# Розрахунок вертикального ланцюгового елеватора

**Вступ**

Розрахувати вертикальний ковшовий ланцюговий елеватор для транспортування пшениці γв = 7,2 кН/мі, продуктивністю П = 176,6 кН/год. Швидкість транспортування складає ν = 1,3 м/с, висота, на яку подається вантаж Н = 13 м, максимальний розмір рядового вантажу а₀ = 77,7 мм.

**1. Розрахунок основних параметрів тягового органу (ланцюг, ковш) і вибір електродвигуна**

Вибір деяких основних параметрів. Для транспортування пшениці приймаємо ланцюговий елеватор із зімкненими ковшами. Скориставшись рекомендаціями табл. 4,1 (1), приймаємо ковш типу Г (глибокий), коефіцієнт заповнення ковшів складатиме Ψ = 0,75.

Визначення погонної місткості ковшів . ф.4.13 (1).

ік/tк = П/3,6·ν· γв·Ψ;

ік/tк = 176,6/3,6· 1,3· 7,2· 0,75 = 6,98 л/м.

За табл. 4,2 (1) для ік/tк = 8 л/м вибираємо ківш глибокий шириною Вк = 320 мм, крок ковшів tк = 0,5 м, виліт ковша lк = 175 мм, ік/tк = 8 л/м.

Вибраний ківш перевіряється на кусковатість ф. 4,14 (1).

lк ≥ х · а₀ ;

lк ≥ 2,25 · 77,7 ;

lк = 175 > 2,25 · 77,7 ;

lк = 175 > 174,8 , умова виконується.

Для вибраних ковшів уточнимо швидкість транспортування ф. 4,15.

ν = [( ν· ік/ tк)розр.] / (ік/tк)ГОСТ ;

ν = [(1,3· 6,98) розр.] / (8) ГОСТ = 1,13 м/с.

Визначення погонних навантажень. Силу тяжіння вантажу на 1 пог.м. ходової частини елеватора визначено за формулою

qв = П/3,6· ν;

= 176,6 / 3,6 · 1,13 = 43,49 Н/м.

Погонне навантаження від елементів, що рухаються (ланцюги та ковші) ф. 4,20. (1).

q₀ = qл · Zл + qк ;

q₀ = 36,6 · 1 + 494 = 530,6 Н/м,

де qл – погонне навантаження від ланцюгів, Н/м,

Zл – вибирають по таблиці 3,1 (1),

- погонне навантаження від ковшів.

qк = Gк / tк ;

qк = 247/0,5 = 494 Н/м,

де Gк – вага ковша, вибирається за табл. 4,2. (1) Gк = 247 Н, або розраховують за ф. 4,22. (1).

tк - крок ковшів, м.

Для визначення погонних навантажень від ланцюгів скористаємося ф. 4,16…4,19. (1).

Наближене значення потужності елеватора

Р нр = ПН ( 1,15 + К/γ) / 3670;

Р нр = 176,6 · 13 (1,15 + 0,55/0,75) / 3670 = 0,45 кВт,

де К – коефіцієнт продуктивності, табл. 4,3. (1) К = 0,55.

П = 176,6 кН/год розрахункова продуктивність;

γ = 7,2 кН/мі - об’ємна маса вантажу.

Окружна сила на зірочках, Н.

Ft = 1000 · Р нр / ν ;

Ft = 1000 · 0,45 / 1,13 = 398,23 Н.

Найбільше умовне навантаження.

Fmax = Ft + 2000;

max = 398,23 + 2000 = 2398,2 Н.

Руйнуюче навантаження.

Fр = Fmax · S / Zл ;

Fр = 2398,2 · 9/ 1 = 21583,8 Н,

де S = 9, запас міцності ланцюгів;

Zл = 1 кількість ланцюгів, при Вк ≤ 320 мм, приймають один тяговий ланцюг.

По руйнуючому навантаженні вибираємо ланцюг М 20, для якого Fр = 20 кН, типу 1 Dt = 40 мм.

Скориставшись 8. табл. ХС, знаходимо qл = 36,6 Н/м:

При виконанні навчальних проектів можна скористатися 7. ф. 8,7 (1) для визначення погонного навантаження ковшів разом з ланцюгами.

q₀ = К · П ;

q₀ = 0,8 · 176,6 = 141,28 Н/м, де К = 1,08 коєфіцієнт пропорціональності.

П = 176,6 кН/год – розрахункова продуктивність.

Визначення опору руху і натягу ланцюгів. Поділимо трасу на характерні ділянки, починаючи з точки 1 приводного валу до точки 4.

Приймаємо коефіцієнт опору при огинанні зірочок К = 1,08 с 84 (1).

Тяговий розрахунок необхідно розпочати з точки найменшого натягу. Для заданої траси елеватора найменший натяг буде в точці 2.

Величину його визначимо ф. 4,25 (1).

Fн = 8000 · bк + 40 · Н;

Fн = 8000 · 0,32 + 40 · 13 = 2560 + 520 = 3080 Н,

де bк – ширина ковша bк = 0,32 м, Н = 13 м, висота на яку піднімається вантаж.

Натяг у точці 2:

F₂ = Fmin = Fн / 2;

F₂ = 3080 / 2 = 1540 Н.

F₃ = F₂ · К + W₃ ;

F₃ = 1540 · 1,05 + 103,2 = 1720,2 Н.

W₃ - сила опору при зачерпуванні вантажу ф. 4,23. (1).

F ₄ = F₃ + W₃₋₄ = F₃ + (qв + q₀) · Н;

F ₄ = 1720,2 + (43,48 + 530,6)· 13 = 918,37 Н.

Натяг у точці 1.

F₁ = F₂ - W₂₋₁ = F₂ - (-q₀Н) = F₂ + q₀Н;

F₁ = 1540 + 530,6 · 13 = 8437,8 Н.

Визначення окружної сили на приводних зірочках ф. 3,41. (1).

Ft = Fнб – Fзб + Wпр = F ₄ - F₁ + (F ₄ + F₁)(К-1);

Ft = 9183,37 – 8437,8 + (9183,37 + 8437,8)(1,05 – 1) = 833,67 Н = 0,83 кН.

Визначення потужності електродвигуна , ф.3,42 (1).

Р = Ft ν / 1000 · η₀;

Р = 833,67 · 1,13 / 1000 · 0,75 = 942,04 / 750 =1,25 кВт,

де η₀ = 0,75 с. 18 (1).

По розрахованій потужності вибираємо електродвигун (1 том 3. табл.. 2,4) або (табл. 2Д) 4А80В4У3 Рд = 1,5 кВт nд = 1415 хвЇ№.

**2. Розрахунок приводу транспортера**

Загальне передаточне відношення приводу:



Попередньо приймаємо стандартний двоступінчатий редуктор з передаточним відношенням Uред = 16, тоді передаточне відношення ланцюгової передачі:



Визначаємо частоту обертання, кутову швидкість, потужність та крутні моменти на кожному з валів.

Вал 1. n1 = nдв = 1415 об/хв;

елеватор транспортер ківш ланцюг

;

P1 = Pтр = 510 Вт;

.

Вал 2. n2 = n1 = 1415 об/хв;

W2 = W1 = 148,1 с-1;

P2 = P1 Ч η муф = 510 Ч 0,98 = 500 Вт;

.

Вал 3.  об/хв;

;

P3 = P2 Ч η ред = 500 Ч 0,94 = 470 Вт;

.

Вал 4.  об/хв;

;

P4 = P3 Ч η цеп = 470 Ч 0,93 = 437 Вт;

.

Остаточно приймаємо черв’ячний одноступінчатий обдуваймий редуктор Ч-160-16+-52-1-1ВУ2, для нього максимальний крутний момент на тихоходному валу (вал 3):

Tmax = 250 HЧм > T3 = 50,81 HЧм.

Орієнтовний розрахунок вала 4.

Згідно з [2] стор. 296 попередньо оцінюємо діаметр валу нижньої головки при занижених граничних напруженнях при крученні.

, де

[τ] = 25 мПа – для транспортерних валів.

**3. Розрахунок ланцюгової передачі**

Згідно з [2] стор. 286 приймаємо z1 = 24, тоді

z2 = z1Ч Uцеп = 24 Ч 3,1 = 74

Згідно з [2] формула 13.26 визначаємо розрахункову потужність:

, де

, за [2] стор. 287 – коефіцієнт експлуатації.

Згідно з [2] табл. 13.2 встановлюємо значення коефіцієнтів:

kд = 1 – коеф. динамічного навантаження;

kа = 1,25 – коеф. міжосьової відстані;

kреж = 1,45 – коеф. режиму;

kрег = 1– коеф. способу регулювання натягнення ланцюга;

kс = 0,8 – коеф. змащення;

kн = 1,0 – коеф. нахилу передачі до горизонту.



Коефіцієнт кількості зубців:



Коефіцієнт частоти обертання:



При цьому Рр = 470 Ч 1,2 Ч 1,45 Ч 1 = 817,8 Вт.

Згідно з [2] табл. 13.4 для прийнятих h01 = 50 об/хв та Рр = 817,8 Вт приймаємо ланцюг з кроком Рц = 15,875мм, для якого

 [Рр] = 0,75 кВт  Рр = 0,81 кВт.

Згідно з [2] формула 13.2 швидкість дорівнює:



Згідно з [2] табл. 13.3 призначаємо густе внутрішньошарнірне мастило.

Кількість зубців ланцюга за [2] формула 13.6:

,

де а = 635 мм – попередньо прийнята між осьова відстань.

Округлюючи до найближчого парного значення приймаємо Lp = 131.

Діаметр зірочки згідно з [2] формула 13.8:



 

Колова сила 

**4. Уточнений розрахунок валу**

Визначаємо сили, які діють на вал.









У площині ZOX:









Перевірка:







У площині YOX:









Перевірка:







Матеріал валу – сталь 45, покращення σВ = 750 МПа, σт = 450 МПа.

За [2], стор. 300, формула 15.7:

σ1 = 0,4 Ч σВ =0,4 Ч 750 = 300 МПа

τ1 = 0,2 Ч σВ = 0,2 Ч 750 = 150 МПа

Розраховуємо небезпечний перетин І-І, послаблений шпонковим пазом Кσ = 1,7; Кτ = 1,4.

Згинаючий момент в небезпечному перетині:



Крутний момент:



Напруження згинання:



Напруження кручення:



Згідно з [2] за графіком на мал. 15.5, стор. 301: *kd* = 0,84.

Згідно з [2] за графіком на мал. 15.6, стор. 301: *kf* = 0,92.

За [2] по формулам 15.4, стор. 299:

Запас опору втомі по згину:



Запас опору втомлюваності по крученню:



За [2] по формулі 15.3, стор. 299 запас опору втомі:



Умова міцності виконується.

**5. Уточнений розрахунок осі**

Визначаємо сили, що діють на вісь:







Визначаємо реакції опор:





Розраховуємо небезпечний перетин І-І (ІІ-ІІ), який послаблений шпонковим пазом Kσ = 1,7; Кτ = 1,4.

Матеріал вала – сталь 45, покращення:

σВ = 750 МПа; σТ = 450 МПа; σ1 = 300 Мпа.

Напрям згину:



За [2] графік рис. 15.5, стор. 301 *kd* = 0,84

За [2] рис. 15.6, стор. 301 *kf* = 0,92

За [2] стор. 299 за формулами 15,4 запас опору втомі:



Умова міцності виконується.

**6. Вибір підшипників**

Обираємо сферичні дворядні шарико-підшипники середньої сеії 1306 за ГОСТ 5720-90, для яких d = 30мм; D = 72 мм; В = 19 мм.

**7. Вибір шпонок**

За ГОСТ 23360-78 проводимо вибір шпонок при

db = 30 мм; b = 8 мм; h = 7 мм; l = 54мм – 2 шпонки;

при db = 22 мм; b = 7 мм; h = 7 мм; l = 42 мм.

За [2] стор. 88 формула 6.1:







Умова міцності виконується.

**8. Вибір муфти**

Для передачі крутного моменту від електродвигуна до редуктора обираємо пружну втулково-пальцеву муфту МУВП-16-22-11-43 за ГОСТ 21424-75.

**9. Опис роботи транспортера**

Для піднімання насипних вантажів на висоту до 70 м застосовують ковшові елеватори. Ковшовий елеватор складається з нескінченного гнучкого органу , до якого прикріплюються ковші, які є робочими елементами. Тяговий орган огинає приводний та натяжний барабани (зірочки), які розміщені у металевому кожусі. Верхню частину елеватора звуть головкою, нижню - башмаком. Головка і башмак з’єднані між собою металевими секціями, або розподільними трубами. Сипучий вантаж попадає у башмак через одну із завантажувальних ланок. Проходячи приводний барабан (зірочку), ковші розвантажуються. Для збезпечення необхідного натягу тягового органа та запобігання просипанню вантажу з ковшів, в елеваторах застосовують натяжний пристрій, а для обертання приводного барабана (зірочку) в одному напрямку – зупинники.

У с/г ковшові елеватори застосовують: на зерноочисних токах, на крупорушках, на компінованих заводах тощо. Вони часто входять до складу механізмів с/г машин.

**Література**

1. Механізація транспортуючих та вантажопідйомних робіт. М.В. Любін, П.С. Берник.1997 р.
2. Иванов М.Н. Детали машин, М.: 1991.
3. Справочник конструктора .Анурьев. 1,2,3 том.
4. Иванченко Ф.К. Расчёты грузоподъёмных и транспортирующих машин, К.: 1978.
5. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. Кузьмин, Ф.Л. Марон. 1983 г.