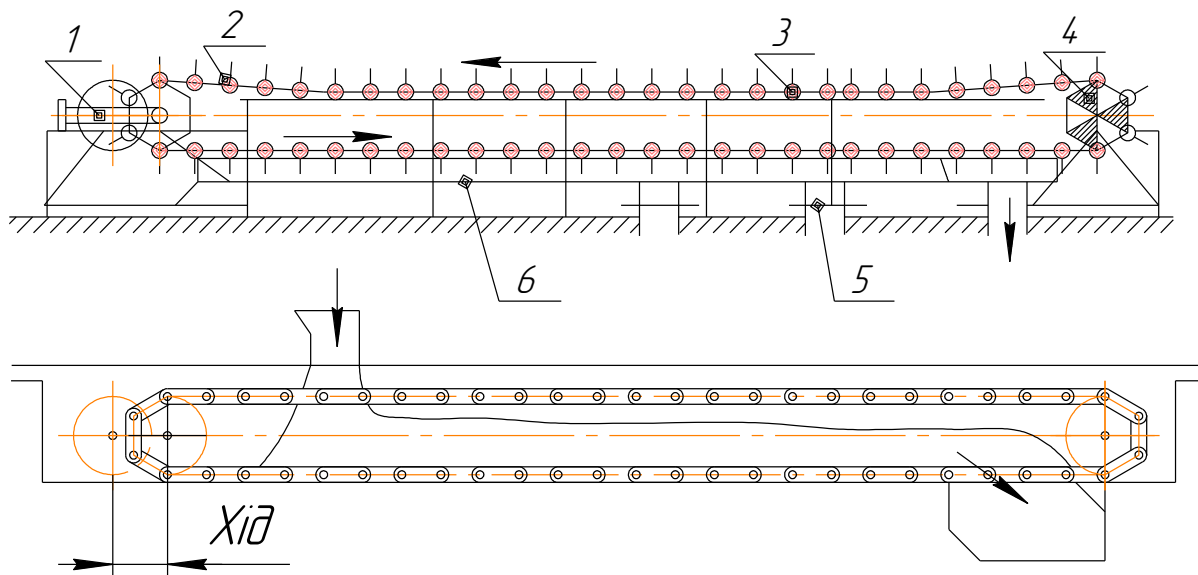


Рис. 2.2. – Горизонтально-замкнений скребокний конвеєр

Число тягових органів залежить від ширини скребків. При ширині до 400мм скребки середньою своєю частиною кріпляться до однієї вітки ланцюга або каналу; при великій ширині скребки кріпляться по кінцях до двох віток.

В конвеєрі, що показаний на рис. 2.2 матеріал переміщується верхнім або нижнім жолобом 6, або по двох жолобах одночасно. Опір рухові створюється за рахунок сил тертя об нижні і бокові стінки жолоба. Для зменшення сил тертя застосовують скребкові конвеєри з боковими рухомими спинками, з'єднаними з внутрішніми ланками пластинчастих ланцюгів. Жолоб скребкового конвеєра виготовляється секціями із сталених листів товщиною 4-6 мм, або із деревини. Величина зазору між скребками і спинками жолобу повинна складати 3-6 мм. Розвантаження матеріалу з конвеєра можна проводити як в кінці конвеєра, так і на проміжних ділянках через люки нижньої стінки, що перекривається задвижками 5.

Обертний рух на вал приводних зірочок 4 передається від електродвигуна через редуктор і запобіжну муфту граничного моменту. Натягування ланцюгів проводиться гвинтовим натяжним пристосуванням 1.

В конвеєрах з відкритими жолобами висота скребків зазвичай рівна висоті бокових стінок або дещо менша їх.

В таких конвеєрах кожний скребок переміщує визначену порцію матеріалу.

Застосовуються також конвеєри з закритими жолобами, у яких висота бокових стінок більша за висоту скребків.

Скребки таких конвеєрів переміщують матеріал безперервними і суцільними шарами.

Конвеєри з зануреними скребками (рис. 2.2) мають плоскі прямокутні і круглі, або контурні U, H, Z, L-образні скребки, що кріпляться до тягових ланцюгів. Такі конвеєри можуть мати складну по контуру трасу. Вони дозволяють переміщувати матеріал в горизонтальному, нахиленому напрямках зі швидкістю 0,1-0,25 м/с. Для конвеєрів з U-видними контурними скребками рекомендовані наступні розміри прямокутних жолобів (мм): 100×80; 125×100; 160×125; 200×125; 250×160; 320×200 і 400×250.

Кут нахилу скребкових конвеєрів буває в межах 30°, довжина конвеєрів до 50-60 м (іноді до 100 м), продуктивністю до 150 т/год.

2.2. Розрахунок скребкового конвеєра

Вихідні дані для розрахунку конвеєра з верхньою робочою віткою: продуктивністю $\Pi=100$ т/год, довжина конвеєра $L=70$ м, кут нахилу $\beta=30^\circ$, транспортуємий вантаж – суха глина з щільністю $\gamma_p=0,8$ т/м³, крупністю $Q_{\max}=100$ мм.

Продуктивність, т/год

$$\Pi = 3600 F v \gamma_p = 3600 B h \Psi K \beta v \gamma_p, \quad (2.1)$$

де B і h відповідно висота і ширина жолоба, м; Ψ -коефіцієнт заповнення жолобу, $\Psi=0,5 \dots 0,6$ – для легкосипких вантажів і $\Psi=0,7 \dots 0,8$ – для кускових вантажів.

Приймаємо $\Psi=0,75$

В скребкових конвеєрах приймають $\frac{B}{h} = 2,4 \dots 4$ з урахуванням цього співвідношення із попередньої формули визначаємо ширину жолоба:

$$B = \sqrt{\frac{(2,4 \dots 4) \Pi}{3600 \Psi h \beta v \gamma_p}} = \sqrt{\frac{3,2 \cdot 100}{3600 \cdot 0,75 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot 0,8}} = 0,528 \text{ м} \quad (2.2)$$

Приймаємо $B=530$ мм

Швидкість руху ланцюгів в скребкових конвеєрах вибирають в межах $0,1 \dots 1,0$ м/с.

Для проектуемого конвеєра приймаємо $v = 0,5$ м/с

Висота жолобу:

$$h = \frac{B}{3,2} = \frac{0,530}{3,2} = 0,165 \text{ м} = 165 \text{ мм} \quad (2.3)$$

приймаємо $h=170$ мм

Висота скребка:

$$h_c = h + (25 \dots 50) = 200 + (25) = 255 \text{ мм} \quad (2.3)$$

Крок скребків:

$$t_c = (2 \dots 4) \alpha_c = 2,5 \cdot 225 = 562 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Відстань між скребками і ширина жолоба повинні задовольняти умові:

$$t_c \geq 1,5Q_{max} = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ мм} \quad (2.5)$$

$$530 = B \geq K_c Q_{max} = 2,25 \cdot 100 = 225 \text{ мм} \quad (2.6)$$

де $K_c = 2,25$

2.2.1. Тяговий розрахунок

Погонне навантаження від вантажу що переміщується

$$q = \frac{P}{3,6v} = \frac{100}{3,6 \cdot 0,5} = 55,55 \text{ кг/м}$$

Погонна маса ланцюгів і скребків

$$q_c = K_y q = 0,630 \cdot 55,55 = 35 \text{ кг/м}$$

Де K_y – емпіричний коефіцієнт, для двохланцюгових – $K_y=0,6..0,8$.

Приймаємо $K_y=0,63$.

Методом обходу по контуру визначаємо натяг в ланцюгах і опір рухові тягового органу. Мінімальним натягом тягового ланцюга в точці 1 (рис. 2.3).
Задається із умов правильної взаємодії її з ведучою зірочкою: $S_1=850 \text{ кгс}$.

В точці 2

$$\begin{aligned} S_2 &= S_1 + q_y L \cos \beta \omega'_y \pm q_y L \sin \beta = \\ &= 850 + 55,55 \cdot 70 \cdot 0,5 \cdot \cos 30 - 55,55 \cdot 70 \cdot \sin 30 = 589,52 \text{ кгс} \end{aligned}$$

де ω_y – коефіцієнт опору рухові ланцюгові

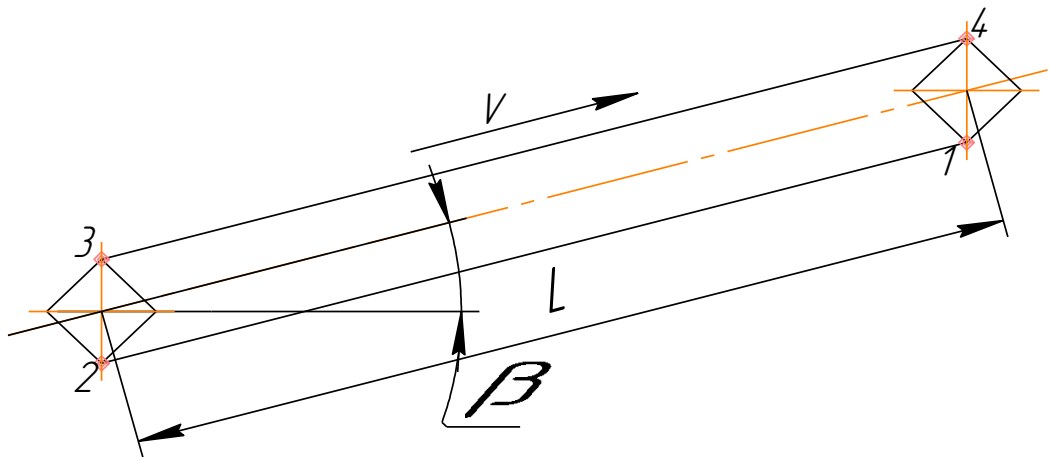


Рис. 2.3 – Схема скребкового конвеєра

Приймаємо $\omega_y = 0,5$

$k = 1,1$ - коефіцієнт збільшення натягу ланцюга при огинанні зірочки по

Крім того, для конвеєра з високими скребками натяг ланцюга в точці найменшого натягу робочої вітки (точка 3) перевіряють із умови:

$$S_3 = k S_2 = 1,1 \cdot 589,52 = 648,4 \text{ кг}$$

$$S_3 \geq S_{3 \min} = \frac{\omega h_1}{t_y} \operatorname{ctg} \varepsilon$$

де ε - кут відхилення ланки, приймають $2-3^\circ$

t_y — крок ланцюга, мм

ω — опір переміщення порцій вантажу між скребками, кг

h_1 — відстань по висоті скребка від сили ω до ланки ланцюга, мм.

Для розрахункового конвеєра:

$$\begin{aligned}\omega &= q t_o \cos \beta \omega'_{rp} + q t_o \sin \beta = \\ &= 55,55 \cdot 0,562 \cdot 0,5 \cdot \cos 30 + 55,55 \cdot 0,562 \cdot \sin 30 = 29,11 \text{ кгс}\end{aligned}$$

Отже:

$$S_{3min} = \frac{\omega h_1}{t_y} \operatorname{ctg} \varepsilon = \frac{29,11 \cdot 85}{80} \cdot \operatorname{ctg} 3 = 597 \text{ кгс}$$

$$\text{Тут } h_1 = \frac{1}{2} L = \frac{1}{2} \cdot 170 = 85 \text{ мм}$$

Умова виконується так, як:

$$597 = S_{3min} < S_3 = 648,47 \text{ кгс}$$

Визначаємо:

$$\begin{aligned}S_4 &= S_3 + q_y L \cos \beta \omega'_{cp} + q L \cos \beta \omega'_{rp} \pm \\ &\pm (q_y + q) L \cdot \sin \beta = 648,47 + 35 \cdot 70 \cdot 0,5 \cdot \cos 30 + \\ &+ 55,55 \cdot 70 \cdot \cos 30 \cdot 0,5 + (35 + 55,55) \cdot 70 \cdot \sin 30 = 8882,211 \text{ кгс}\end{aligned}$$

де ω'_{rp} — коефіцієнт опору рухові вантажу по жолобу.

$$\text{Приймаємо } \omega'_{rp} = 0,5$$

Опір рухові ланцюга

$$\begin{aligned}W_0 &= S_4 - S_1 + (K - 1)(S_4 + S_1) = \\ &= 8882,211 - 850 + (1,1 - 1) \cdot (8882,211 + 850) = 9005,421 \text{ кгс}\end{aligned}$$

Установочна потужність двигуна:

$$N_0 = n_y N_p = \frac{W_0 V}{102 \eta} n_y = \frac{9005,42 \cdot 0,5}{102 \cdot 0,85} \cdot 1,1 = 57,12 \text{ кВт}$$

2.2.2. Вибір двигуна і редуктора для привода скребкового конвеєра

По каталогу приймаємо електричний двигун МТН 612 – 10 з $N=60$ кВт;
 $n=580$ об/хв.

Попередньо для привода розбірного ланцюга приймаємо зірочку з ділильним діаметром $D_0=416$ мм, число зубів $Z=8$, крок $t_y=80$ мм.

Частота обертання зірочки

$$n_3 = \frac{60V}{\pi \cdot D_0} = \frac{60 \cdot 0,5}{3,14 \cdot 0,416} = 22,96 \text{ об/хв}$$

Передаточне число редуктора

$$U_{p-p} = \frac{n}{n_3} = \frac{580}{22,96} = 25,26$$

При безперервній роботі привода на протязі 24 годин і навантаженні з помірними поштовхами коефіцієнт умов роботи $K'_p = 1,5$

Розрахункова потужність редуктора

$$N_{\text{ред}} = K_p N_p = 1,5 \cdot 51,82 = 77,73 \text{ кВт}$$

По каталогу приймаємо редуктор

U2-500 з $U_p=24,9$

Фактична частота обертання зірочки і швидкість руху ланцюга

$$n_3 = \frac{n}{U_p} = \frac{580}{24,9} = 23,2 \text{ об/хв}$$
$$V_\phi = \frac{\pi D_0 n_3}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,416 \cdot 23,2}{60} = 0,5 \text{ м/с}$$

Розрахункова тягове зусилля для одного ланцюга

$$S_p = 1,15 \frac{S_4 + S_{\text{дин}}}{2},$$

Де $S_{\text{дин}}$ - динамічне зусилля в ланцюгах при роботі конвеєра в установленому режимі.

Швидкість розповсюдження пружної хвилі вздовж тягового органу відповідно робочої і холостої віток.

$$C_1 = \sqrt{\frac{E_0 q}{q_y + \lambda_1 q}} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^6 \cdot 9,81}{35 + 0,4 \cdot 55,55}} = 555,51 \text{ м/с}$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{E_0 q}{q_y}} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^6 \cdot 9,81}{35}} = 710,29 \text{ м/с}$$

де $\lambda_1 = 0,4$ - коефіцієнт участі маси матеріалу в нерівномірному русі ланцюга;

$E_0=1,8 \cdot 10^6$ кг – статична жорсткість попередньо прийнятої штампованого розбірного ланцюга з кроком 80 мм.

Середня швидкість розповсюдження пружної хвилі:

$$C = \frac{2C_1C_2}{C_1+C_2} = \frac{2 \cdot 555,51 \cdot 710,29}{555,51+710,29} = 623,43 \text{ м/с}$$

Період основного току власних коливань

$$t = \frac{4L_k}{C} = \frac{4 \cdot 70}{623,43} = 0,45 \text{ с}$$

Період протидіючої сили

$$2\tau = \frac{t_y}{V_\varphi} = \frac{0,08}{0,5} = 0,16 \text{ с}, \quad \tau = 0,08 \text{ с}$$

Відношення періоду основного току до періоду протидіючої сили

$$\frac{t}{2\tau} = \frac{0,45}{0,16} = 2,81$$

Опосередкований коефіцієнт опору

$$f = \frac{1}{2} \left(\frac{qf_1 + q_y f_2}{q + q_y} + f_2 \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{55,55 \cdot 0,45 + 35 \cdot 0,35}{55,55 + 35} + 0,35 \right) = 0,3806$$

Коефіцієнт проходження

$$K_2 = \frac{2}{1 + \frac{C_2}{C_1}} = \frac{2}{1 + \frac{710,29}{555,51}} = 0,881$$

Коефіцієнт загасання

$$K = K_1 \cdot K_2 = 0,65 \cdot 0,881 = 0,572$$

Динамічне навантаження в ланцюгах:

$$S_{\text{дин}} = \frac{6\pi^2(q+c'q_y)LV^2}{qZ^2t_y} = \frac{6 \cdot 3,14^2 \cdot (55,55 \cdot 1,35) \cdot 70 \cdot 0,5^2}{9,81 \cdot 8^2 \cdot 0,08} = 1866,13 \text{ кгс}$$

Для вибору ланцюга визначаємо розрахункове зусилля:

$$S_p = 1,15 \frac{S_4 + S_{\text{дин}}}{2} = 1,15 \frac{8882,2 + 1866,13}{2} = 6180,3 \text{ кгс}$$

Розривне зусилля ланцюга:

$$S_{\text{розр}} = nS_p = 8 \cdot 6180,3 = 49442,41 \text{ кгс}$$

Де $n=6\dots 10$ – запас міцності

Вибираємо ланцюг тяговий розбірний

$$p_2 - 80 - 290 \text{ з кроком } 80 \text{ мм}$$

Максимальне зусилля в ланцюгу при запусканні приводу

$$S_{\text{max}} = 1,15 \cdot \frac{S_4 + S_{\text{дин}} + S_{\text{д.п}}}{2} = 1,15 \frac{8882,21 + 1866,13 + 2192}{2} = 7440,7 \text{ кгс}$$

де $S_{\text{д.п}}$ – динамічне зусилля при пуску, визначаємо по формулі:

$$S_{\text{д.п}} = mk \frac{D_0}{2} \frac{\varepsilon_{\text{дв}}}{U_p} \eta_{\text{м}} = \frac{916,33 \cdot 0,416 \cdot 337,58 \cdot 0,85}{2 \cdot 24,9} = 2192 \text{ кгс}$$

$$m_k = K_y[(2q_y + q)L + K_c G_v] \frac{1}{q} =$$

$$0,9[(2 \cdot 35 + 55,55) \cdot 70 + 0,6 \cdot 200] \frac{1}{9,81} = 916,33 \frac{\text{кгс}}{\text{м}}$$

де G_v – вага рухомих частин конвеєра (без привода) $G_v \approx 2000$ кг

$K_c=0,5 \dots 0,7$ – коефіцієнт, що враховує зменшення середньої швидкості обертаючихся мас по зрівнянню зі швидкістю V ;

$K_y=0,5 \dots 0,7$ – коефіцієнт, що враховує пружне подовження ланцюгів.

Кутове прискорення валу:

$$\varepsilon_{дв} = \frac{M_{n.ср} - M_{ст.п}}{j_{пр}} = \frac{151,29 - 88,5}{0,186} = 337,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$$

$$\text{Де } M_{n.ср} = \psi_{ср} \cdot M_k = 1,5 \cdot 975 \frac{N}{n} = 1,5 \cdot 975 \cdot \frac{60}{580} = 151,29 \text{ кгс} \cdot \text{м}$$

$$\psi_{ср} = 1,5 \text{ по [1]}$$

$$M_{ст.п} = \frac{W_0 D_0}{2 U_p \eta_m} = \frac{9005,421 \cdot 0,416}{2 \cdot 24,9 \cdot 0,85} = 88,5 \frac{\text{кгс}}{\text{м}}$$

Момент інерції мас що рухаються, приведений до валу двигуна

$$j_{пр} = \delta j_{p.m} + \frac{m_k R^2}{U_p^2 \eta_m} = 1,15 \cdot 0,0968 + \frac{916,3 \cdot 0,208^2}{24,9^2 \cdot 0,85} = 0,186 \text{ м} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

$$\text{де } j_{p.m} = 0,0968$$

2.2.3. Розрахунок приводного валу скребкового конвеєра

Вихідні дані:

Ділильні діаметри зірочок: $d\omega_1 = d\omega_2 = 416 \text{ мм} = 0,416 \text{ м}$

Крутний момент на валу $T=22417 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Момент на кожній із зірочок

$$T_1=T_2=\frac{T}{2}=\frac{22417}{2}=11208,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$a_1=a_2=192 \text{ мм}$$

$$v=528$$

Частота обертання валу $n=23,2 \text{ об/хв.}$

Визначаємо діаметр вихідного кінця валу:

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{T \cdot 10^3}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{22417 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 35}} = 110 \text{ мм}$$

Де $[\tau]$ допустима напруга при крученні

$$[\tau] = 25 - 35 \text{ МПа для сталі.}$$

Діаметр валу під підшипник вибираємо конструктивно $d_n = 115 \text{ мм}$

Колове зусилля, яке діє на кожній із зірочок:

$$F_{t_{21}} = \frac{2T_2}{d\omega} = \frac{2 \cdot 11208,5 \cdot 10^3}{416} = 53887 \text{ Н}$$

Колова швидкість:

$$\omega = \frac{2\pi n}{30} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 23,2}{30} = 4,8 \text{ c}^{-1}$$

Зображуємо схему дії сил, що діють на вал (рис. 2.4).

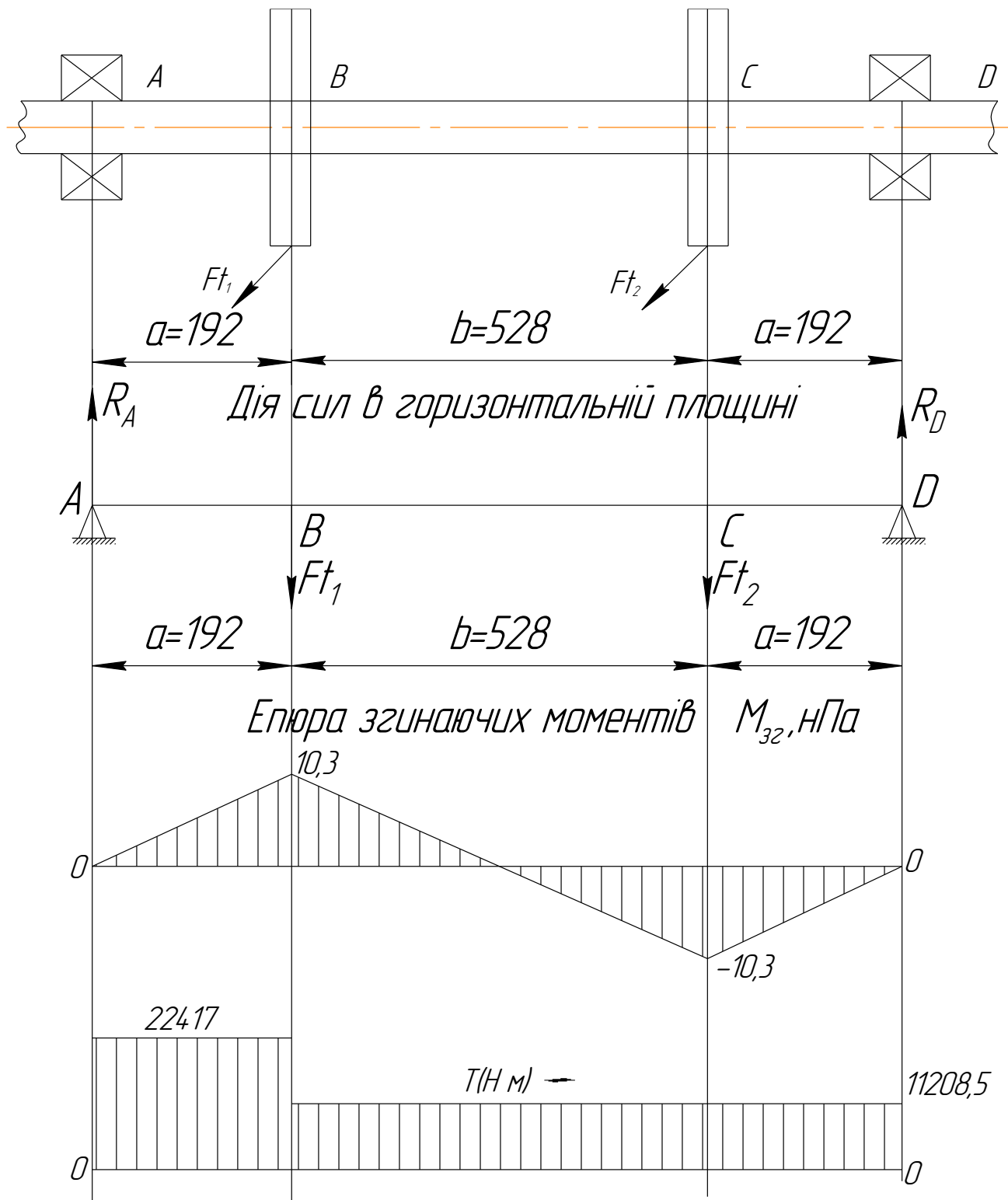


Рис. 2.4 – Схема дії зусиль на вал

Визначаємо значення реакцій, що діють в опорах.

$$\sum M_A = 0; Ft_1 + Ft_2(a + b) - R_D(a + b + a) = 0$$
$$R_D = \frac{Ft_1 \cdot a + Ft_2(a + b)}{(a + b + a)} = \frac{53887 \cdot 192 + 53887 \cdot (192 + 528)}{(192 + 528 + 192)} = 53887 \text{ Н}$$
$$\sum M_D = 0; Ft_2 \cdot a - Ft_1 \cdot (a + b) + R_A(a + b + a) = 0$$
$$R_A = \frac{Ft_2 \cdot a + Ft_2(a + b)}{(a + b + a)} = \frac{53887 \cdot 192 + 53887(192 + 528)}{(192 + 528 + 192)} = 53887 \text{ Н}$$

Перевіряємо правильність визначення реакцій в опорах

$$\sum X = 0; R_A - Ft_1 - Ft_2 + R_D = 0$$
$$53887 - 53887 - 53887 + 53887 = 0$$

Розраховуємо моменти що діють в горизонтальній площині

$$M_{3Г}A = 0$$

$$M_{3Г}B = R_A \cdot a = 53887 \cdot 192 = 10,3 \text{ нПа}$$

$$M_{3Г}C = -R_D \cdot a = -53887 \cdot 192 = -10,3 \text{ нПа}$$

$$M_{3Г}D = 0$$

На (рис. 3.1) будуємо епюру моментів

Перевіряємо вал на міцність при крученні:

$$\tau_{кр} = \frac{T_{кр}}{W_p} \leq [\tau_{кр}];$$

Де $T_{кр}$ – крутний момент в небезпечному перерізі

$$T_{кр} = \frac{Ft}{\omega} = \frac{53887}{4,8} = 11227 \text{ Н/м}$$

W_p – полярний момент опору [м^3]

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,110^3}{16} = 0,00053 \text{ м}^3$$

Отже:
$$\tau_{\text{кр}} = \frac{T_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{11227}{0,00053} = 21183018,87 \text{ Па} = 21,18 \text{ нПа}$$

$$\tau_{\text{кр}} = 21,18 \text{ нПа} \leq 35 \text{ нПа} = [\tau_{\text{кр}}]$$

Отже умова міцності при крученні виконується. Попередньо прийнятий діаметр валу витримає діючу на нього силу.

Загальний вид спроектованого скребкового конвеєра продуктивністю 100 т/год при транспортуванні глини показано на кресленні БР – 131.24.07.02.01.00.00 ВЗ. Загальний вид привода конвеєра показано на кресленні БР-131.24.07.02.02.00.00 ВЗ.

Висновки

Критично оглянуто ланцюгові конвеєри, які застосовуються в ливарних цехах для транспортування сипких матеріалів і виливків.

Згідно з завданням на кваліфікаційну роботу виготовлено креслення загального виду скребкового конвеєра і привода та виконано конструкторські розрахунки для забезпечення продуктивності при транспортуванні глини – 100 т/год.

Тяговий розрахунок конвеєра дозволив визначити навантаження на ланцюг в критичних точках, що дозволило вибрати електричний двигун МТН 612 – 10 з потужністю 60 кВт і частотою обертів 580 об/хв. і редуктор з передаточним числом 25; виконано розрахунок на міцність приводного валу.

Література

1. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини: Підручник. – К.: Вища шк., 1993. – 413 с.
2. Сумцов В. П. Устаткування ливарних цехів. – К.: ІСДО, 1993. – 552 с.