

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ**

А.Я. ЖУК, Н.К. ЖЕЛЯБІНА

**МЕХАНІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ
ЦЕХІВ
ПО ВИРОБНИЦТВУ
МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ**

*Рекомендовано Міністерством освіти України
як навчальний посібник
для студентів спеціальності
7.090218 «Металургійне обладнання»*

*Запоріжжя
1998*

канічна,
нюючої
зічність

юмічно

уючого
ати на

дійний
атації.
тників

тності
стичні

гатьма
робки;
енням;
льним
бкою;
орозії,
льних
ошим

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ВИВЧЕННЮ ДИСЦИПЛІНИ

Внаслідок вивчення студент повинен знати:

- призначення, будову і умови роботи металургійного устаткування;
- позитивні якості й недоліки устаткування;
- основи механіки механізмів та машин;
- перспективи і напрямки удосконалення основного металургійного устаткування;
- основні методи і засоби, які запобігають забрудненню навколишнього середовища від дії металургійних підприємств;
- техніко-економічні показники устаткування;
- основні положення ресурсозбереження через технологічний процес і виготовлення металургійних машин і агрегатів;
- уміти:
- вільно зарисовувати принципові та кінематичні схеми устаткування, пояснювати його будову та принцип дії, висловлювати критичні зауваження про виконання і компоновку відповідальних вузлів і механізмів;
- грамотно, у технічному відношенні, аналізувати і об'єктивно оцінювати технічні і експлуатаційні якості порівнюваних зразків устаткування загального і цільового призначення;
- оцінювати режими і умови роботи основного металургійного устаткування;
- обґрунтовано давати пояснення щодо використаних в машинах типах приводів і передач;
- оцінювати металургійні агрегати з погляду їх впливу на забруднення навколишнього середовища, грамотно обґрунтовувати необхідні природоохоронні заходи;
- давати оцінку устаткуванню з погляду ресурсозбереження.

Запорукою успішного освоєння матеріалу є знання студентами змісту деяких забезпечуючих дисциплін. Насамперед це такі дисципліни: нарисна геометрія та інженерна графіка; опір матеріалів; теорія механізмів та машин; теоретична механіка; взаємозамінність, технічні виміри та стандартизація; матеріалознавство; деталі машин; гідравліка; гідропневмопривод металургійних машин і агрегатів; підйомно-транспортні машини; основи наукових досліджень і техніка експерименту; конструювання і автоматизоване проектування металургійних машин і агрегатів; економіка виробництва та інші.

Посібник побудовано на тому принципі, що студент, самостійно вивчаючи дисципліну, повинен працювати над технічною літературою, короткий перелік якої приведено нижче. Основне призначення посібника полягає в тому, щоб дати студенту можливість зримо побачити і оцінити весь обсяг матеріалу, який підлягає вивченню. В посібнику поданий оптимальний обсяг графо-аналітичного матеріалу, який необхідно

зарисувати, записати і пояснити під час екзамену без застосування будь-яких джерел. Крім того, в посібнику устаткування подано у вигляді досить доступних розумінню кінематичних і принципових схем, що дає можливість студенту легко розібратися в будові і принципі дії представлених механізмів і машин. В той же час повне уявлення про конкретний вид устаткування можна одержати лише при користуванні рекомендованою літературою.

Тому що в деяких розрахунках потужності зустрічаються однакові чи подібні кінцеві частини, то для компактності викладення і зручності вивчення матеріалу ці загальні питання винесено в окремий розділ і в конкретному розрахунку не розглядаються.

Матеріал, який підлягає вивченню, подано у вигляді самостійних тем. Після кожної теми (за винятком останньої) розміщені задачі для самостійного розрахунку і контрольні запитання для самоперевірки. Ці ж запитання виносяться на екзамен. Найбільш складні теоретичні питання супроводжуються чисельними прикладами, на базі яких в кінці посібника подані варіантні контрольні завдання.

3. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МЕХАНІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ

Механічне устаткування металургійних заводів вельми різноманітне як за призначенням, так і за будовою. На підприємствах галузі експлуатуються біля 800 видів основного технологічного устаткування з декількома десятками тисяч підвидів.

Сучасному металургійному виробництву властиві великі вантажопотоки, неперервність роботи багатьох агрегатів, високий ступінь механізації і автоматизації, тяжкі умови роботи устаткування, поєднані з високими температурами, агресивними середовищами, швидкостями і динамічними навантаженнями. Ці умови роботи визначають підвищені вимоги до металургійного устаткування, основними серед яких є такі: надійна і безаварійна робота; висока продуктивність; довговічність і ремонтпридатність; можливість зручного обслуговування і автоматизації.

Все устаткування, в залежності від призначення, проектування і виготовлення, поділяється на дві основні групи: стандартне і нестандартизоване. Стандартизація є законом проектування та виготовлення устаткування і дозволяє здійснити економію громадської праці, досягти високих технічних та експлуатаційних якостей машин. Стандартне устаткування виготовляється спеціалізованими машинобудівними заводами, а нестандартне, як правило, - металургійними підприємствами.

Розпізнають три основні періоди (стадії) існування устаткування (машин): проектування, виготовлення і експлуатацію. Кожний із періодів істотно впливає на працездатність устаткування. Позитивні і негативні властивості устаткування, які закладено в перші два періоди, обов'язково виявляють себе в третьому періоді.

При проектуванні важливо правильно вибрати принципову і кінематичну схеми машини з тим, щоб була забезпечена її працездатність з мінімальним числом її ланок. Для машини має бути забезпечена необхідна надійність і довговічність при її мінімальній масі і габаритних розмірах. Важливо правильно оцінити навантаження деталей, вибрати матеріал для їх виготовлення і прийняти методи їх розрахунку з врахуванням всіх впливових факторів, які діють як на переобтяження, так і на механічні властивості матеріалу деталей (масштаб, концентрація напруг, корозійні засоби, високі чи низькі температури, зміцнення і т. інш.). Машина, що проектується, повина максимально відповідати експлуатаційним вимогам і бути найбільш економною при виготовленні.

При виготовленні деталей устаткування звертають увагу на такі питання:

- 1) спосіб виготовлення - обробка різанням, зварювання, штампування, кування, лиття та інші. Від способу виготовлення деталей залежить їх якість, маса, витрати металу і т. інш.;

2) вид зміцнюючої обробки - термічна, хіміко-термічна, термо-механічна, поверхнєве пластичне деформування та інші. Застосування зміцнюючої обробки дозволяє зменшити масу машини і підвищити довговічність деталей;

3) якість виготовлення - домагатися якомога ліпшої якості, але економічно вигідної. Неякісне виготовлення деталей є причиною аварій.

Умови експлуатації устаткування, кваліфікація обслуговуючого персоналу, додержування технічних умов можуть істотно впливати на працездатність, надійність і довговічність устаткування.

Виробничий і обслуговуючий персонал має забезпечувати надійний догляд за устаткуванням відповідно до правил технічної експлуатації. Ремонт устаткування звичайно виконують за графіком силами робітників основних і ремонтних цехів, а також спеціалізованих організацій.

Основними причинами, які викликають втрату працездатності устаткування, є знос і руйнування деталей, а також їх пружно-пластичні деформування.

Підвищити надійність і довговічність устаткування можна багатьма методами: термічною, хіміко-термічною, та іншими видами обробки; поверхневим механічним зміцненням; зносостійким наплавленням; нанесенням захисного покриття; поліпшенням умов тертя; правильним вибором матеріалу для деталей; якісною механічною обробкою; зменшенням чи усуненням впливу шкідливих факторів (корозії, концентраторів напруги, абразивного зносу); забезпеченням нормальних режимів навантаження; якісним монтажом і ремонтами; хорошим технічним обслуговуванням.

4. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ МЕХАНІЗМІВ ТА МАШИН

При аналізі роботи машин (механізмів) і розрахунку їх приводів будуть графіки швидкості (кутової ω або лінійної v), прискорень (ϵ або α), переміщень (ϕ і s), сил (статичних M_c або динамічних M_d) в функції часу t .

При зміні швидкості (періоди розгону t_p і гальмування t_r) виникають прискорення і динамічні навантаження. Сумарні моменти або сили одержують шляхом складання статичних і динамічних складових у відповідні періоди роботи приводів. Графік навантаження для розрахунку привода будуть за повний цикл t_u його роботи з врахуванням часу усталеного руху t_y і пауз t_n .

При розрахунку необхідно також усі швидкісні характеристики (частоту обертання, лінійну швидкість, прискорення), статичні і динамічні навантаження, моменти інерції I або махові моменти GD^2 , а також потужності N розглядати на одному валу механізму чи машини. Для цього, якщо вони визначені на декількох валах, їх приводять до одного валу (двигуна чи механізму) з тим, щоб одержати відповідність розглядаємих величин. При приведенні сил необхідно враховувати передаточне число і між валами двигуна та виконавчого механізму і коефіцієнт корисної дії (ККД) передаточного механізму η , при приведенні потужностей - тільки η .

Методика визначення потужності двигуна в значній мірі залежить від типу привода механізму чи машини. Основний тип привода металургійного устаткування - електродвигун постійного або перемінного струму.

Розрізняють три основні режими роботи двигунів: тривалий, короткочасний і повторно-короткочасний.

При тривалому режимі роботи двигун встигає нагрітися до сталої температури. На практиці мають місце два види тривалого режиму: зі сталим (рис.4.1,а) і перемінним (рис.4.1,б) навантаженнями.

При сталому навантаженні потужність двигуна визначають за одною з приведених формул, кВт.:

$$N = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{F \cdot R \cdot \omega}{1000 \cdot \eta} = \frac{M \cdot \omega}{1000 \cdot \eta} \quad (4.1)$$

чи підставивши значення $\omega = \pi \cdot n / 30$, одержимо:

$$N = \frac{M \cdot n}{9550 \cdot \eta},$$

де F - зусилля на робочому органі, Н;

v - лінійна швидкість переміщення робочого органу, м/с;

ω - кутова швидкість вала робочого органу, рад/с;
 R - радіус ходового колеса чи барабана, м;
 n - частота обертання вала робочого органу, хв⁻¹;
 η - загальний ККД механізму.

Якщо ж момент M задано на валу електродвигуна, то у формулі приймають частоту обертання n вала електродвигуна.

При перемінному навантаженні визначається еквівалентна потужність

$$N_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n N_i^2 t_i}{\sum t_i}},$$

де N_i - потужність, яка затрачується на подолання данного навантаження;
 $\sum t_i$ - повний час циклу.

Після вибору двигуна (за допомогою довідника) він перевіряється на переобтяження за формулою:

$$\lambda = \frac{N_{\max}}{N_n} \leq [\lambda],$$

де N_{\max} - максимальна витрачена двигуном потужність;

$N_n = \frac{M_n \cdot n}{9550}$ - номінальна потужність двигуна;

M_n - номінальний момент двигуна;

n - номінальна частота обертання двигуна;

$[\lambda]$ - допустимий коефіцієнт переобтяження, який залежить від типу двигуна.

При короткочасному режимі (рис.4.2.) двигун під час роботи не встигає розігрітись до сталої температури, а під час пауз охолоджується до температури оточуючого середовища. У цьому випадку потужність двигуна визначається не з умов нагріву (визначення еквівалентної потужності), а з умов переобтяження.

$$\lambda = \frac{M_{\max}}{M_n} \leq [\lambda], \quad (4.2)$$

де M_{\max} - максимальний момент, який долає двигун.

Розрахунковий момент визначається за формулою:

$$M = \frac{M_{\max}}{0,8 \cdot [\lambda]} \quad (4.3)$$

Двигуни багатьох машин працюють у повторно-короткочасному режимі з частими паузами, різкими реверсами, швидкими зупинками, тобто у неусталеному режимі. Тому при цьому режимі використовуються спеціальні електродвигуни кранового і металургійного типів, які характеризуються великими перевантажувальними властивостями, малим маховим моментом і підвищеною міцністю.

Двигун вибирають з умов нагріву і перевантажувальної властивості. Порядок визначення потужності такий.

Спочатку розглядають графік кутової (лінійної) швидкості двигуна чи робочого органу. У багатьох випадках графік (трикутний чи трапеційдальний) швидкості відомий. Якщо ж він не відомий і його потрібно вибрати з умов максимальної продуктивності машини, то аналітичним шляхом визначають оптимальну швидкість чи передаточне число редуктора, установлюють час розгону і гальмування (методика їх визначення наведена далі). Для даного випадку вважаємо, що графік швидкості відомий (рис.4.3,а).

Далі визначають статичні навантаження. Статичні моменти у механізмах переміщення візків, кранів, рухомих кареток, передаточних вагонів та іншого обладнання на колесах чи опорних роликах мають приблизно однакову методику розрахунку. Момент від сил тертя у підшипниках буде:

$$M_n = (Q + G) \cdot \mu \cdot 0,5 \cdot d, \quad (4.4)$$

- де Q - вага вантажу, що переміщують;
 G - вага візка (крана, вагона і т.д.);
 μ - коефіцієнт тертя ковзання в підшипниках;
 d - діаметр цапфи вала (підшипника).

Момент опору коченню коліс по рейках:

$$M = (Q + G) \cdot k, \quad (4.5)$$

де k - плече (коефіцієнт) тертя кочення.

Для кранів, візків й інших механізмів опір руху визначають за формулою:

$$W = (Q + G) \frac{\mu d + 2k}{D} \beta, \quad W = (Q + G) w \beta \quad (4.6)$$

- де D - зовнішній діаметр колеса;
 w - коефіцієнт опору (тяги);
 β - коефіцієнт, враховуючий тертя в ребордах.

Моменти на валу електродвигуна при відомих зусиллях в канатах або сумарному моменті на барабані:

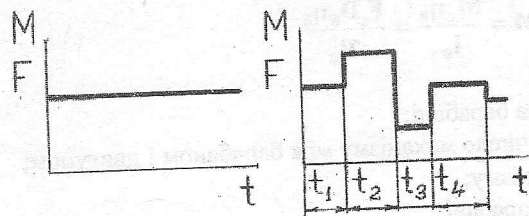


Рис. 4.1. Графік навантаження двигуна при тривалому режимі роботи

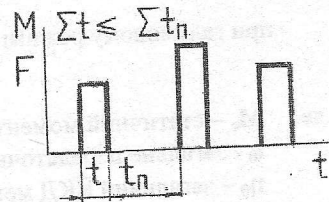


Рис. 4.2. Графік навантаження двигуна при короткочасному режимі

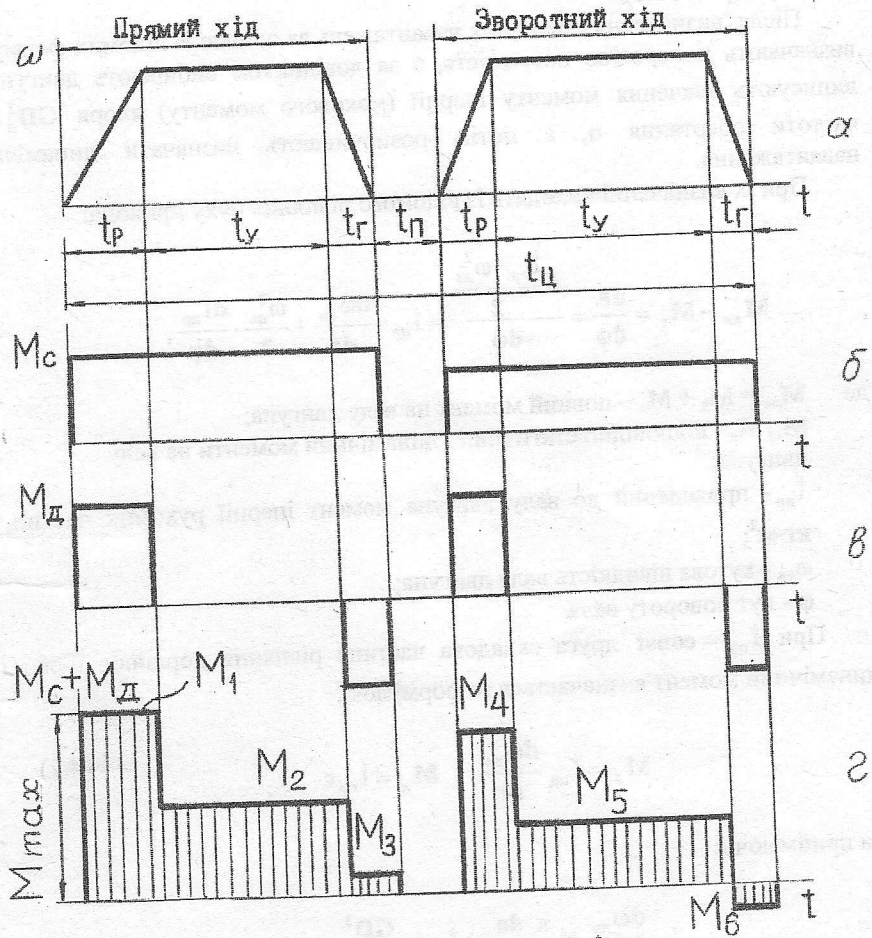


Рис. 4.3. Схема побудови діаграми навантаження

при руховому режимі: $M = \frac{M_c}{i_0 \eta_0} = \frac{F_c D_0}{2i_0 \eta_0}$;

$$\text{при гальмовому режимі: } M = \frac{M_c \eta_0}{i_0} = \frac{F_c D_6 \eta_0}{2i_0},$$

де M_c – статичний момент на барабані;
 i_0 – загальне передаточне число механізму між барабаном і двигуном;
 η_0 – загальний ККД механізму;
 F_c – окружне зусилля на барабані;
 D_6 – діаметр барабана.

За одержаними значеннями моментів будується графік їх залежності від часу t (рис.4.3,б).

Після визначення статичних навантажень за однією із відомих формул визначають попередню потужність, а за довідником вибирають двигун і виписують значення моменту інерції (махового моменту) якоря GD_n^2 і частоти обертання n , а потім розпочинають визначати динамічні навантаження.

При їх визначенні виходять із відомого рівняння руху привода:

$$M_{дв} - M_c = \frac{dE}{d\varphi} = \frac{d \frac{i_{пр} \cdot \omega_{дв}^2}{2}}{d\varphi} = i_{пр} \cdot \frac{d\omega_{дв}}{dt} + \frac{\omega_{дв}^2}{2} \cdot \frac{di_{пр}}{d\varphi},$$

де $M_{дв} = M_d + M_c$ – повний момент на валу двигуна;
 M_c, M_d – відповідно статичний і динамічний моменти на валу двигуна;
 $i_{пр}$ – приведений до валу двигуна момент інерції рухомих частин, $кг \cdot м^2$;
 $\omega_{дв}$ – кутова швидкість вала двигуна;
 φ – кут повороту вала.

При $i_{пр} = const$ друга складова частина рівняння дорівнює нулю і динамічний момент визначається за формулою:

$$M_d = i_{пр} \frac{d\omega_{дв}}{dt}; \quad M_d = i_{пр} \varepsilon \quad (4.7)$$

чи приймаючи:

$$\frac{d\omega_{дв}}{dt} = \frac{\pi \, dn}{30 \, dt}; \quad i_{пр} = \frac{GD^2}{4g},$$

одержимо:

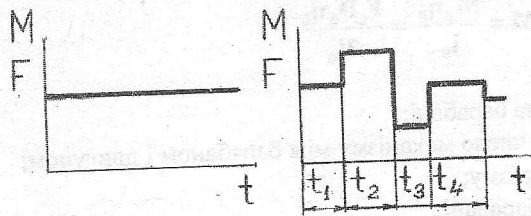


Рис. 4.1. Графік навантаження двигуна при тривалому режимі роботи

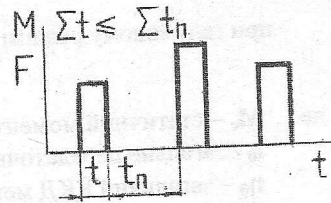


Рис. 4.2. Графік навантаження двигуна при короткочасному режимі

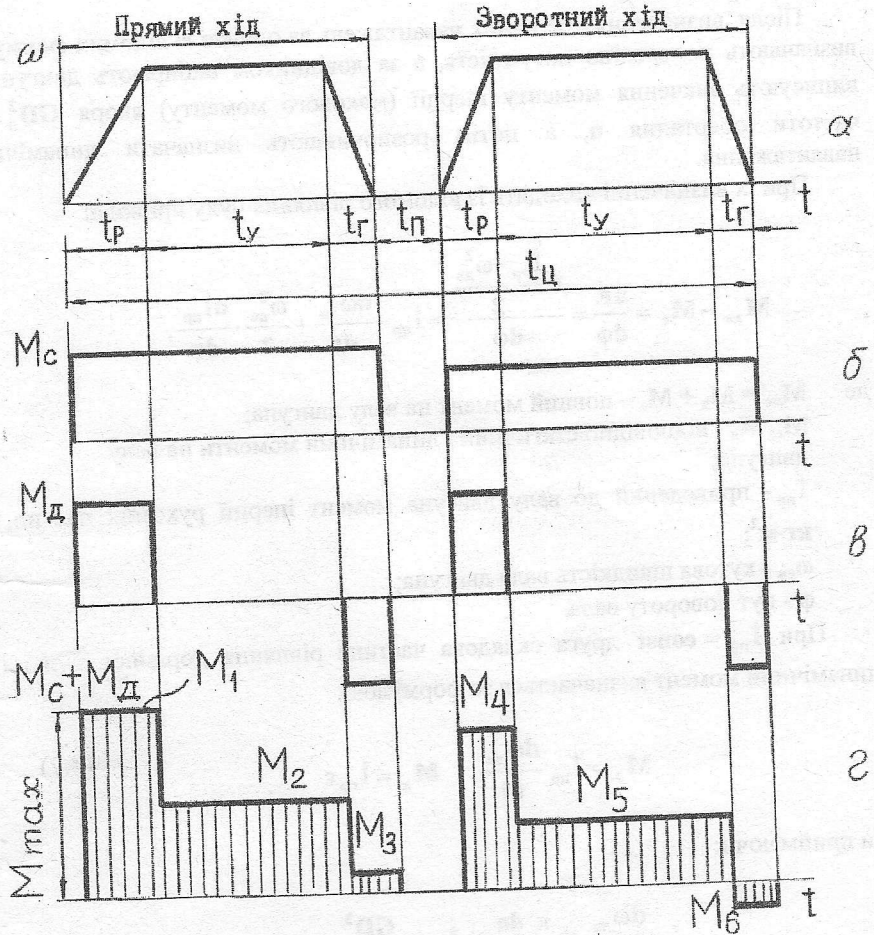


Рис. 4.3. Схема побудови діаграми навантаження

при руховому режимі: $M = \frac{M_c}{i_0 \eta_0} = \frac{F D_6}{2 i_0 \eta_0}$;

$$\text{при гальмовому режимі: } M = \frac{M_c \eta_0}{i_0} = \frac{F_c D_6 \eta_0}{2i_0},$$

де M_c – статичний момент на барабані;
 i_0 – загальне передаточне число механізму між барабаном і двигуном;
 η_0 – загальний ККД механізму;
 F_c – окружне зусилля на барабані;
 D_6 – діаметр барабана.

За одержаними значеннями моментів будується графік їх залежності від часу t (рис.4.3,б).

Після визначення статичних навантажень за однією із відомих формул визначають попередню потужність, а за довідником вибирають двигун і виписують значення моменту інерції (махового моменту) якоря GD_a^2 і частоти обертання n , а потім розпочинають визначати динамічні навантаження.

При їх визначенні виходять із відомого рівняння руху привода:

$$M_{дв} - M_c = \frac{dE}{d\varphi} = \frac{d \frac{i_{пр} \cdot \omega_{дв}^2}{2}}{d\varphi} = i_{пр} \cdot \frac{d\omega_{дв}}{dt} + \frac{\omega_{дв}^2}{2} \cdot \frac{di_{пр}}{d\varphi},$$

де $M_{дв} = M_d + M_c$ – повний момент на валу двигуна;
 M_c, M_d – відповідно статичний і динамічний моменти на валу двигуна;
 $i_{пр}$ – приведений до валу двигуна момент інерції рухомих частин, кг·м²;
 $\omega_{дв}$ – кутова швидкість вала двигуна;
 φ – кут повороту вала.

При $i_{пр} = \text{const}$ друга складова частина рівняння дорівнює нулю і динамічний момент визначається за формулою:

$$M_d = i_{пр} \frac{d\omega_{дв}}{dt}; \quad M_d = i_{пр} \varepsilon \quad (4.7)$$

чи приймаючи:

$$\frac{d\omega_{дв}}{dt} = \frac{\pi}{30} \frac{dn}{dt}; \quad i_{пр} = \frac{GD^2}{4g},$$

одержимо:

$$M_g = \frac{GD_{np}^2 dn_{dv}}{375 dt},$$

а при рівноприскореному русі :

$$M_g = \frac{GD_{np}^2 n}{375 t_{p(r)}}, \quad (4.8)$$

де $t_{p(r)}$ - час розгону чи гальмування двигуна ;

g - прискорення вільного падіння;

GD_{np}^2 - приведений до вала двигуна маховий момент рухомих частин,
Н·м².

$$GD_{np}^2 = GD_{np,0}^2 + GD_{np,n}^2, \quad (4.9)$$

де $GD_{np,0}^2$ - приведений до вала двигуна маховий момент обертових частин;

$GD_{np,n}^2$ - приведений до вала двигуна маховий момент поступально рухомих частин.

Приведений момент інерції визначають, виходячи із рівності кінетичної енергії до і після приведення до вала двигуна (закон збереження енергії).

$$i_{np} \frac{\omega_{dv}^2}{2} = \frac{I_x \omega_{dv}^2}{2} + \frac{\sum I_i \omega_i^2}{2},$$

де I_x, I_i - моменти інерції відповідно до якоря двигуна та інших обертових частин;

ω_i - кутова швидкість обертання інших частин.

Із цього рівняння, розділивши його на $\omega_{dv}^2/2$, одержимо:

$$i_{np} = I_x + \frac{\sum I_i \omega_i^2}{\omega_{dv}^2}$$

Тому що: $\omega_{dv}/\omega = i$, то приведений до вала двигуна момент інерції буде:

$$i_{np} = I_x + \frac{\sum I}{i^2} \quad (4.10)$$

Звідси випливають два правила: при приведенні момента інерції (махового момента) від тихохідного вала до бистрохідного він ділиться на

квадрат передаточного числа і між цими валами; при приведенні момента інерції (махового момента) від бистрохідного вала до тихохідного він помножується на квадрат передаточного числа.

Для циліндричних тіл момент інерції буде:

$$i = m\rho^2 = \frac{GD^2}{4g}, \quad (4.11)$$

де G, m – відповідно дійсні вага і маса тіла;

$\rho = R/\sqrt{2}$ - радіус інерції;

D - діаметр інерції;

R - геометричний радіус.

Наближено GD^2 для деталей можна розрахувати в залежності від їх ваги G і зовнішнього діаметра D_n за формулою: $GD^2 = C \cdot GD_n^2$. Коефіцієнт C дорівнює для цільних циліндрів (валів) 1,7, з'єднуючих муфт - 1,45, блоків поліспаств та шківів - 1,55, гальмових шківів і зубчатих коліс - 1,66.

Приведення махового момента поступально рухомих частин може бути виконано, виходячи з рівності кінетичної енергії поступальних і обертових частин, тобто: $mv^2/2 = I\omega^2/2$.

Якщо підставимо в цей вираз $m = Q/g$, $i = GD^2/4g$, $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ і розрахуємо відносно GD^2 , то з врахуванням ККД передачі одержимо:

$$GD_{пр.п}^2 = \frac{365Qv^2}{n^2\eta}, \quad (4.12)$$

де Q - вага поступально рухомих частин;

v - швидкість поступально рухомих частин;

n - частота обертання вала, до якого приводиться маховий момент.

Після визначення динамічного моменту розпочинають побудову навантажувальної діаграми, яка будується в масштабі шляхом складання статичних і динамічних навантажень (моментів чи сил) (рис.4.3,г).

Використовуючи діаграму, визначають еквівалентний момент за формулою:

$$M_e = \sqrt{\frac{\int_0^{\Sigma t} M^2 \cdot dt}{\Sigma t}}, \quad (4.13)$$



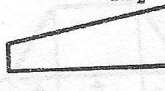
Для даного випадку маємо:

$$M_c = \sqrt{\frac{M_1^2 t_p + M_2^2 t_y + M_3^2 t_r + M_4^2 t_y + M_5^2 t_y + (-M_6)^2 t_r}{2t_y + k_y(2t_p + 2t_r)}}$$

де k_y - коефіцієнт, який враховує погіршення умов охолодження двигуна ($k_y=0,65..0,75$).

Якщо діаграма навантаження представлена площею складної конфігурації (рис.4.4), то її зручно поділити на геометрично правильні фігури (трикутник, прямокутник, трапеція). Значення інтегралів $\int_0^t M^2 \cdot dt$ для цих фігур приведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Фігура	Значення підінтегральної величини		
	M	M	M ₁ M ₂
			
Значення $\int_0^t M^2 \cdot dt$	$M^2 \cdot t$	$M^2 \cdot \frac{t}{3}$	$\frac{M_1^2 + M_1 M_2 + M_2^2}{3} t$

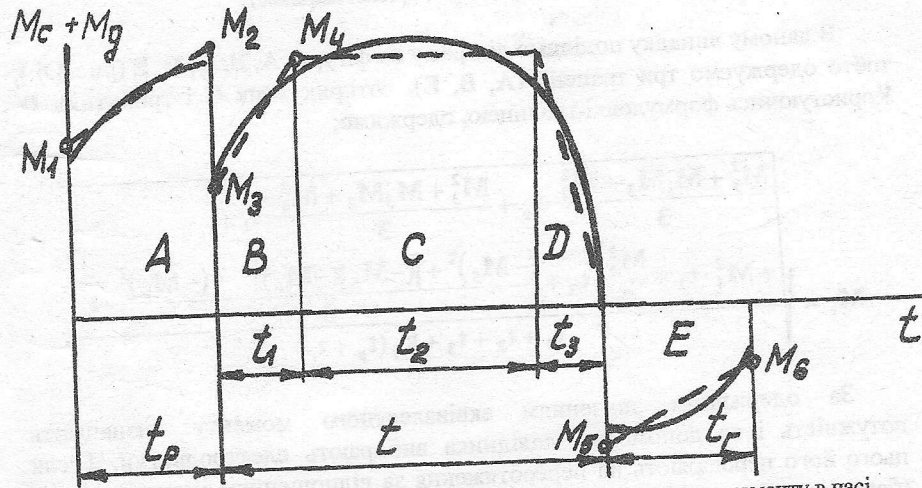


Рис. 4.4. Діаграма навантаження з нелінійною зміною сумарного моменту в часі

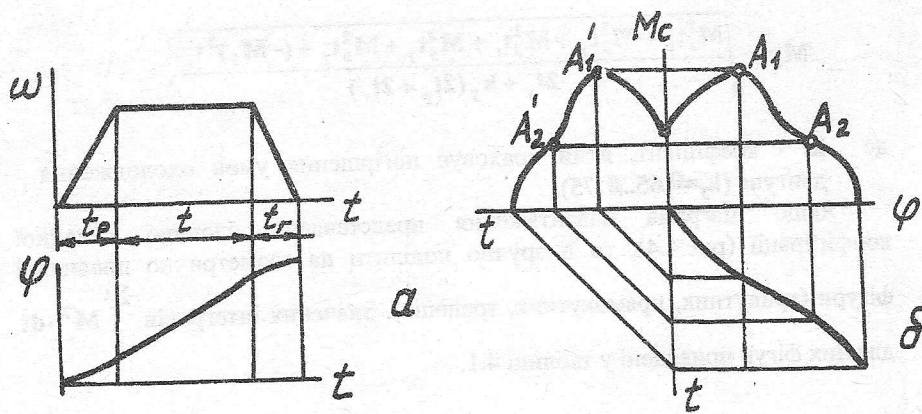


Рис. 4.5. Графічний спосіб переведу $M_c=f_1(\varphi)$ в $M_c=f_2(t)$

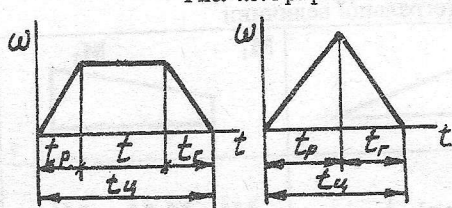


Рис. 4.6. Графіки кутової швидкості

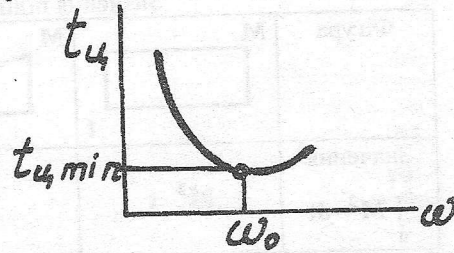


Рис. 4.7. Графік залежності часу цикла від кутової швидкості

В даному випадку поділимо діаграму на фігури: А, В, С, D, Е (рис.4.4.), тобто одержуємо три трапеції (А, В, Е), чотирикутник С і трикутник D. Користуючись формулою і таблицею, одержимо:

$$M_e = \sqrt{\frac{\frac{M_1^2 + M_1 M_2 + M_2^2}{3} \cdot t_p + \frac{M_3^2 + M_3 M_4 + M_4^2}{3} \cdot t_1 + M_4^2 \cdot t_2 + \frac{M_4^2}{3} \cdot t_3 + \frac{(-M_5)^2 + [(-M_5)(-M_6)]^{1/2} + (-M_6)^2}{3} \cdot t_r}{t_1 + t_2 + t_3 + k_y(t_p + t_r)}}$$

За одержаним значенням еквівалентного моменту визначають потужність і за допомогою довідника вибирають електродвигун. Після цього його перевіряють на переобтяження за відношенням максимального (береться з діаграми навантаження) і номінального моментів.

Часто при розрахунках буває потрібно визначити мінімальний час розгону і гальмування, який може забезпечити електродвигун. Час розгону можна визначити за формулою:

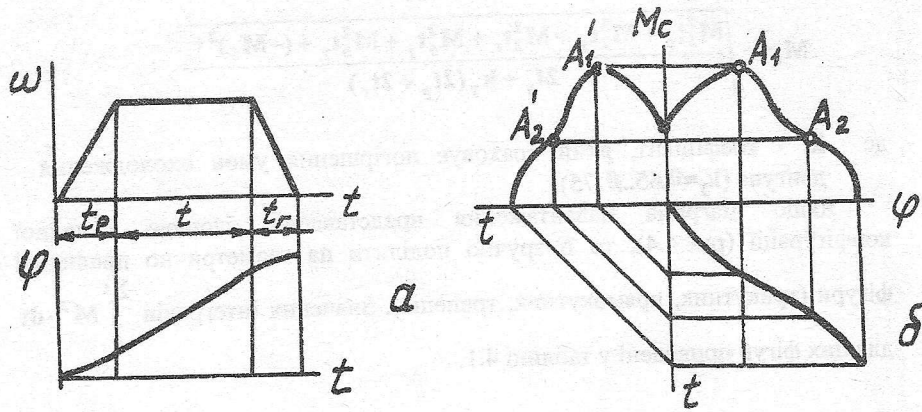


Рис. 4.5. Графічний спосіб переведу $M_c=f_1(\varphi)$ в $M_c=f_2(t)$

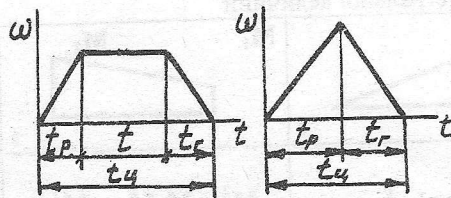


Рис. 4.6. Графіки кутової швидкості

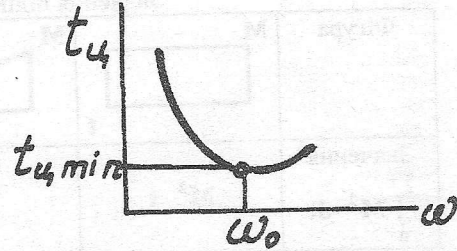


Рис. 4.7. Графік залежності часу цикла від кутової швидкості

В даному випадку поділимо діаграму на фігури: А, В, С, D, Е (рис.4.4.), тобто одержуємо три трапеції (А, В, Е), чотирикутник С і трикутник D. Користуючись формулою і таблицею, одержимо:

$$M_e = \sqrt{\frac{\frac{M_1^2 + M_1 M_2 + M_2^2}{3} \cdot t_p + \frac{M_3^2 + M_3 M_4 + M_4^2}{3} \cdot t_1 + M_4^2 \cdot t_2 + \frac{M_4^2}{3} \cdot t_3 + \frac{(-M_5)^2 + [(-M_5)(-M_6)]^{tr} + (-M_6)^2}{3} \cdot t_r}{t_1 + t_2 + t_3 + k_y(t_p + t_r)}}$$

За одержаним значенням еквівалентного моменту визначають потужність і за допомогою довідника вибирають електродвигун. Після цього його перевіряють на переобтяження за відношенням максимального (береться з діаграми навантаження) і номінального моментів.

Часто при розрахунках буває потрібно визначити мінімальний час розгону і гальмування, який може забезпечити електродвигун. Час розгону можна визначити за формулою:

$$t_p = \frac{GD_{np}^2 \cdot n}{375(M_{n.sp} - M_c)}, \quad (4.14)$$

де $M_{n.sp}$ – середній пусковий момент.
 Пусковий момент у період розгону змінюється від мінімального до максимального значення і його кратність залежить від типу двигуна, а також визначається електросхемою управління. Для забезпечення достатньо надійного пуску мінімальний пусковий момент має бути більше статичного. При розрахунках звичайно користуються середнім значенням:

$$M_{n.sp} = \frac{(M_{n.max} + M_{n.min})}{2} = \frac{(\lambda_{max} + \lambda_{min}) \cdot M_n}{2},$$

де λ_{max} , λ_{min} – відповідно максимальна і мінімальна кратність пускового моменту.

Значення кратності пускових моментів для двигунів, які працюють у пускових режимах, приймають порівняно невеликими: $\lambda = 1,1 - 1,4$; $\lambda_{max} = 1,8 - 2,5$; $\lambda_{min} = 1,5 - 2,0$. Значення середніх коефіцієнтів при пуску в залежності від типу двигуна приймають: для шунтових $1,7 - 1,8$; компаундних $1,8 - 1,9$; асинхронних з фазним ротором $1,5 - 1,6$.
 Час гальмування визначається за аналогічною формулою:

$$t_r = \frac{GD_{np}^2 \cdot n}{375(M_{r.sp} + M_c)}, \quad (4.15)$$

де $M_{r.sp}$ – середній гальмовий момент двигуна.
 У двигунів з повторно-короткочасним режимом роботи допустима потужність залежить від відносної довгочасності ввімкнення, ДВ:

$$ДВ = \frac{t_{роб}}{t_{роб} + t_n} \cdot 100\%, \quad (4.16)$$

де $t_{роб}$ – час роботи двигуна за цикл.
 Якщо потужність двигуна при стандартному значенні ДВ за каталогом дорівнює $N_{дв}$, то при меншій фактичній величині двигун може розвивати більшу потужність і навпаки.
 Потужність двигуна при переліченні з однієї довгочасності включення ДВ₁ на іншу ДВ₂ визначається за формулою:

$$N_{дв2} = N_{дв1} \sqrt{\frac{ДВ_1}{ДВ_2}}. \quad (4.17)$$

В деяких випадках статичний момент - величина змінна і визначається для декількох кутів повороту робочого органу, тобто $M_c = f_1(\varphi)$. У той же час при побудові діаграми навантаження статичний момент має бути визначений у функції часу, тобто $M_c = f_2(t)$. Для того, щоб здійснити перевід $M_c = f_1(\varphi)$ у $M_c = f_2(t)$, необхідно знайти залежність між φ і t . Її знаходять за допомогою графіка кутової швидкості (рис.4.5,а), площа якого виражає кут повороту вала двигуна чи робочого органу φ .

У період розгону кут повороту вала двигуна (робочого органу) при $\varepsilon = \text{const}$ змінюється за квадратичною параболою:

$$\varphi_p = \frac{1}{2} \omega \cdot t_p = \frac{1}{2} \varepsilon_p \cdot t_p^2, \text{ рад.}$$

При усталеному русі кут повороту змінюється за прямою. Тоді кут повороту за час t_p і t_y буде:

$$\varphi_{p,y} = \varphi_p + \omega \cdot t_y,$$

$$\text{а за час } t_p, t_y, t_r - t_{p,y,r} = \varphi_{p,y} + \frac{1}{2} \varepsilon_r \cdot t_p^2.$$

Схема переведу залежності $M_c = f_1(\varphi)$ в залежність $M_c = f_2(t)$ показана на рис.4.5,б.

При розрахунках машин і обладнання, які переміщуються на колесах, визначають запас зачеплення колес з рейками. При цьому має бути додержана умова:

$$k_3 = \frac{\varphi_3}{\frac{Z_k}{Z_n} \left(\frac{a_n}{g} + w \cdot \beta \right) + \alpha - \mu \cdot \frac{d_u}{D_{x,k}}} \geq [k_3], \quad (4.18)$$

де φ_3 - коефіцієнт зачеплення ведучих колес з рейками ($\varphi_3 = 0,2$ для закритих приміщень);

$[k_3]$ - критичний запас зачеплення;

Z_k - кількість колес;

Z_n - кількість ведучих колес;

g - прискорення сил тяжіння;

w - коефіцієнт опору руху (тяги);

β - коефіцієнт, який враховує тертя у ребордах колес;

α - уклон рейкової колії;

μ - коефіцієнт тертя ковзання у цапфах колес;

d_u - діаметр цапфи колес;

$D_{x,k}$ - зовнішній діаметр колес;

$$a_n = \left[\frac{Z_n}{Z_k} \left(\frac{\varphi_3}{1,2} + \mu \frac{d_n}{D_{x,k}} \right) - w \cdot \beta - \alpha \right] \cdot g - \text{максимально допустиме}$$

прискорення.

Одним з найважливіших питань при розрахунках металургійних машин і механізмів є визначення оптимальної швидкості чи оптимального передаточного числа.

Належить пам'ятати, що оптимальне значення швидкості чи передаточного числа визначають тільки для механізмів, які працюють у неусталених режимах, і при переміщеннях робочого органу на визначену відстань чи при повороті на визначений кут. Розрахунок при визначенні цих параметрів доцільно виконувати для вагоноперекидачів, перевантажувальних вагонів, завальних машин, кантувального обладнання та інших.

Багато що залежить від правильного вибору максимального значення швидкості. З одного боку, чим більша швидкість, тим менший час руху, з іншого боку, збільшується час розгону і гальмування, що у свою чергу спричиняє до збільшення загального часу циклу роботи. Тому виникає необхідність у визначенні оптимальної швидкості чи передаточного числа редуктора, яким буде відповідати мінімальний час циклу роботи.

Визначення оптимальної швидкості розглянемо для випадку, коли заданий кут повороту робочого органу (ротор вагоноперекидача чи кантувача) реалізується через трапецієвидний графік (рис.4.6).

Із графіка випливає, що час розгону t_p , гальмування t_r і усталеного руху t_y буде:

$$t_p = \frac{\omega}{\varepsilon_p}; \quad t_r = \frac{\omega}{\varepsilon_r}; \quad t_y = t_u - (t_p + t_r),$$

де ω - максимальна кутова швидкість, рад/с;

ε_p - кутове прискорення, рад/с²;

ε_r - кутове уповільнення, рад/с²;

t_u - довготривалість циклу, с.

Кут повороту φ виражається площею графіка, тобто:

$$\varphi = \frac{1}{2} \omega \cdot t_p + \omega \cdot t_y + \frac{1}{2} \omega \cdot t_r$$

Якщо підставимо у цей вираз значення t_p , t_r , t_y , то одержимо:

$$\varphi = \omega t_u - \omega^2 \left(\frac{1}{2\varepsilon_r} + \frac{1}{2\varepsilon_p} \right)$$

або:

$$\varphi + \omega^2 \left(\frac{\varepsilon_p + \varepsilon_r}{2\varepsilon_p \cdot \varepsilon_r} \right) - \omega \cdot t_u = 0,$$

звідки:

$$t_u = \omega \left(\frac{\varepsilon_p + \varepsilon_r}{2 \cdot \varepsilon_p \cdot \varepsilon_r} \right) + \frac{\varphi}{\omega}.$$

Для подальшого аналізу зручно кутове прискорення робочого органу виразити через кутове прискорення вала двигуна $\varepsilon'_p, \varepsilon'_r$. Тоді:

$$t_u = \omega \left(\frac{\frac{\varepsilon'_p}{i} + \frac{\varepsilon'_r}{i}}{2 \left(\frac{\varepsilon'_p}{i} \cdot \frac{\varepsilon'_r}{i} \right)} \right) + \frac{\varphi}{\omega}, \text{ або } t_u = \omega \cdot i \left(\frac{\varepsilon'_p + \varepsilon'_r}{2\varepsilon'_p \cdot \varepsilon'_r} \right) + \frac{\varphi}{\omega},$$

де i - передаточне число механізму.

Виразимо ε'_p і ε'_r через моменти з врахуванням того, що:

$$M_{п.ср} - M_c = \dot{I}_{пр} \cdot \varepsilon'_p \quad \text{і} \quad M_{г.ср} + M_c = \dot{I}_{пр} \cdot \varepsilon'_r,$$

$$\varepsilon'_p = \frac{M_{п.ср} - M_c}{\dot{I}_{пр}} \quad \text{і} \quad \varepsilon'_r = \frac{M_{г.ср} + M_c}{\dot{I}_{пр}},$$

де $\dot{I}_{пр}$ - момент інерції усіх мас механізму, який приведено до валу двигуна.

Якщо позначимо $\alpha = M_{п.ср}/M_c$ і $\beta = M_{г.ср}/M_c$, то одержимо:

$$\varepsilon'_p = \frac{M_c}{\dot{I}_{пр}} (\alpha - 1) ; \quad \varepsilon'_r = \frac{M_c}{\dot{I}_{пр}} (\beta + 1)$$

З врахуванням цих позначень одержимо нову залежність часу:

$$t_u = \frac{\dot{I}_{пр} \cdot i}{2M_c \cdot R} \left[\frac{(\alpha + \beta)}{(\alpha - 1)(\beta + 1)} \right] \cdot \omega + \frac{\varphi}{\omega}. \quad (4.19)$$

Аналогічний вираз буде для випадку, коли робочий орган рухається поступально:

$$t_n = \frac{i_{np} \cdot i}{2M_c \cdot R} \left[\frac{(\alpha + \beta)}{(\alpha - 1)(\beta + 1)} \right] \cdot v + \frac{S}{v}, \quad (4.20)$$

де R - радіус колеса (барабана, зубчатого колеса і т.д.);
 v - лінійна швидкість руху робочого органу;
 S - прохідний шлях.

На основі одержаних виразів можна установити вплив швидкості на довгочасність часу циклу при визначенні величин моментів.

При збільшенні швидкості час спочатку зменшується, а потім, коли досягає мінімуму, то починає збільшуватися (рис.4.7). Швидкість, яка відповідає мінімальному часу циклу, і буде оптимальною. Її значення може бути знайдено з умов існування функції $dt_n/dv=0$:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{M_c(\alpha - 1)(\beta + 1)}{i_{np} \cdot i(\alpha + \beta)}} \cdot 2\varphi \quad \text{і} \quad v_0 = \sqrt{\frac{M_c \cdot R(\alpha - 1)(\beta + 1)}{i_{np} \cdot i(\alpha + \beta)}} \cdot 2S. \quad (4.21)$$

Значення оптимальної швидкості при трикутному графіку (рис.4.6) може бути визначено за формулами:

$$\omega'_0 = \omega_0 \left(2 - \frac{t_p + t_r}{t_n} \right) \quad \text{і} \quad v'_0 = v_0 \left(2 - \frac{t_p + t_r}{t_n} \right) \quad (4.22)$$

Із приведених виразів видно, що для забезпечення однієї і тієї ж величини переміщення, максимальна швидкість при трикутному графіку має бути декілька більше, ніж при трапецієвидному. Ця різниця буде тим більша, чим більший час усталеного руху при трапецієвидному графіку. Із експериментальних даних випливає, що трикутний графік більш ефективний при малих переміщеннях, а трапецієвидний при великих. Частіше використовується трапецієвидний графік.

Оптимальне передаточне число механізму для трапецієвидного графіка можна визначити за виразом:

$$i_0 = \frac{M_m}{M_{n,sp}} + \sqrt{\left(\frac{M_m}{M_{n,sp}} \right)^2 + \frac{i_m}{i_b}}, \quad (4.23)$$

де M_m - момент сил опору на валі робочого органу механізму;
 i_m - момент інерції рухомих мас механізму на його валі;
 i_b - момент якоря двигуна й інших деталей, які розташовуються на бистрохідному валі редуктора.

Розглянемо на конкретному прикладі приведення махових моментів і моментів інерції відповідно до схеми (рис.4.8).

Приводимо до вала електродвигуна I - I. Загальний приведений момент буде:

$$GD_{пр.}^2 = GD_{пр.0}^2 + GD_{пр.п.}^2.$$

Приведений маховий момент обертових мас:

$$GD_{пр.0}^2 = GD_m^2 + GD_r^2 + GD_n^2 + 4gi_1 + 4g \frac{(i_2 + i_3)}{i_1^2} + 4g \frac{(i_4 + i_5)}{(i_1 i_2)^2} + 4g \frac{(i_6 + i_7)}{(i_1 i_2 i_3)^2}.$$

Приведений маховий момент поступально рухомих мас:

$$GD_{пр.п.}^2 = \frac{365 \cdot Q \cdot v^2}{n_1^2 \cdot \eta}.$$

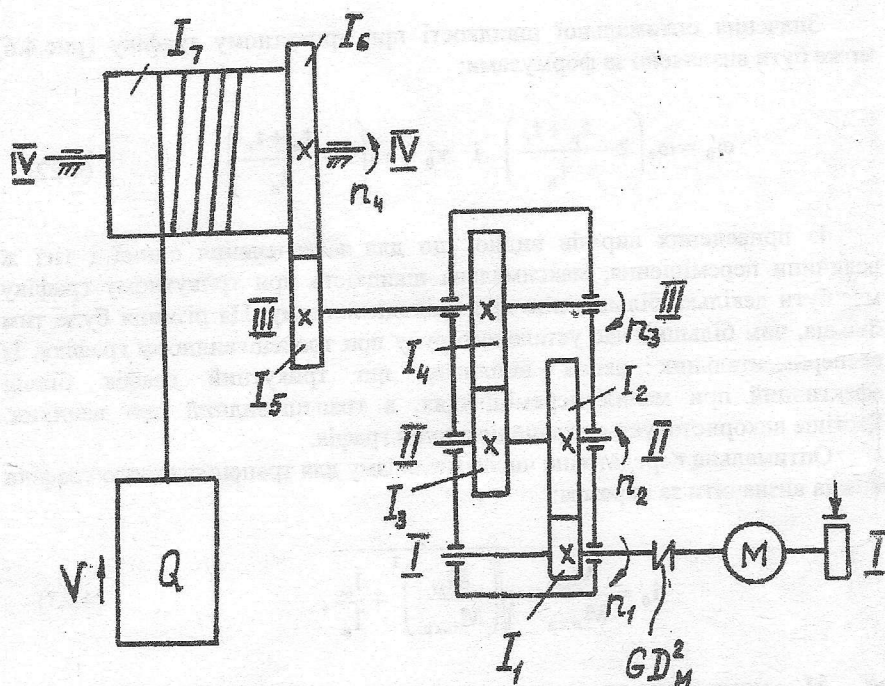


Рис. 4.8. Схема до приведення махових моментів та моментів інерції

Приводимо махові моменти і моменти інерції до проміжного вала II - II:

$$GD_{np.}^2 = 4g(i_2 + i_3) + 4gi_1^2 + (GD_r^2 + GD_n^2 + GD_m^2) \cdot i_1^2 + 4g \frac{(i_4 + i_5)}{i_2^2} +$$

$$+ 4g \frac{(i_6 + i_7)}{(i_2 i_3)^2};$$

$$GD_{np.n}^2 = \frac{365 \cdot Q \cdot v^2}{n_2^2 \cdot \eta}$$

Приводимо махові моменти інерції до вала барабана IV - IV:

$$GD_{np.0}^2 = 4g(i_6 + i_7) + 4g(i_4 + i_5)i_3^2 + 4g(i_2 + i_3)(i_2 \cdot i_3)^2 +$$

$$+ 4gi_1(i_2 \cdot i_2 \cdot i_3)^2 + (GD_r^2 + GD_n^2 + GD_m^2)(i_1 \cdot i_2 \cdot i_3)^2;$$

$$GD_{np.n}^2 = \frac{365 \cdot Q \cdot v^2}{n_4^2 \cdot \eta}$$

5. МЕХАНІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ, ЙОГО БУДОВА, ПРИНЦИП ДІЇ, ХАРАКТЕРИСТИКА ТА МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ

Тема 1. Загальні відомості про плавильне устаткування. Ресурсозбереження

1.1. Загальні відомості про плавильне устаткування

Плавильне устаткування характеризується різноманітністю типів, конструкцій і розмірів, що зумовлено такими факторами:

- різноманітністю сировини і плавильних процесів, які застосовуються для її переробки;
- всілякою структурою паливно-енергетичного балансу в економічних районах;
- відмінністю масштабів виробництва на різних заводах;
- неперервним удосконаленням діючого устаткування й того, що заново проектується і т.інш.

В чорній металургії до числа основних металургійних процесів відносять: виробництво чавуну, сталі і феросплавів.

При виробництві чавуну найбільш характерною тенденцією є збільшення корисного обсягу доменних печей. Це економічно виправдано, оскільки різко знижуються питомі капітальні витрати при будівництві печей, а також істотно знижуються експлуатаційні витрати, віднесені до обсягу виробництва чавуну. Об'єм сучасних печей досягає 5000 м³.

В сталеплавильному виробництві основний наголос робиться на розвиток конверторного і електроплавильного виробництв. На декількох заводах введені і вводяться в дію конвертори місткістю 350 та 400 т. Продуктивність такого конвертора перевищує продуктивність мартенівського цеху з 8-11 печами місткістю 600 т кожна. В той же час, не дивлячись на це, майбутнє, на думку вчених, належить електрометалургійному виробництву, як екологічно більш чистому. У світовій практиці місткість електропечей досягає 360 т (США), в СНД - 200 т. Проте, як показала практика, доцільніше використовувати печі місткістю 100 т при більш високій питомій потужності (0,7 МВА і вище). Розріз сучасного електросталеплавильного цеху показано на рис.5.1.

Нині ведуться інтенсивні наукові роботи по створенню і впровадженню у виробництво сталеплавильних агрегатів неперервної дії (САНД), в яких об'єднані в спільний цикл всі процеси від випуску чавуну до прокатки.

За останні роки широкого розвитку набула спеціальна електрометалургія (вакуумно-дуговий, електрошлаковий, електронно-променевий, плазмодуговий процеси), яка повинна забезпечити космічну

техніку, авіацію, атомну енергетику сталлю і сплавами надвисокої якості. В цій області планується впровадження печей ЕПП на зливки 30 т і більше.

В феросплавному виробництві основним напрямком є створення печей потужністю до 100 МВА і досягнення повної механізації і автоматизації трудоемких процесів.

Кольорова металургія відзначається значно більшою різноманітністю технологічних процесів і устаткування, оскільки виробляє майже 80 елементів періодичної таблиці Менделєєва і десятки їх сполук. До числа основних можна віднести такі виробництва: міді, алюмінію, цинку, нікелю, свинцю, олова, магнію, титану, вольфраму, молібдену, ніобію, танталу, цирконію та інших. За виключенням алюмінію і магнію, які переважно виробляють електролітичним шляхом, всі інші метали мають багатоступінчасту технологію, котра здійснюється в окремих агрегатах.

В кольоровій металургії передбачається більш повне використання рудної сировини, значне збільшення ступеня здобуття металів, створення нових і інтенсифікація діючих технологічних процесів і устаткування, широка програма механізації й автоматизації трудоемких процесів. Незважаючи на велику різноманітність плавильних агрегатів, їх можна згрупувати за джерелами нагрівання, формою плавильного простору, характером плавильного процесу та іншими ознаками. В залежності від виду джерела нагрівання розрізняють печі паливні (відбивні і шахтні кольорової металургії, мартенівські і доменні чорної металургії), електричні (дугові плавильні і рафінувальні, руднотермічні та інші) і комбіновані. За формою плавильного простору топливні печі розділяються на горизонтальні (відбивні і мартенівські) і вертикальні або шахтні (шахтні кольорової і доменні), за характером плавильного процесу - на рудоплавильні, рудоплавильні з додачею скрапу, рудовідновлюючі, електричні плавильні, електричні рафінувальні та інші. Багато печей чорної і кольорової металургії подібні між собою, а в деяких випадках мають ту ж саму конструкцію. Так, наприклад, шахтні печі кольорової металургії подібні до доменних печей, а відбивні - до мартенівських. Руднотермічні печі в багатьох випадках мають ту ж саму конструкцію. Однакові конструкції печей ВДП, ЕШП, ЕПП і ПДП застосовуються не тільки в чорній і кольоровій металургії, але й на машинобудівних підприємствах і т. інш. Звичайна річ, що і велика кількість устаткування цих галузей буде мати подібну, чи ту ж саму конструкцію. В зв'язку з цим доцільно устаткування представляти не з прив'язкою до окремих виробництв, а за його загальними конструктивними ознаками і призначенням. Виняток мають лише такі виробництва, як: електролізне, гідрометалургійне, титано-магнійове, основне устаткування яких не має аналогів в чорній металургії. Тому це устаткування занесено до розряду специфічного і розглядається в окремих темах.

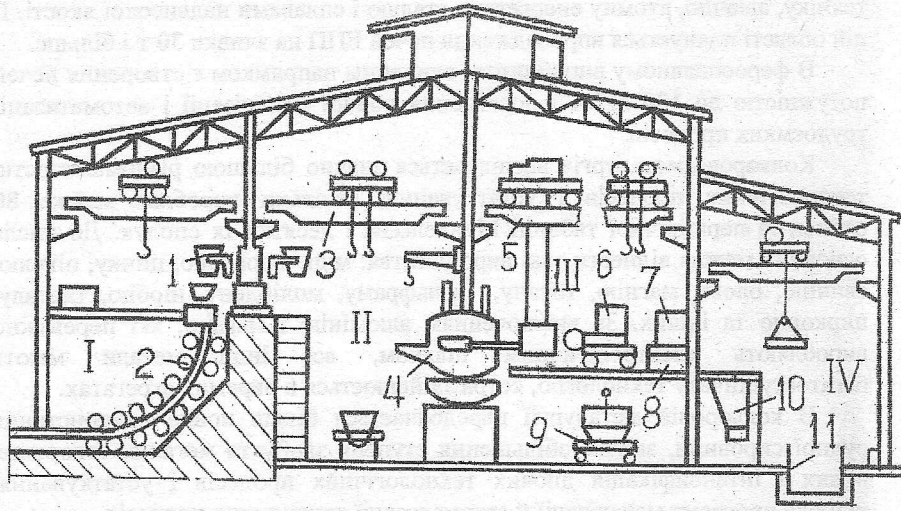


Рис. 5.1. Розріз електрометалургійного цеху. Прольоти: I-МНЛЗ; II-розливний; III-пічний; IV-шихтовий; 1-поворотний стелд для ковшів; 2-МНЛЗ; 3-розливний кран; 4-дугова електропіч; 5-кранова завальна машина; 6-стрічкова завальна машина; 7-піч для нагрівання сипучих матеріалів; 8-терези; 9-самохідний візок з завальною корзиною; 10-бункери для сипучих матеріалів; 11-засіки для скрапу

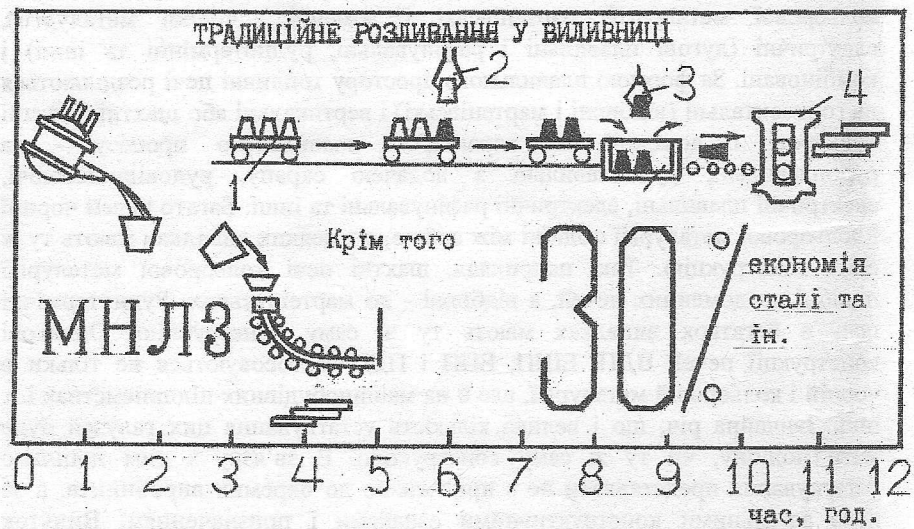


Рис. 5.2. Технологічна карта процесів одержання і переробки електросталі: 1-склад з виливницями; 2-машина для розливання злитків; 3-коловозний кран; 4-обтискний стан; 5-піч

1.2. Питання ресурсозбереження

Економія паливно-енергетичних і сировинних ресурсів може бути досягнена як через технологічний процес, так і процес виготовлення устаткування. В першому випадку основними факторами є створення і

впровадження безвідходних технологій, широке застосування агрегатів неперервної дії, в тому числі і машин неперервного лиття заготовок (МНЛЗ). Використання МНЛЗ замість традиційного розливання сталі у виливниці дозволяє не тільки істотно збільшити продуктивність дільниці розливання, але й скоротити розхід металу до 30% (рис.5.2). Ефективність неперервного лиття ще більш буде зростати, якщо його об'єднати з процесом прокатки в одному агрегаті чи в загальному технологічному потоці. При цій технології додатково до економії металу скорочується розхід електроенергії для обігрівання злитків перед прокаткою, поліпшуються інші показники. Прикладом тому слугують агрегати поєднаного лиття і прокатки алюмінієвої катанки, де вартість переділу скоротилася на 38%, питомі капітальні витрати зменшилися в 2-3 рази, а продуктивність збільшилася в 4-5 разів.

В другому випадку доцільне створення агрегатів з високим ККД, застосування найраціональніших способів їх виготовлення, що забезпечить необхідні надійність і продуктивність при мінімальній масі.

Вельми важливим фактором при ресурсозбереженні є поліпшення якості металопродукції. Економічні розрахунки свідчать про те, що вкладення коштів, направлених на вирішення цього завдання, більш ефективне, чим на зростання випуску продукції в кількісних показниках.

Позитивну роль відіграє також застосування змінників металу, металокерамічних виробів, різних способів підвищення міцності деталей і т. інш.

Тема 2. Визначення центрів тяжіння смкостей з металом і розплавом

До числа об'єктів, для яких обов'язково потрібно визначити центри їх тяжіння (ваги чи маси), відносяться: горизонтальні чи вертикальні конвертори, міксери, печі, ковші, тиглі та інші. Одною з головних вимог, що пред'являють до цих об'єктів, є можливість їх самовороття із будь-якого положення під час нахилу при зливанні металу у випадку розриву сполучень між робочим органом та приводом. Якщо ця вимога не буде виконуватися, то не виключена можливість їх мимовільного перекидання, що може викликати дуже тяжкі наслідки.

Умови стійкості агрегату з металом будуть додержуватися, якщо його загальний центр тяжіння буде розміщатися нижче осі обертання. Тому при проектуванні агрегатів з рідким металом чи розплавом особливу увагу приділяють визначенню центра тяжіння і положенню осі їх обертання.

Існує багато методів розрахунку центрів тяжіння: аналітичний проф. Кьоніга, графоаналітичний проф. Заводчикова Д.А. і проф. Рохмана С.А., а також графічні методи.

2.1. Графічний метод

Метод полягає в тому, що об'єм ковша чи іншої ємкості розбивається на найпростіші фігури (рис.5.3,а), центри і сили тяжіння яких відомі чи легко визначаються. Спочатку будують силовий багатокутник (рис.5.3,б). При цьому всі сили тяжіння окремих частин геометричним шляхом складаються, утворюючи вектор сил, повернутий на кут 90° . Вибирається довільно точка O , яка з'єднується променями з початком і кінцем кожного окремого вектора сили. Після цього починають будувати вірьовочний багатокутник (рис.5.3,в). Проводять горизонтальні лінії з центрів тяжіння кожної фігури. Промінь $O'1'$ проводиться паралельно проміню $O1$. З точки $1'$ перетину його з горизонталлю G_1 проводиться промінь $1'2'$ паралельно променю 12 до перетину з горизонталлю G_2 і т.д. Перетин крайніх променів утворює точку O' , яка є точкою прикладення рівнодіючої сил G_1-G_3 . В точці перетину рівнодіючої з вертикальною віссю ємкості розташовується шуканий центр тяжіння. Побудову виконують в масштабі.

Тому що в першому випадку фігура ємкості була симетрична та її центр тяжіння розташовувався на вертикальній осі, то достатньо було побудови одного силового і одного вірьовочного багатокутників сил. При визначенні центра тяжіння металу, внаслідок відсутності симетрії, виконують дві такі побудови в різних площинах. Перетин двох рівнодіючих вказує на положення центра тяжіння (рис.5.3,г).

2.2. Графоаналітичний метод проф. ЗАВОДЧИКОВА Д.А.

Для спрощення побудови ківш вважається нерухомим, а дзеркало металу повертається на кут φ (рис.5.4,а). Тіло металу розбивається на елементарні об'єми dV і dV' вздовж обох осей.

$$dV = S \cdot dy, \quad dV' = S' \cdot dx,$$

де S, S' - площі перерізу металу площинами, перпендикулярними до осей y і x .

Координати центра тяжіння будуть:

$$y_M = \frac{\int y \cdot dV}{\int dV}, \quad x_M = \frac{\int x \cdot dV'}{\int dV'}; \quad y_M = \frac{\int S \cdot y \cdot dy}{\int S \cdot dy}, \quad x_M = \frac{\int S' \cdot x \cdot dx}{\int S' \cdot dx}.$$

Інтеграли визначаються графічним шляхом. При цьому підінтегральні функції $S, S', S \cdot y, S' \cdot x$ будуються у вигляді графіків (рис.5.4,б). Площі, обмежені побудованими в масштабі кривими і осями координат, дорівнюють величинам інтегралів.

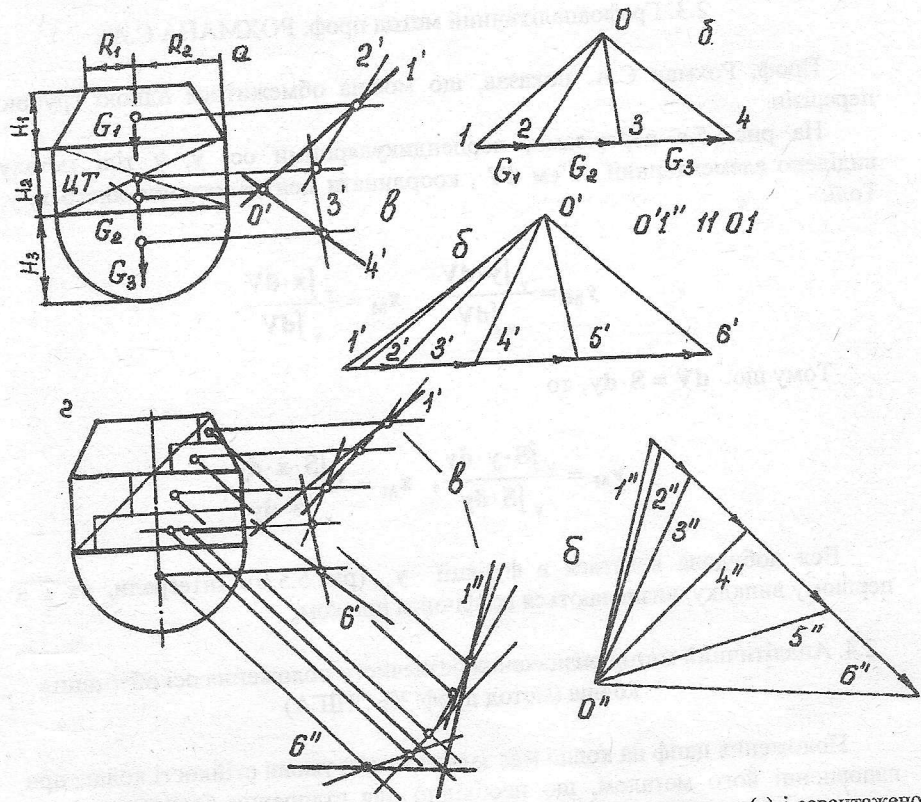


Рис. 5.3. До графічного методу визначення центра тяжіння порожнього (а) і завантаженого (г) ковчів: б-силовий многокутник; в-вірвовочний многокутник

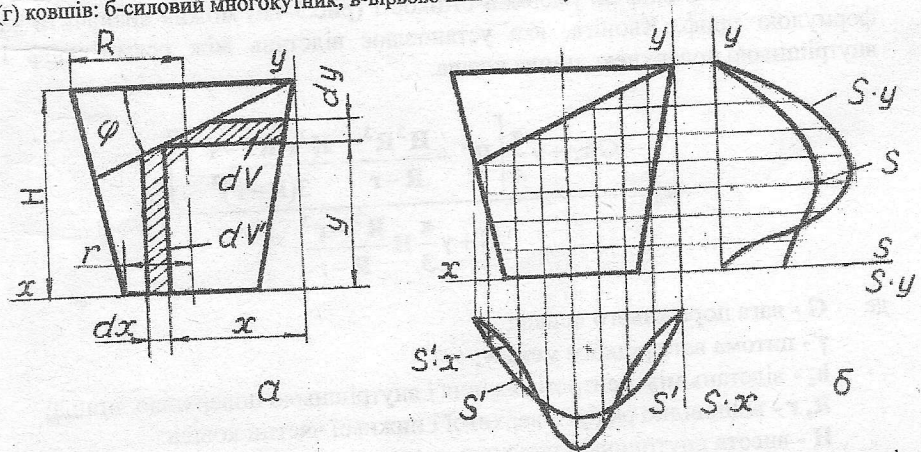


Рис. 5.4. До графоаналітичного методу проф. Заводчикова Д. А. визначення центрів тяжіння металу в ковчії

2.3. Графоаналітичний метод проф. РОХМАНА Є.А.

Проф. Рохман Є.А. показав, що можна обмежитися одною групою перерізів.

На рис.5.5,а перерізами, перпендикулярними осі у, у тілі металу виділено елементарний об'єм dV , координати центра тяжіння якого x, y . Тоді:

$$y_M = \frac{\int y \cdot dV}{\int dV}, \quad x_M = \frac{\int x \cdot dV}{\int dV}.$$

Тому що: $dV = S \cdot dy$, то

$$y_M = \frac{\int S \cdot y \cdot dy}{\int S \cdot dy}, \quad x_M = \frac{\int S \cdot x \cdot dy}{\int S \cdot dy}.$$

Вся побудова ведеться в функції у (рис.5.5,б). Інтегралі, як і в першому випадку, визначаються графічним шляхом.

2.4. Аналітичний метод визначення безпечного положення осі обертання ковша (метод проф. КЬОНІГА)

Положення цапф на ковші має задовольняти умови стійкості ковша при наповненні його металом, що необхідно для створення безпечних умов експлуатації.

Положення цапф за умовами стійкості (рис.5.4,а) можна визначити за формулою проф. Кьоніга, яка установлює відстань між осями цапф і внутрішньою поверхнею днища ковша.

$$h_0 = \frac{G h_c + \gamma \frac{\pi}{4} \left[R^4 + \frac{H^2 R^3}{R-r} - \frac{H^2 r (R^3 - r^3)}{3(R-r)^2} \right]}{G + \gamma \frac{\pi}{3} H \frac{R^3 - r^3}{R-r}},$$

де G - вага порожнього ковша;

γ - питома вага рідкого металу;

h_c - відстань між центром тяжіння і внутрішньою поверхнею днища;

R, r - відповідно радіуси верхньої і нижньої частин ковша;

H - висота внутрішньої порожнини ковша.

Необхідно відмітити, що ця формула є справедливою тільки для конічних ковшів.

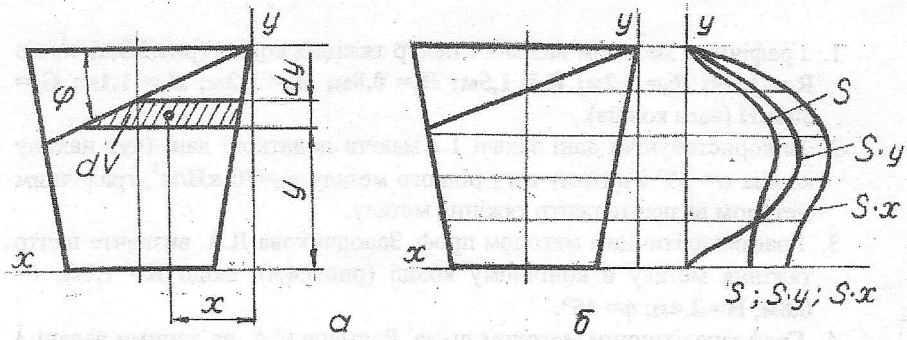


Рис. 5.5. До графоаналітичного методу проф. Рохмана Є. А. визначення центра тяжіння металу в ковші

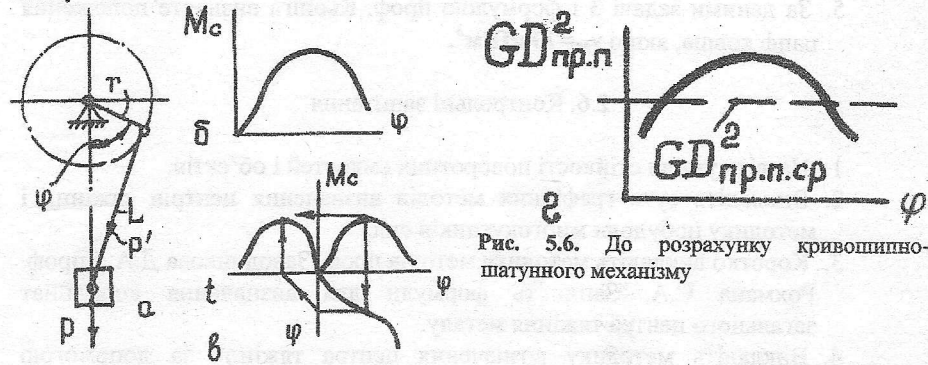


Рис. 5.6. До розрахунку кривошипно-шатунного механізму

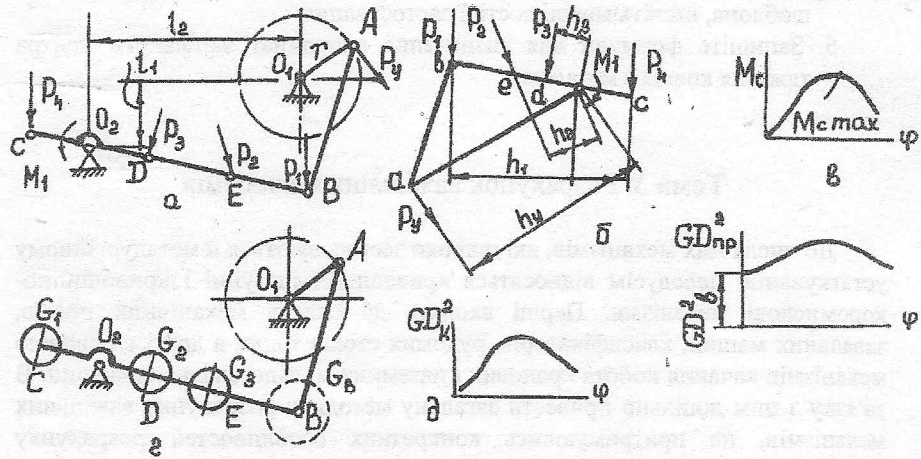


Рис. 5.7. До розрахунку кривошипно-коромислового механізму

2.5. Задачі

1. Графічним методом визначте центр тяжіння ковша (рис.5.3,а), якщо $R_1= 1,8\text{м}$; $R_2= 1,2\text{м}$; $R_3= 1,5\text{м}$; $H_1= 0,8\text{м}$; $H_2= 1,2\text{м}$; $H_3= 1,1\text{м}$; $G_k= 300\text{кН}$ (вага ковша).
2. Використовуючи дані задачі 1 і маючи додаткові дані (кут нахилу ковша $\varphi= 45^\circ$ і питому вагу рідкого металу $\gamma_M=70\text{кН/м}^3$, графічним методом визначте центр тяжіння металу.
3. Графоаналітичним методом проф. Заводчикова Д.А. визначте центр тяжіння металу в конічному ковші (рис.5.4,а), якщо $R= 1,2\text{м}$; $r= 0,8\text{м}$; $H= 2,4\text{м}$; $\varphi= 45^\circ$.
4. Графоаналітичним методом проф. Рохмана Є.А. за даними задачі 3 визначте центр тяжіння металу конічного ковша.
5. За даними задачі 3 і формулою проф. Кьоніга визначте положення цапф ковша, якщо $\gamma_M=70\text{кН/м}^3$.

2.6. Контрольні запитання

1. Назвіть умови стійкості поворотних емкостей і об'єктів.
2. Викладіть суть графічних методів визначення центрів тяжіння і методику побудови многокутників сил.
3. Коротко викладіть методику методів проф. Заводчикова Д.А. і проф. Рохмана Є.А. Запишіть формули для визначення координат загального центра тяжіння металу.
4. Викладіть методику визначення центра тяжіння за допомогою шаблона, назвіть можливості її застосування.
5. Запишіть формули для визначення координат загального центра тяжіння ковша з металом.

Тема 3. Розрахунок важільних механізмів

До числа цих механізмів, які широко застосовуються в металургійному устаткуванні, передусім відносяться кривошипно-платунні і кривошипно-коромислові механізми. Перші входять до складу механічних пресів, завальних машин, класифікаторів, рухомих столів тощо, а другі є основою механізмів качання хобота кранових і наземних мульдозавальних машин. В зв'язку з цим доцільно привести загальну методику розрахунку важільних механізмів, не притримуючись конкретних особливостей розрахунку переліченого устаткування.

3.1. Розрахунок кривошипно-шатунного механізму

Задача зводиться до розрахунків статичних і динамічних навантажень з побудовою навантажувальної діаграми, визначення потужності двигуна за еквівалентним моментом і перевірки двигуна на переобтяження в період пуску.

Порядок розрахунку такий:

1. Визначають крутний момент на осі кривошипа, який при малому відношенні $r/L \leq 1/5$ (рис.5.6,а) наближено визначається за формулою:

$$M_k = P \cdot r \cdot \sin \varphi,$$

де $P = Q + T$;

Q - вага частин, що підіймають;

T - сила тертя в направляючих.

Розрахунок ведуть для декількох положень кривошипа.

2. Визначають статичний момент на валі двигуна:

$$M_c = \frac{M_k}{i \cdot \eta},$$

де i - передаточне число редуктора;

η - ККД передачі.

3. Будують графічну залежність $M_c = f_1(\varphi)$ (рис.5.6,б).
4. Перетворюють залежність $M_c = f_1(\varphi)$ в залежність $M_c = f_2(t)$ (рис.5.6,в).
5. За середнім значенням $M_{c,ср}$ (береться з графіка) визначають попередню потужність двигуна з тим, щоб одержати орієнтовне значення GD_n^2 , необхідне для визначення динамічного моменту.
6. Визначають приведений маховий момент. При цьому приведений маховий момент обертальних частин $GD_{пр.о}^2$ визначається за відомою методикою, а поступально рухомі за формулою:

$$GD_{пр.п}^2 = \frac{365 \cdot Q \cdot v_k^2}{n^2 \cdot \eta} \cdot \sin^2 \varphi.$$

Тому що $GD_{пр.п}^2$ є перемінна величина (рис.5.6,г), то для розрахунку приймають його середнє значення.

7. Визначають динамічний момент за формулою (4.7,4.8).
8. Будують навантажувальну діаграму за весь цикл роботи механізму (дивись розділ 4).
9. Визначають еквівалентний момент за формулою (4.13).

10. Визначають потужність і за допомогою каталога вибирають електродвигун.
11. Перевіряють двигун на переобтяження в період пуску (дивись розділ 4).

3.2. Розрахунок кривошипно-коромислового механізму

Розглянемо випадок, коли двигун вибирається за статичним навантаженням з наступною перевіркою на переобтяження в період пуску з врахуванням динамічних навантажень.

Порядок розрахунку такий:

1. Складають розрахункову схему (рис.5.7,а) і за відомою методикою будують важіль Жуковського (план швидкостей, повернутий на кут 90° , до якого прикладено всі зовнішні сили і моменти) (рис.5.7,б). Побудову ведуть для декількох положень кривошипа.
2. Складають рівняння моментів відносно полюса плану швидкостей:

$$P_1 \cdot h_1 + P_2 \cdot h_2 + \dots + P_n \cdot h_n + M_1 + \dots + M_n + P_3 \cdot h_3 = 0$$

звідки визначають зрівноважуючу силу P_3 .

3. Визначають момент від зрівноважуючої сили (він же момент на осі кривошипа M_k)

$$M_3 = P_3 \cdot r = M_k,$$

де r - радіус кривошипа.

4. Визначають момент статичний на валі двигуна:

$$M_c = \frac{M_k}{i \cdot \eta}$$

Будують графік залежності $M_c = f(\varphi)$ (рис.5.7,в), за яким установлюють максимальне значення $M_{c,max}$.

5. За значенням $M_{c,max}$ і врахуванням відносної довгочасності включення ДВ визначають установочну потужність двигуна

$$N = \frac{M_{c,max} \cdot n}{9550} \sqrt{ДВ}.$$

6. В окремих випадках, приймаючи з деякими припущеннями криву графіка за синусоїду, визначають середньоквадратичну потужність

$$N_{cp} = \frac{N_{max}}{\sqrt{2}}.$$

7. Визначають миттєве значення махового моменту хитних частин, приведених до осі кривошипа, за формулою:

$$GD_k^2 = 4G_B \cdot \left(\frac{v_B}{\omega_k} \right)^2,$$

- де ω_k - кутова швидкість кривошипа;
 v_B - лінійна швидкість точки В (береться із плану швидкостей);

$$G_B = \frac{\sum G_i \cdot \ell_i^2}{(O_2B)^2} - \text{приведена до точки В вага хитних деталей};$$

ℓ - відстань між віссю O_2 і центром тяжіння окремих деталей (рис.5.7,г).
 Величина GD_k^2 - перемінна, що зв'язано зі зміненням величини v_B (рис.5.7,д). Тому шляхом побудови графіка $GD_k^2 = f(\varphi)$ визначають середнє значення $GD_{k,сп}^2$.

8. Визначають загальний маховий момент, приведений до вала двигуна:

$$GD_{пр}^2 = GD_{пр.0}^2 + \frac{GD_{k,сп}^2}{i^2}$$

9. Визначають максимальне значення момента двигуна.
 Перевіряють двигун на переобтяження в період пуску.

3.3. Задачі

1. Момент на валі кривошипа є змінна величина. Найдіть його еквівалентне значення за повний хід повзуна при $r = 0,15\text{м}$; $Q = 51\text{кН}$; $T=30\text{кН}$ (рис. 5.6, а).
2. За даними задачі 1 і при $\omega_k = 0,6 \text{ рад/с}$; $t_p = 2\text{с}$; $t_y = 6\text{с}$; $t_r = 1,6\text{с}$ визначте M_k за повний хід повзуна через кожні 30° повороту кривошипа (від 0° до 180°). Одержавши $M_k = f_1(\varphi)$, побудуйте залежність $M_k = f_2(t)$.
3. Визначте для одного положення кривошипа крутний момент (рис. 5.7, а), якщо $\ell_1=0,5 \text{ м}$; $\ell_2= 3,5 \text{ м}$; $r=0,4 \text{ м}$; $AB=1,2 \text{ м}$; $O_2B=3,3 \text{ м}$; $O_2C=6 \text{ м}$; $O_2D=0,8 \text{ м}$; $P_2=11\text{кН}$; $O_2E=2,1 \text{ м}$; $P_1=0,8\text{кН}$; $P_3=20\text{кН}$; $P_4=50\text{кН}$; $M_1=0,5\text{Н}\cdot\text{м}$; $\omega_k=1,5\text{рад/с}$. Для спрощення вирішення задачі напрямок всіх сил (за винятком P_3) можна прийняти вертикальним.
4. За даними задачі 3 визначте для одного положення кривошипа приведений до вала двигуна загальний маховий момент, якщо $G_1 = P_4$; $G_2 = P_3$; $G_3 = P_2$; $i = 31$; $GD_{пр.0}^2 = 1,6\text{Н}\cdot\text{м}^2$.

3.4. Контрольні запитання

1. Перерахуйте області застосування важільних механізмів.
2. Дайте пояснення поняттю «мертве положення» кривошипно-шатунного механізму.
3. Коротко викладіть методику розрахунку кривошипно-шатунного механізму.
4. Графічним шляхом виконайте перетворення залежності $M_k = f_1(\varphi)$ в залежність $M_k = f_2(t)$.
5. Складіть формули для приведення махового моменту обертальних і поступально рухомих частин.
6. Коротко викладіть методику розрахунку кривошипно-коромислового механізму.
7. Довільно зарисувавши схему кривошипно-коромислового механізму, побудуйте для одного положення важіль Жуковського.
8. Викладіть методику приведення махових моментів і моментів інерції в кривошипно-коромисловому механізмі.
9. В загальному вигляді визначте передаточне число кривошипно-коромислового і кривошипно-шатунного механізмів.

Тема 4. Устаткування відбивних і шахтних печей. Інші типи печей

4.1. Устаткування відбивних і мартенівських печей

Відбивні печі кольорової металургії і мартенівські чорної металургії відносяться до числа плавильних. Як правило, найбільш широко використовуються газ і мазут, які спалюються в пальниках. У відбивних печах (рис.5.8) пальники установлюють на одній торцевій стінці, а в мартенівських - на двох.

Відбивні печі використовуються не тільки для переплавлення рудної сировини, але і для рафінувальних процесів. Термін «відбивні» вони одержали через те, що при горінні палива склепіння і стінки нагріваються до високої температури і випромінюють (відбивають чи відзеркалюють) тепло, яке сприяє плавленню шихти. Печі застосовуються при виробництві міді з рудної сировини (плавильні) і вогневому рафінуванні міді (анодні, вайербарсові), нікелю (анодні) і свинцю (печі обезміднювання). В плавильних печах переплавляють сиру (підсушену) і опалену (недогарок) шихту. Схеми завантаження сирої шихти і недогарка показані на рис.5.8. Крім шихти в піч заливають конверторний шлак. Метал і шлак випускають із печі з двох рівнів: перший зі дна, другий - з верхньої відмітки ванни. Для розкриття і забивання шпурових отворів, призначених для заливання металу, застосовують пневматичні пушки і пристрої для пропалювання. Маса розплаву в цих печах при глибині ванни 1м становить 1000 - 1200т.

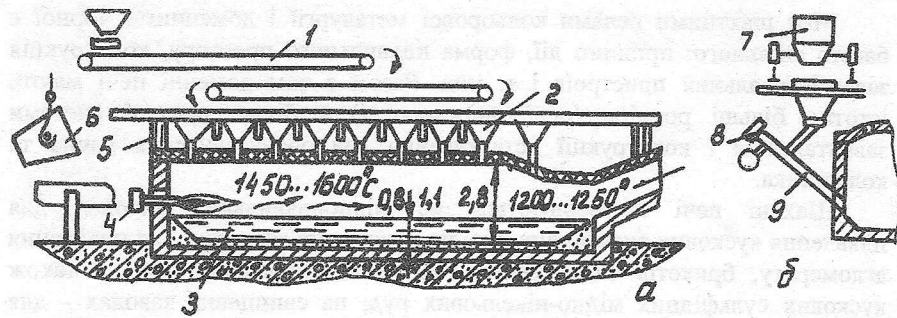


Рис. 5.8. Схема відбивної печі (а) і завантаження печі недогарком (б); 1-конвейерна система завантаження; 2-бункерні чашечки; 3-ванна; 4-пальники; 5-металевий каркас; 6-ківш; 7-завантажувальний візок; 8-оглядове вікно; 9-труба.

Для рафінування в анодних печах мідь і нікель надходять в рідкому чи твердому стані. Це залежить від територіального розміщення підприємств, виконуючих виплавлення і рафінування. Завантажують рідкий розплав ковшами, а тверду шихту (злитки, чушки тощо) - завальними машинами.

В вайербарсових печах розплавляють катодний метал, одержаний в електролізерах, з метою його дальшого розливання в злитки (вайербарси). Для завантаження катодів використовуються мульдозавальні машини. Печі бувають стаціонарні і з нахилом. Останні являють собою подобу горизонтальних конверторів місткістю 75 - 80т.

Відбивні печі для вогневого рафінування свинцю одержали назву печей обезміднювання з тої причини, що їх основним призначенням є очищення свинцю від міді. Місткість печей - до 400т. Чорновий свинець із шахтних печей транспортують краном в нефутированих ковшах місткістю 2-4т і заливають в піч за допомогою жолоба. Тверді матеріали (оборотні шлікери, соду, пісок) завантажують через вікна, які розташовані на поздовжній стінці, за допомогою завальної машини вантажопідйомністю до 3т.

В мартенівських печах, які є супутниками доменних печей, одержують мартенівські сталі. Основні складові шихти цих печей є такі: руда, рідкий чавун, скрап, і легуючі добавки. Чавун надходить із міксерного відділення в чавуновозних ковшах місткістю до 141т і заливається в піч за допомогою кранів через вікна, а тверда шихта завантажується наземними мульдозавальними машинами вантажопідйомністю до 15т. З метою інтенсифікації завантаження скрапу використовують печі без передньої стінки, яку заміняє загальний отвір - завантажувальне вікно з заслінками. Готову сталь випускають одночасно в два ковша місткістю 330т кожний по роздвоєному жолобу. Місткість печей досягає 600 - 900т. На відміну від відбивних печей мартенівські мають складну систему газоходів з перекидними клапанами, що викликано двостороннім опаленням [2].

4.2. Устаткування шахтних і доменних печей

Між шахтними печами кольорової металургії і доменними чорної є багато спільного: принцип дії, форма плавильного простору, конструкція завантажувальних пристроїв і т. інш. Разом з тим доменні печі мають істотно більші розміри (особливо висотні) й більш складні системи завантаження і конструкції устаткування для обслуговування горна та колошника.

Шахтні печі застосовуються на мідноплавильних заводах для плавлення кускових сульфідних руд; на нікельових заводах - для плавлення агломерату, брикетів та кускових окислених нікельових руд, а також кускових сульфідних мідно-нікельових руд; на свинцевих заводах - для плавлення агломерату і переплавлення бідних штейнів і шлікерів; на олов'яних заводах - для плавлення шлаків та інших оборотних матеріалів. Як правило, в шахтних печах використовують кокс, а також здійснюють дуття повітрям, збагаченим киснем до 28-30%, чи технічним киснем. Печі мають взагалі однакову будову і відрізняються одна від одної лише конструктивним виконанням окремих вузлів, що пояснюється специфікою технологічних процесів. Сучасні печі мають прямокутний переріз (поздовжній), але застосовуються і круглі і овальні. Розмір довгої стінки прямокутних печей залежить від заданої продуктивності й досягає в печах для мідно-нікельової плавки 26,5м. Принципова схема шахтної печі показана на рис.5.9.

Більшість печей наділена сифонним зливом розплаву і зовнішнім відстійником-горном. В окремих печах злив металу і шлаку ведеться з двох рівнів. Завантаження шихти, в залежності від конструкції печі, провадиться зверху чи збоку в районі колошника. Для подачі шихти на колошник застосовуються різноманітні пристрої і механізми: елеватори, стрічкові конвейери, підвісні вагонетки, вагон-терези, переносні бункери тощо. Застосування підйомників доцільне в круглих печах, або прямокутних печах невеликої довжини. Шихту в печах більшої довжини завантажують з двох поздовжніх боків через 2-4 вікна.

Завантажувальні пристрої шахтних печей мають велику різноманітність, що визначається різноманітністю конструкцій печей і технологічних процесів. Схеми найбільш поширених завантажувальних пристроїв показані на рис.5.10. В завантажувальному пристрої (рис.5.10,а) шихта з завантажувального візка висипається на горизонтальні зрівноважені тягами кришки, які відкриваються під дією шихти. Після зсипання шихти в піч кришки автоматично закриваються. Такі пристрої застосовуються на декількох типах печей для свинцевої і нікельової плавки, де вихідні з печі гази не є особливо шкідливими і небезпечними. Іншими словами, ці пристрої не забезпечують повної герметизації пічного простору. До числа таких пристроїв можна віднести і пристрій з розподільним бункером (рис.5.10,б). Розвантаження вагонеток в бункер відбувається автоматично. З бункера шихта надходить в шахту печі рівномірно через

шість розвантажувальних отворів, розташованих по два на бокових стінках і по одному - на торцевих (довжина печі - 10,6м).

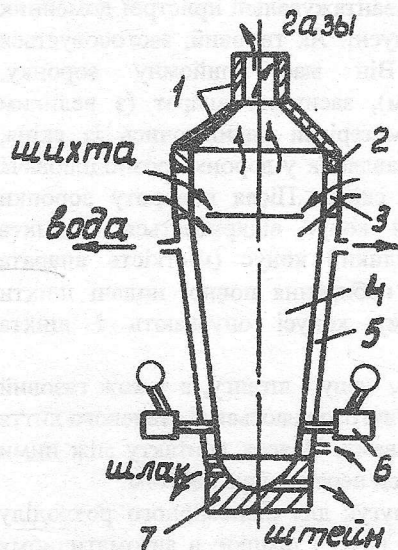


Рис. 5.9. Схема шахтної печі: 1-газохід; 2-колошник; 3-завантажувальні вікна; 4-шахта; 5-кесони; 6-фурми; 7-горно

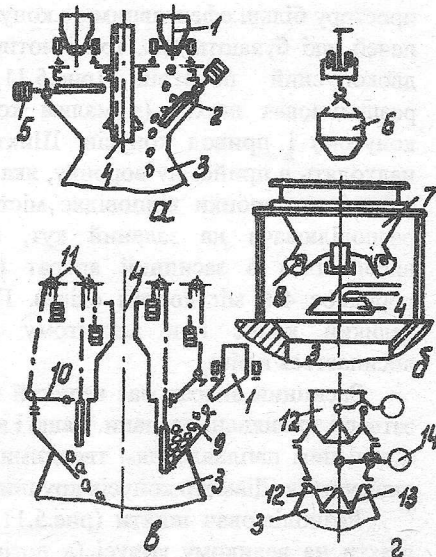


Рис. 5.10. Схема завантажувальних пристроїв шахтних печей: а - з самовідкидними кришками; б - з розподільним бункером; в-з карманами; г - дводзвонні; 1-завантажувальний візок; 2-кришка; 3-шахта; 4-газохід; 5-контрвага; 6-підвісна вагонетка; 7-розподільний бункер; 8-затвор; 9-карман; 10-кришка; 11-лебідка; 12-камера; 13-дзвін (конус); 14-привод

В тих випадках, коли утворюються шкідливі гази, застосовують двоступінчаті завантажувальні пристрої, що запобігає прямому з'єднанню простору печі з простором цеху. На рис.5.10,в показана схема пристрою з карманами. Шихта доставляється із бункерів, які розташовуються на рівні колошника, вагон-терезами. При підході вагон-терезів до печі кришка кармана піднімається і шихта розвантажується в середину кармана. Після того, як кришка кармана закривається, піднімається шибер, який роз'єднує простори кармана і печі, і шихта засипається в піч. Як тільки шихта висипеться з кармана, шибер опускається і роз'єднує простори шахти печі й кармана.

Шахтні печі мідноплавильних заводів для переробки сульфідних руд працюють при підвищеному тиску і тому мають герметичні дводзвонні пристрої (рис.5.10,г). Конусні затвори тут діють по черзі, що запобігає вільному виходу газів. Найбільший діаметр конусів - 600мм. Їх

виготовляють із сірого чавуну марок ЖЧХ - 0,8 і ЖЧХ - 1,5. Поверхні конусів і чаш в місцях їх контакту старанно підганяють.

З погляду якості розподілу шихти в печі і герметизації пічного простору більш ефективними є конусні завантажувальні пристрої доменних печей, які бувають дво, три і чотириконусні. Як типовий, застосовується двоконусний пристрій (рис.5.11,а). Він має прийомну воронку, розподільвач шихти (з малим конусом), засипний апарат (з великим конусом) і привод конусів. Шихтові матеріали висипаючись із скіпа, надходять в прийомну воронку, яка направляє їх у воронку розподільвача (місткість воронки відповідає місткості скіпа). Після повороту воронки розподільвача на заданий кут, малий конус відкривається і шихта висипається в засипний апарат на великий конус (місткість апарата дорівнює 4-6 місткостям скіпа). Після набирання повної подачі шихти великий конус при закритому малому конусі опускають і шихта висипається в піч.

Засипний апарат має великий конус, чашу і штангу, а також газовий затвор і зрівняльні клапани. Чаша і конус виготовляються зі сталевого лиття з дальшим наплавленням твердими сплавами. Поясок контакту між ними шліфується. Діаметр конусів крупних печей перебільшує 6000мм.

Розподільвач шихти (рис.5.11,б) слугує для рівномірного розподілу шихти на великому конусі (а потім і в печі) і працює в автоматичному режимі по станціях: 0° ; $+60^\circ$; $+180^\circ$; -120° ; -60° . Змінення знаку відповідає зміненню напрямку обертання воронки. Корпус розподільвача наділено зубчатим вінцем, опорними і центруючими роликами. Чаша і конус розподільвача також виготовляються зі сталевого лиття з покриттям твердими сплавами. Швидкість обертання воронки розподільвача становить близько $3,5\text{хв}^{-1}$. Потужність двигунів розподільвачів крупних печей становить 120кВт при частоті обертання 870хв^{-1} .

При невеликій швидкості обертання воронки динамічний момент має незначну величину. Тому потужність двигуна визначають за максимальним статичним моментом (при завантаженні воронки рудою) з можливою перевіркою двигуна на переобтяження в період пуску.

Статичний момент опору обертання воронки складається з трьох моментів:

$$M_c = M_1 + M_2 + M_3,$$

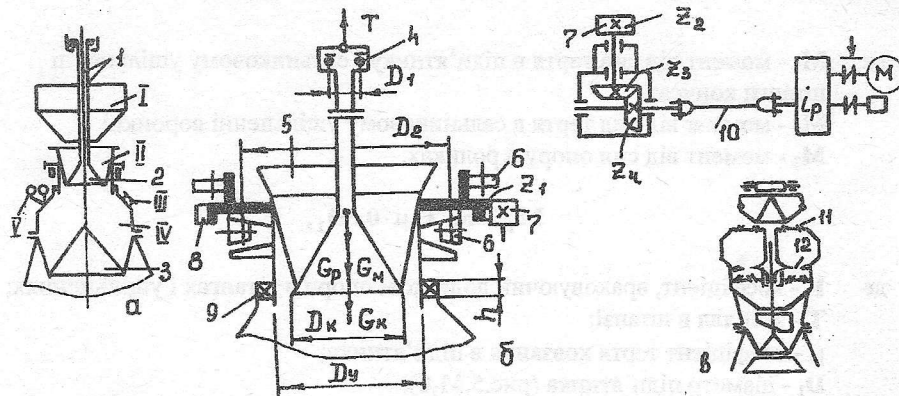


Рис. 5.11. Схеми двоконусного завантажувального пристрою (а), його розподільвача шихти (б): I-приймочна воронка; II-розподільвач шихти; III-вибуховий клапан; IV-засипний апарат; V-зрівняльний клапан; 1-штанги конусів; 2, 3-малий і великий конуси; 4-підп'ятник; 5-обертюва воронка; 6-центруючий і опорний ролики; 7-приводна шестерня; 8-зубчастий вінець; 9-ущільнення; 10-привод; 11, 12-газовий і вантажний клапани

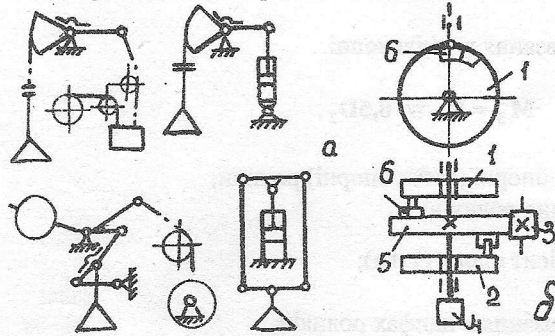


Рис. 5.12. Схеми пристроїв для маневрування конусами (а) і комбінованої лебідки (б): 1, 2-барабан; 3-приводна шестерня; 4-командоапарат; 5-зубчасте колесо; 6-кулачки

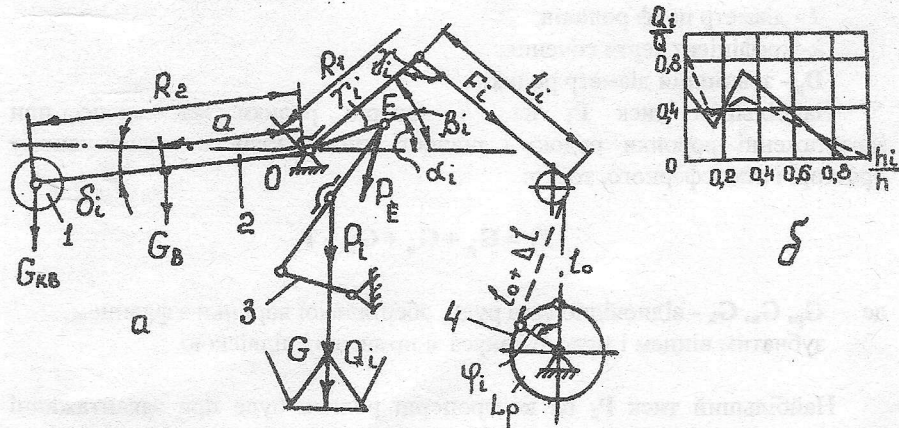


Рис. 5.13. До розрахунку балансного пристрою: 1-контрвага; 2-двоплечний важіль; 3-прямий пристрій; 4-лебідка

- де M_1 - момент від сил тертя в підп'ятнику і сальниковому ущільненні штанги конуса;
 M_2 - момент від сил тертя в сальниковому ущільненні воронки;
 M_3 - момент від сил опору в роликах.

$$M_1 = K \cdot T \cdot \mu \cdot 0,5D_1,$$

- де K - коефіцієнт, враховуючий додаткові опори в штангах і ущільненнях;
 T - зусилля в штанзі;
 μ - коефіцієнт тертя ковзання в підп'ятнику;
 D_1 - діаметр підп'ятника (рис.5.11,б).

$$M_2 = \pi \cdot D_y \cdot h \cdot q \cdot \mu_y \cdot 0,5D_y,$$

- де D_y, h - діаметр і висота ущільнення;
 q - тиск в ущільненні;
 μ_y - коефіцієнт тертя ковзання в ущільненні.

$$M_3 = P_i \cdot w \cdot 0,5D_2,$$

- де P_i - нормальний тиск на опорні (контропорні) ролики;
 D_2 - діаметр розташування роликів;
 $w = \frac{(\mu_1 d + 2k)}{D_p}$ - коефіцієнт опору (тяги);
 μ_1 - коефіцієнт тертя ковзання в цапфах роликів;
 d - діаметр цапф роликів;
 k - коефіцієнт тертя кочення;
 D_p - зовнішній діаметр роликів.

Найбільший тиск P_1 на опорні ролики має місце при завантаженні воронки рудою і рівності тисків газів в міжконусному просторі і атмосферного, тобто:

$$P_1 = G_p + G_b + G_k - T,$$

- де G_p, G_b, G_k - відповідно вага руди, обертальної воронки з фланцем, зубчатим вінцем і малого конуса зі штангою і підвіскою.

Найбільший тиск P_2 на контропорні ролики буде при завантаженні воронки коксом і максимальному тиску газів в міжконусному просторі (при роботі печі з підвищеним тиском), тобто:

$$P_2 = G_{\text{ко}} + G_{\text{в}} + G_{\text{к}} - T - \frac{\rho \pi \cdot D_{\text{к}}^2}{4},$$

де ρ - тиск в печі.

Момент M визначається за максимальним значенням P_1 (порівнюється P_1 і P_2).

Статична потужність визначається з врахуванням можливих втрат потужності на подолання сил тертя в центруючих роликах, які викликаються дією радіальних сил в зчепленні «зубчатий вінець - привідна шестерня» (враховують коефіцієнтом $K_2 = 1,1$), тобто:

$$N_c = \frac{M_c \cdot n \cdot K_2}{9550 \cdot \eta},$$

де η - загальний ККД механізму.

Перевірка двигуна на переобтяження в період пуску проводиться за відомою методикою.

В доменних печах об'ємом 5000м^3 , в яких передбачено конвейерне завантаження шихти, застосовуються нові конструкції завантажувальних пристроїв (рис.5.11,в). Шихту з конвейера подають в завантажувальну воронку зі стулками в нижній частині, звідки вона надходить в два бункери, кожний з яких має зверху газоушільнювальні клапани, а знизу - вантажні і газоушільнювальні клапани. З бункерів матеріал надходить в розподільну воронку, яка обертається неперервно (але може працювати і по станціях), розвантажуючи шихту в засипний апарат. Для регулювання розподілу шихти по радіусу печі під конусом засипного апарата встановлено рухоме кільце конічної форми.

Устаткування для подачі шихти на колошник і обслуговування горна шахтних і доменних печей розглянуто в подальших темах.

4.3. Устаткування для маневрування конусами завантажувальних пристроїв

Це устаткування має забезпечувати прямолінійний рух штанг і надійне притиснення конусів до чаш. На рис.5.12 показані схеми найбільш поширених балансирних пристроїв. Вони можуть бути поділені на системи з вільним і примусовим опусканням. Схеми з вільним опусканням не застосовуються на нових печах (при зруйнуванні зв'язку між балансиром і його приводом конус самовільно опускається в нижнє положення, відкриваючи простір печі). Ще бувають схеми канатні і безканатні, з електроприводом і гідроприводом. Як типовий, прийнято важільний балансирний пристрій з канатною передачею і електроприводом, забезпечуючий примусове опускання конусів. Піднімається конус під дією противаги, яка закріплена на великому плечі двоплечого важеля. Прямолінійний рух штанги конуса забезпечує випрямний пристрій. Для

переміщення конусів в цих пристроях застосовують лебідки з електромеханічним приводом, які бувають індивідуальні (на один конус) і комбіновані (на два конуси) (рис.5.12,б). Останні прийнято як типові. В них обертання від ведучої шестерні 3 передається вантажному валу через зубчате колесо 5, яке з'єднане з цим валом жорстко. Барабани малого 1 і великого 2 конусів установлено на валу вільно. Колесо і барабани мають кулачки 6, за допомогою яких, в залежності від напрямку обертання вала колесо зчеплюється з барабаном великого чи малого конусів. На барабанах шарнірно закріплені відрізки пластинчатих ланцюгів. До них в свою чергу кріпляться канати, які йдуть до балансирних пристроїв (рис.5.12,б), така схема має властивості механічної блокування, що виключає одночасну роботу обох барабанів. Лебідки бувають однодвигунні ЛК-38, ЛК-45 (потужність двигуна відповідно становить 150 і 200 кВт) і дводвигунні ЛК-70 (потужність кожного двигуна становить 150кВт). Цифри, які слідують за індексом, означають вантажопідйомність в тонносилах.

Привод механізму маневрування працює з великою кількістю включень і реверсів, тобто в повторно-короткочасному режимі. Тому потужність двигуна вибирають за еквівалентним моментом з подальшою перевіркою двигуна на переобтяження в період пуску. Порядок розрахунку такий:

1. Визначають зусилля в штанзі конуса при його відкриванні (рис.5.13,а)

$$P_i = G_k + Q_i$$

де G_k - вага конуса зі штангою і підвісним пристосуванням;

Q_i - поточне значення тиску шихти на конус.

Для визначення величини Q_i користуються безрозмірним графіком (рис.5.13,б), який одержано на основі експериментальних вимірів. На графіку:

Q - повна вага шихти;

h - повний хід конуса;

h_i - поточне значення ходу конуса.

При користуванні графіком задаються величиною h_i , визначають відношення h_i/h і за ним знаходять $Q_i/Q = m$ чи $Q_i = m \cdot Q$.

2. Аналізують сили, які діють на балансір, і приймають обумовлені допущення. На розрахунковій схемі (рис.5.13,а):

G_b - вага великого плеча важеля (вагу малого плеча не враховують із- за її незначної величини);

P_e - сила, яка діє з боку випрямного пристрою;

F_t - зусилля натягу в канаті;

$G_{кв}$ - вага контрваги.

Для спрощення розрахунку приймають $P_e \approx P$.

3. Визначають зусилля натягу в канаті для декількох положень балансира, виконуючи графічні будування. Для знаходження достатньо розглянути одне рівняння статки $\sum M_0 = 0$:

$$G_{\text{кв}} \cdot R_2 \cdot \cos \delta_2 + G_{\text{в}} \cdot a \cdot \cos \delta_1 - P_1 \cdot r \cdot \cos \alpha_1 - F_1 \cdot R_1 \cdot \sin \gamma_1 = 0$$

Звідки з врахуванням коефіцієнта K , який відображає вплив сил тертя в шарнірах (при опусканні конуса $K_1=1,1$, при підйомі $K_2=0,9$), одержимо:

$$F_1 = \frac{K(G_{\text{кв}} \cdot R_2 \cdot \cos \delta_2 + G_{\text{в}} \cdot a \cdot \cos \delta_1 - P_1 \cdot r \cdot \cos \alpha_1)}{R_1 \cdot \sin \gamma_1}$$

При цьому для кожного значення F_1 установлюють змінення величини ходу каната $\Delta \ell$, тобто визначають залежність $F = f(\Delta \ell)$.

4. Установлюють залежність між кутом повороту барабана φ і зміненням величини $\Delta \ell$. При повороті барабана на кут до 90° ця залежність може бути подана у вигляді:

$$\varphi = \arccos \frac{1 - \Delta \ell}{R},$$

де R - радіус барабана.

А при $\varphi > 90^\circ$ - у вигляді:

$$\Delta \ell = R \frac{1 + (\varphi - 90^\circ) \cdot \pi}{180}$$

5. Оскільки F визначалося в залежності від зміни довжини каната $\Delta \ell$, а при подальшому розрахунку необхідна залежність зусилля від часу, то здійснюють перевід $F_1 = f_1(\Delta \ell)$ в залежність $F_2 = f_2(t)$. При цьому керуються методикою, яка викладена в розділі 4.

6. Визначають статичний момент на валі двигуна за формулою:

$$M_c = \frac{F \cdot L}{i} \cdot \eta_1^{\pm 1} \cdot \eta_2^{\pm 1},$$

де η_1, η_2 - ККД відповідно лебідки і барабана;

L - плече зусилля натягу.

Знак «-» приймається при опусканні конуса, а знак «+» - при підйомі.

Плече L змінюється при $\varphi < 90^\circ$ і становить $R \cdot \sin \varphi$, а при $\varphi \geq 90^\circ$ воно постійне і дорівнює R .

7. Далі розрахунок проводиться за методикою для повторно-короткочасного режиму.

4.4. Задачі

1. Визначте зусилля опору в опорних роликах (рис.5.11,б), якщо: $G_p = 190\text{кН}$; $G_b = 220\text{кН}$; $G_k = 70\text{кН}$; $T = 300\text{кН}$; $\mu_1 = 0,05$; $d = 0,08\text{м}$; $D_p = 0,32\text{м}$; $k = 0,0015\text{м}$.
2. Визначте зусилля тертя в сальниковому ущільненні воронки (рис.5.11,б), якщо: $D_y = 2,5\text{м}$; $h = 0,26\text{м}$; $q = 0,18\text{МПа}$; $\mu_y = 0,05$.
3. Використовуючи дані задачі 1, визначте сили тертя в підп'ятнику штанги малого конуса (рис.5.11,б), якщо $K = 1,15$; $D_1 = 0,36\text{м}$, $\mu_y = 0,06$.
4. За даними задач 1,2,3 визначте статичний момент на валі двигуна і потужність двигуна, якщо: $D_2 = 3,0\text{м}$; $D_y = 2,5\text{м}$; $K_2 = 1,1$; $z_1 = 204$; $z_2 = 17$; $z_3 = z_4 = 20$; $i_p = 24$; $n_{дв} = 980\text{хв}^{-1}$ (частота обертання двигуна); $\eta_1 = 0,94$ (ККД відкритої передачі); $\eta_2 = 0,97$ (ККД кутового редуктора); $\eta_3 = 0,95$ (ККД редуктора привода).
5. За даними задачі 4 визначте діаметр карданного вала, з'єднуючого кутовий редуктор з редуктором привода, якщо допустима дотична напруга $[\tau] = 60\text{МПа}$.
6. За даними задачі 4 визначте напругу, яка обумовлена динамічним моментом на карданному валі діаметром $d = 70\text{мм}$, в період розгону розподільвача при $t_p = 3,5\text{с}$, якщо приведений до осі воронки момент інерції обертових деталей розподільвача $i = 1,8 \cdot 10^4 \text{кг} \cdot \text{м}^2$.
7. За даними задачі 4 установіть величини окружних, радіальних та осьових зусиль в кінці зчепленні кутового редуктора.
8. Визначте за безрозмірним графіком (рис.5.13,б) поточне значення тиску шихти на малий конус Q_b , якщо $h_1 = 0,15\text{м}$; $h = 0,85\text{м}$; $Q = 220\text{кН}$.
9. Для одного положення балансира, використовуючи дані задачі 8, визначте зусилля натягу в канаті F (рис.5.13,а) при опусканні малого конуса, якщо $G_{кв} = 87\text{кН}$; $G_b = 6,0\text{кН}$; $G_k = 70\text{кН}$; $R_1 = 1,8$; $R_2 = 2,0$; $g = 0,65$; $\delta = 30^\circ$; $\alpha = 36^\circ$; $\gamma = 50^\circ$.
10. Побудуйте графік залежності $\Delta \ell$ від кута повороту барабана φ , якщо $R = 0,55\text{м}$.
11. За даними задачі 9, 10 визначте усталену швидкість підйому контрваги, якщо частота обертання двигуна $n_{дв} = 1000\text{хв}^{-1}$; загальне передаточне число $i_s = 168$.
12. За даними задачі 11 визначте величину переміщення каната і кут повороту барабана, якщо $t_p = 2,0\text{с}$; $t_y = 5,35\text{с}$; $t_r = 2,0\text{с}$.

4.5. Контрольні запитання

1. Перерахуйте області використання відбивних і шахтних печей.
2. Назвіть основні відміни відбивних печей від мартенівських.
3. Перерахуйте і охарактеризуйте устаткування для завантажування відбивних, мартенівських, шахтних і доменних печей.
4. Зарисуйте принципову схему відбивної печі й поясніть принцип її дії.
5. Зарисуйте принципові схеми завантажувальних пристроїв шахтних печей, вискажіть свої міркування про їх відповідність екологічним вимогам.
6. Зарисуйте принципову схему шахтної печі й поясніть принцип її дії.
7. Зарисуйте принципові схеми типового двоконусного завантажувального пристрою і пристрою з конвейерною подачею шихти, поясніть принцип їх дії.
8. Зарисуйте принципову схему розподілвача шихти і коротко опишіть методику розрахунку потужності його двигуна.
9. Зарисуйте принципові схеми пристроїв для маневрування конусами і поясніть їх принцип дії.
10. Зарисуйте схему комбінованої лебідки і поясніть принцип її дії.
11. Зарисуйте безрозмірний графік і поясніть принцип його побудови.
12. Зарисуйте розрахункову схему балансірного пристрою і охарактеризуйте сили, що діють на нього.
13. Коротко викладіть методику розрахунку потужності двигуна лебідки.
14. Вискажіть свої міркування про підвищення надійності і строку служби найбільш навантажених деталей.

Тема 5. Устаткування міксерного відділення

5.1. Основним призначенням міксерного відділення є підготовка рідкого металу до подальшої переробки, а також створення його запасу. Так, наприклад, в чорній металургії воно слугує буфером між доменним і сталеплавильним цехами. В крупних сталеплавильних цехах установлюють два міксери в окремому приміщенні (міксерному відділенні). Для обслуговування міксерів передбачені міксерні крани, машини для згортання шлаку з міксерів і ковпів, монорейкові візки та інші.

Застосовуються стаціонарні міксери місткістю 600, 1300 і 2500 т. Міксери мають механізм повороту і відкривання кришок заливального отвору і випускного носка. Як механізми повороту, застосовуються гвинтові і рейкові механізми з електроприводом (рис.5.14). Гідроприводи на цей час не застосовують, а на всіх нових конструкціях використовуються тільки рейкові механізми. Принципова схема привода такого механізму

4.5. Контрольні запитання

1. Перерахуйте області використання відбивних і шахтних печей.
2. Назвіть основні відміни відбивних печей від мартенівських.
3. Перерахуйте і охарактеризуйте устаткування для завантажування відбивних, мартенівських, шахтних і доменних печей.
4. Зарисуйте принципову схему відбивної печі й поясніть принцип її дії.
5. Зарисуйте принципові схеми завантажувальних пристроїв шахтних печей, вискажіть свої міркування про їх відповідність екологічним вимогам.
6. Зарисуйте принципову схему шахтної печі й поясніть принцип її дії.
7. Зарисуйте принципові схеми типового двоконусного завантажувального пристрою і пристрою з конвейерною подачею шихти, поясніть принцип їх дії.
8. Зарисуйте принципову схему розподілвача шихти і коротко опишіть методику розрахунку потужності його двигуна.
9. Зарисуйте принципові схеми пристроїв для маневрування конусами і поясніть їх принцип дії.
10. Зарисуйте схему комбінованої лебідки і поясніть принцип її дії.
11. Зарисуйте безрозмірний графік і поясніть принцип його побудови.
12. Зарисуйте розрахункову схему балансірного пристрою і охарактеризуйте сили, що діють на нього.
13. Коротко викладіть методику розрахунку потужності двигуна лебідки.
14. Вискажіть свої міркування про підвищення надійності і строку служби найбільш навантажених деталей.

Тема 5. Устаткування міксерного відділення

5.1. Основним призначенням міксерного відділення є підготовка рідкого металу до подальшої переробки, а також створення його запасу. Так, наприклад, в чорній металургії воно слугує буфером між доменним і сталеплавильним цехами. В крупних сталеплавильних цехах установлюють два міксери в окремому приміщенні (міксерному відділенні). Для обслуговування міксерів передбачені міксерні крани, машини для згортання шлаку з міксерів і ковпів, монорейкові візки та інші.

Застосовуються стаціонарні міксери місткістю 600, 1300 і 2500 т. Міксери мають механізм повороту і відкривання кришок заливального отвору і випускного носка. Як механізми повороту, застосовуються гвинтові і рейкові механізми з електроприводом (рис.5.14). Гідроприводи на цей час не застосовують, а на всіх нових конструкціях використовуються тільки рейкові механізми. Принципова схема привода такого механізму

показана на рис.5.14. Привод має два двигуни потужністю 90кВт кожний (з них один резервний).

Опорно-поворотна система міксера має бандажі, які складаються із чотирьох секцій і закріплені за допомогою болтів на корпусі, роликові обойми і дві дугоподібні направляючі опори. Останні розташовуються на залізобетонному фундаменті.

Чавун, який надходить із доменного цеху в чавуновозах, заливають в міксер спеціальними заливальними кранами вантажопідйомністю 180/50 чи 125/30т (в залежності від місткості ковшів).

Для поліпшення умов віддаляння сірки із чавуну, підвищення стійкості футеровки шлак постійно згортають. Шлак віддаляють безпосередньо з міксера чи ковшів перед заливанням чавуну в міксер. Схеми машин для згортання шлаку показані на рис.5.15.

Машина для згортання шлаку з міксера має прямолінійний рух гребка, що не завжди забезпечує повне віддаляння шлаку. Більш ефективні в роботі є машини для згортання шлаку з ковшів. Машина має лебідку 8 з окремим обертанням барабанів. При переміщенні штанги 5 вперед канат, який огинає передній блок двоплечого важеля 7, натягується і за рахунок цього повертає двоплечий важіль. Останній верхнім роликом піднімає штангу з гребком. При переміщенні гребка назад вищезгаданий канат одержує ослаблення і за рахунок цього штанга під дією власної ваги опускається, забезпечуючи згортання шлаку. Вся ця система розташовується на поворотній рамі, яка має можливість обертатись в горизонтальній площині. Це дозволяє згортати шлак по всій поверхні ковшів.

5.2. Задачі

1. Визначте частоту обертання міксера (рис.5.14), якщо: $n_{дв} = 510 \text{ хв}^{-1}$; $z_1 = z_3 = z_5 = 17$; $z_2 = z_4 = 76$; $z_6 = 85$; $h = 7 \text{ м}$; $R = 0,25 \text{ м}$.
2. За даними задачі 1 визначте статичну потужність двигуна і установіть за довідником її найближче стандартне значення, якщо $m_c = 2,8 \text{ МНм}$ (момент опору нахилу міксера відносно осі обертання останнього), $\eta = 0,7$ (загальний ККД механізму).
3. За даними задач 1,2 визначте час розгону двигуна, якщо $\lambda_{ср} = 1,5$; $GD_{пр}^2 = 850 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$.
4. Визначте крутний момент в гвинтовій передачі машини для згортання шлаку (рис.5.15,а), якщо вага рухомих частин $Q = 80 \text{ кН}$; $S = 10 \text{ мм}$; (відстань гвинта); $r_{ср} = 30 \text{ мм}$ (середній радіус гвинта); $\mu = 0,12$ (коефіцієнт тертя ковзання в гвинтовій парі).
5. За даними задачі 4 визначте передаточне число привода, якщо $v_k = 0,05 \text{ м/с}$ (швидкість підйому каретки), $n_{дв} = 1000 \text{ хв}^{-1}$.

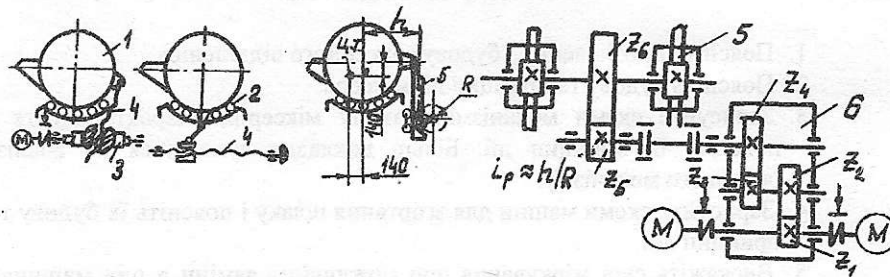


Рис. 5.14. Схеми механізмів повороту міксерів: 1-міксер; 2-роликів обійма; 3-спеціальний черв'ячний редуктор; 4-гвинтова передача; 6-привод; 5-рейка

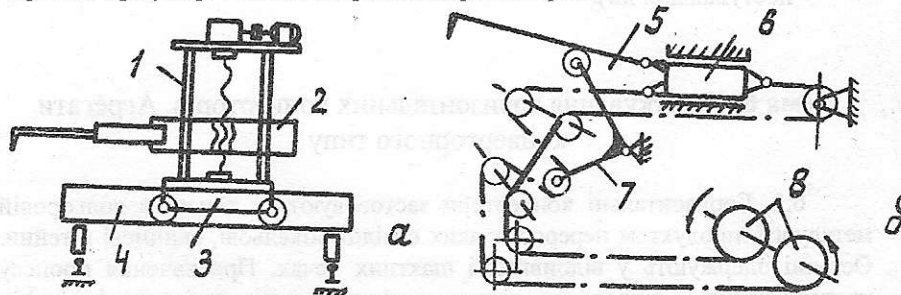


Рис. 5.15. Схеми машин для згортання шлаку з міксеру (а) і ковша (б): 1-направляючі; 2-вертикально рухома каретка; 3-візок; 4-міст; 5-штанга; 6-каретка; 7-двоплечий хитний важіль; 8-лебідка

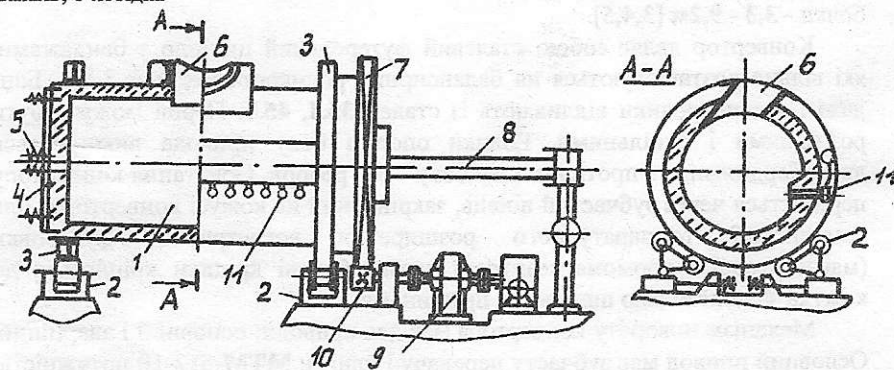


Рис. 5.16. Схема горизонтального конвертора: 1-бочка; 2-балансирні роликоопори; 3-бандаж; 4-бокова кришка; 5-підпружинена шпилька; 6-горловина; 7-зубчастий вінець; 8-грубопровід; 9-привод; 10-приводна шестерня; 11-фурми

6. Визначте величину кута повороту барабанів (рис.5.14), якщо усталена швидкість підйому каретки $v_k = 0,12$ м/с; $D_6 = 0,15$ м (діаметр барабана); $t_p = 2$ с; $t_y = 6$ с; $t_r = 1,5$ с (трапецієвидний закон руху).

1. Поясніть призначення і будову міксерного відділення.
2. Поясніть будову та принцип дії міксера.
3. Зарисуйте схеми механізмів нахилу міксерів, охарактеризуйте і поясніть їх принцип дії. Більш докладно зупиніться на аналізі рейкового механізму.
4. Зарисуйте схеми машин для згортання шлаку і поясніть їх будову та принцип дії.
5. Вискажіть свої міркування про можливість заміни в цих машинах електромеханічного привода на гідравлічний (обертальної чи поступальної дії).

Тема 6. Устаткування горизонтальних конверторів. Агрегати конверторного типу

6.1. Горизонтальні конвертори застосовуються тільки в кольоровій металургії, продуктом переробки яких є мідні, нікельові, свинцеві штейни. Останні одержують у відбивних і шахтних печах. Призначення процесу конвертування - віддалення різних домішок (сірки, заліза та інших) з рідкого розплаву шляхом його продування повітрям, збагаченим киснем. Місткість конверторів становить 40 - 80т, діаметр бочки 2,3 - 4,0м, довжина бочки - 3,3 - 9,2м [3,4,5].

Конвертор являє собою сталевий футерований циліндр з бандажами, які вільно розташовуються на балансірних роликкооперах (рис.5.16). Бандажі і опорні ролики відливають із сталей 35Л, 45Л. Перші можуть бути роз'ємними і суцільними. Ролики опор з боку привода виконуються дворобордними, а з протилежного боку - без реборд. Обертання конвертору передається через зубчастий вінець, закріплений на кожусі конвертора. Для компенсації температурного розширення вогнетривкої футеровки (магнезитової і хромомагнезитової цегли) бокові кришки кріпляться до кожуха за допомогою шпильок з пружинами.

Механізм повороту конвертора має два приводи: основний і аварійний. Основний привод має зубчасту передачу і двигун МТМ-612-10 потужністю 50кВт. Двигун аварійного привода має своє індивідуальне джерело енергії. За допомогою цього двигуна конвертор виводиться в таке положення, при якому фурми будуть розташовуватися вище дзеркала металу. Ця необхідність виникає в тому випадку, коли із-за зникнення енергії може припинитися подача дуття і метал заморозить фурмені канали. Для крупних конверторів застосовують двигуни постійного струму ДП-52 потужністю 32кВт.

Для заправки конвертора, зливу продуктів шлавки, а також для виходу газів на кожусі конвертора передбачена горловина, яка буває круглої, квадратної і овальної форми. Установлюють горловину під певним кутом

до вертикалі (біля $12 - 30^\circ$) в бік фурм. Для збирання і відводу газів над горловиною розташовується спеціальний зонт.

Подача дугтя відбувається за допомогою фурм, кількість яких досягає **30 - 55** штук.

Схема фурми показана на рис.5.17,а. Корпус фурми являє собою литий з чавуну чи сталі трійник, верхній ввідний кінець якого має різьбу і призначений для закріплення фурменного рукава. Горизонтальний кінець має з одного боку наплив і кульовий клапан, з другого боку є різьба для приєднання трубки. Через цей канал виконують чищення фурми. В залежності від технологічного процесу фурми чистять декілька разів за зміну.

Чистять фурми індивідуальними чи груповими (рис.5.17,б) пневмофурменщиками. Більш ефективними є групові машини, які обслуговують групу фурм. Вони бувають підвісними і наземними. Машина має рухому приводну платформу, на якій розташовується робочий пневмоциліндр з відповідною системою управління. Для точної зупинки машини перед кожною фурмою передбачені блоки фіксації та закріплення. Ломик при чищенні здійснює зворотно-поступальний рух з частотою приблизно **2000** ходів на хвилину. Тому час контакту ломака з розплавом дуже малий ($\approx 0,02$ с), що зменшує можливість пошкодження ломака металом.

Потужність двигуна механізму повороту конвертора визначають за статичним навантаженням з врахуванням коефіцієнта запасу потужності. Тому що внутрішня поверхня конвертора практично є симетрична, то момент від ваги металу можна не враховувати. Для розрахунку приймають тільки момент від сил тертя в роликкоопорах. Відповідно до розрахункової схеми (рис.5.18) цей момент можна визначити за формулою:

$$M = \frac{G_k + G_m}{(\cos \psi_1 + \cos \psi_2)} \cdot \frac{\mu d + 2k}{D_p} \cdot \beta \cdot D_6,$$

- де G_k, G_m - відповідно вага конвертора і металу;
 μ - коефіцієнт тертя ковзання;
 d - діаметр ролика;
 k - коефіцієнт тертя кочення;
 D_p - зовнішній діаметр ролика;
 β - коефіцієнт, враховуючий тертя в ребордах ($\beta = 1,2 - 1,5$);
 D_6 - діаметр бандажа.

Тоді потужність двигуна:

$$N = \frac{K \cdot M \cdot n}{9550 \cdot \eta},$$

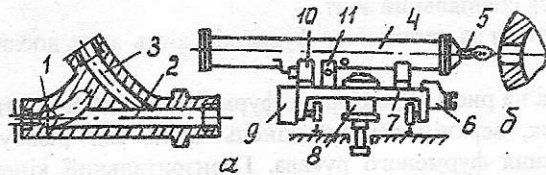


Рис. 5.17. Схеми фурми (а) і групової пневмоформувочної машини (б): 1-кульовий клапан; 2-канал для чищення; 3-канал дугтя; 4-пневмоциліндр з розподільвачем повітря; 5-ломик; 6-блок фіксації; 7-платформа; 8-блок закріплення; 9-механізм переміщення; 10, 11-система управління

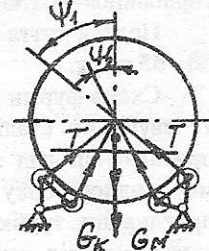


Рис. 5.18. До розрахунку привода конвертора

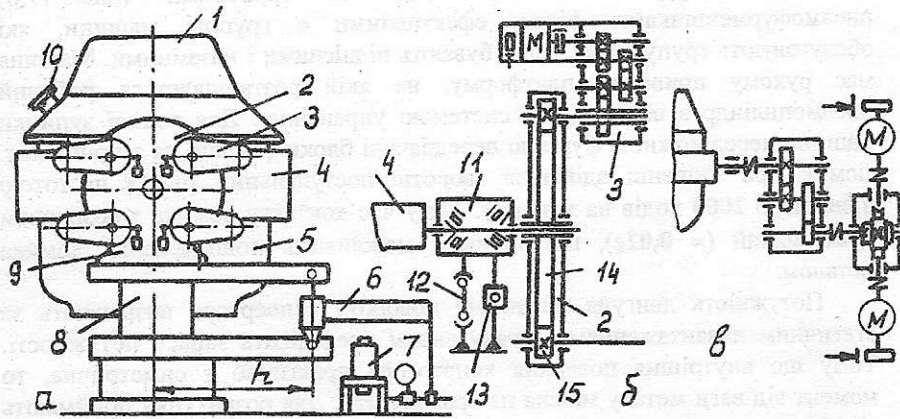


Рис. 5.19. Схема конвертора з багатодвигунним приводом (а) і приводів: навісного багатодвигунного (б) і стаціонарних (в, г): 1-горловина; 2-навісний тихохідний редуктор; 3-навісний привід; 4-опорне кільце; 5-кожух; 6-гідрравлічний демпфер; 7-джерело підпитки; 8-опори; 9-пружинний демпфер; 10-зливний носик; 11-підшипниковий вузол; 12, 13-опора з фіксатором; 14-центральне зубчасте колесо; 15-периферійна шестерня; 16, 18-двигун робочої і маршової швидкості; 17-електромагнітна муфта

K - коефіцієнт запасу потужності;
 η - загальний ККД механізму повороту.

6.2. Задачі

1. Визначте величину контактних напруг в опорних роликах (рис.5.16), якщо конвертор спирається на вісім роликів, $G_k=3,5$ МН;

$G_m=0,8$ МН; $\psi_1=45^\circ$; $\psi_2=30^\circ$; $D_6=4,5$ м; $D_p = 0,6$ м; $V=0,25$;
 $E_{np} = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; $\mu_n = 0,3$ (коефіцієнт Пуассона).

2. Установіть оптимальне значення кутів ψ_1 і ψ_2 розміщення роликкоопор з погляду достатньої стійкості конвертора (виключенням зіскакування бандажів з роликів) і мінімальних величин реакцій.
3. Визначте міжосьову відстань відкритої зубчастої передачі механізму поворота конвертора, якщо: $D_{зк} = 4352$ мм (зовнішній діаметр колеса), $h_z = 36$ мм (висота зуба); $i = 15$.
4. Визначте число обертів двигуна, яке він робить за один цикл повороту конвертора, якщо кутова усталена швидкість конвертора при трапецієвидному графіку руху: $\omega = 0,1$ рад/с; $t_p = 3$ с; $t_c = 20$ с; $t_r = 2$ с; $i_0 = 1000$ (загальне передаточне число).
5. За даними задач 1-4 визначте потужність двигуна конвертора, якщо: $\mu = 0,015$; $d = 0,15$ м; $k = 0,008$ м; $\beta = 1,5$; $K = 1,2 - 1,5$.

6.3. Контрольні запитання

1. Назвіть області використання горизонтальних конверторів.
2. Зарисуйте схему конвертора і поясніть принцип його дії.
3. Дайте пояснення до опорно-поворотної системи конвертора і охарактеризуйте її.
4. Коротко викладіть методику визначення потужності двигуна і привода конвертора.
5. Зарисуйте схеми фурми і пневмофурменщика і поясніть їх будову та принцип дії.
6. Дайте аналіз геометрії та кінематиці евольвентного циліндричного зчеплення.
7. Поясніть, як кількість зуб'їв впливає на форму останніх, що значить коригування зуб'їв.
8. Запишіть формулу для визначення енергії удару пневматичного ударного органу.
9. Поясніть, від яких параметрів залежить швидкість переміщення штока пневмоциліндра.
10. Назвіть устаткування, яке призначено слугувати джерелом стисненого повітря.

Тема 7. Устаткування вертикальних конверторів

7.1. Вертикальні конвертори застосовуються в кольоровій металургії (місткістю до 30т) для вищезгаданих процесів і в чорній металургії для виробництва конверторних сталей (місткістю 60, 100, 150, 250 і 400т).

Основні складові шихти для виробництва сталей - рідкий чавун, скрап, легуючі елементи.

Конвертори великої місткості відрізняються крупними габаритами корпусу (висота до 12м, діаметр до 8м), великою масою, яка досягає 2000 - 2500т, важкими умовами роботи механізму повороту і опорних вузлів [2]. На останні впливають великі статичні і динамічні навантаження. Сучасні конвертори складаються з циліндричної середньої частини, сферичного днища і концентричної горловини у вигляді зрізаного конуса. Середня циліндрична частина охоплюється сталевим масивним кільцем, яке в невеликих конверторах з'єднується з кожухом жорстко, а у великих - за допомогою шарнірних з'єднань. В кільця запресовуються сталеві ковані цапфи, якими конвертор спирається на підшипникові вузли стояків (рис.5.19). Положення осі обертання, як і в інших емкостях з рідким металом, із умов безпеки вибирається вище загального центра тяжіння конвертора.

У вертикальному конверторі створюється більш інтенсивне перемішування маси розплаву (одна фурма вводиться через горловину), відпадає необхідність ручного чищення фурм і використання пристроїв аварійного повороту. Найбільшим недоліком цих конверторів є застосування високого тиску і збільшення пиловиносу.

Механізм повороту є найбільш відповідальною частиною конвертора. Існує велика різноманітність конструктивних схем механізмів. На рис.5.19,а,б показана схема конвертора з багатодвигунним приводом. В цьому випадку на одній чи двох цапфах підвішується вільно спеціальний силовий редуктор з декількома підвісними приводами, які мають триступінчаті редуктори і фланцеві двигуни постійного струму. Кожний із приводів наділяється пружинним амортизаційним пристроєм (демпфером). Гідравлічним демпфером наділяється і силовий редуктор. Це забезпечує плавність ходу при пусках і зупинках, зменшення динамічних навантажень, діючих на привод і конвертор в цілому.

В СНД навісними приводами обладнані конвертори місткістю 30, 50, 100, 160, 300 - 350 і 350 - 400т. Конвертор місткістю 100т має односторонній восьмидвигунний привод, а конвертори місткістю 160, 300 - 350 і 350 - 400т - однотипні навісні приводи з однаковими параметрами: 160т - односторонній шестидвигунний, 300 - 350 і 350 - 400т - двосторонні дванадцятидвигунні. Потужність двигунів становить 60кВт при частоті обертання 950хв^{-1} . В порівнянні зі старими конструкціями стаціонарних приводів (рис.5.19,в,г) навісний має такі позитивні якості: малі габарити і маси; зручність і простота монтажу; здатність гасити ударні навантаження в з'єднаннях і зчепленні; висока надійність.

Потужність двигуна механізму повороту конвертора визначають за навантажувальною діаграмою.

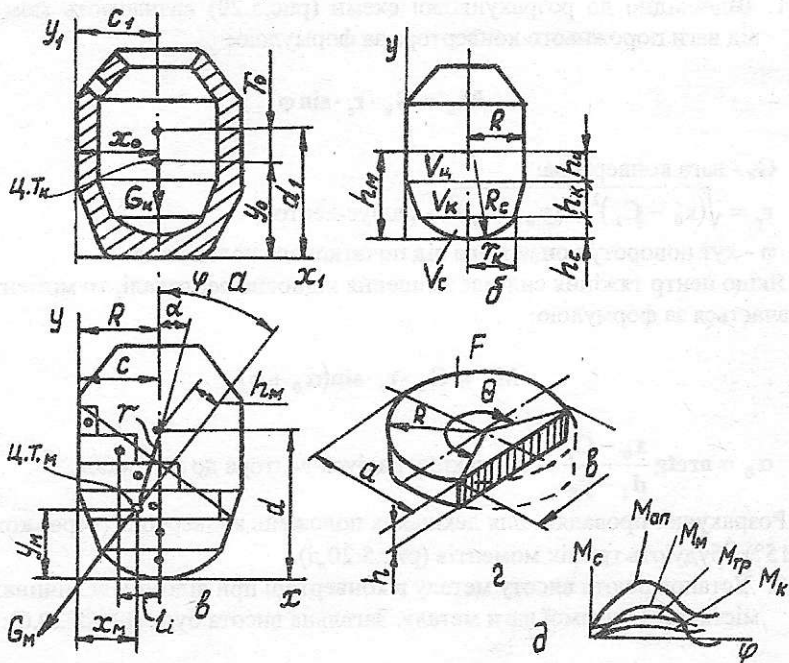


Рис. 5.20. До розрахунку привода конвертора: а-до визначення моменту від ваги конвертора; б-до визначення висоти металу; в-до визначення моменту від ваги металу; г-циліндричний сегмент; д-графік статичних моментів

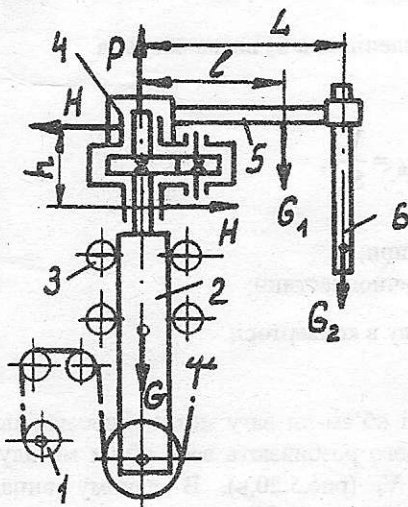


Рис. 5.21. Принципова і розрахункова схеми фурменої установки: 1-лебідка; 2-рухома колона; 3-направляючі ролики; 4-поворотна голівка; 5-рукав; 6-фурма

Порядок розрахунку такий:

1. Відповідно до розрахункової схеми (рис.5.20) визначають момент від ваги порожнього конвертора за формулою:

$$M_k = G_k \cdot r_c \cdot \sin \varphi,$$

де G_k - вага конвертора;

$$r_c = \sqrt{(x_0 - C_1)^2 + (y_0 - d_1)^2} - \text{радіус-вектор};$$

φ - кут повороту конвертора від початкового положення.

Якщо центр тяжіння сил має зміщення відносно вертикалі, то момент визначається за формулою:

$$M_k = G_k \cdot r_c \cdot \sin(\alpha_0 + \varphi),$$

де $\alpha_0 = \arctg \frac{x_0 - C_1}{d_1 - y_0}$ - кут нахилу радіуса-вектора до вертикалі.

Розрахунки провадять для декількох положень конвертора (через кожні 10 - 15°) і будують графік моментів (рис.5.20,д).

2. Установлюють висоту металу в конверторі при відомих величинах місткості і питомої ваги металу. Загальна висота буде (рис.5.20,б):

$$h_m = h_c + h_k + h_{\text{ц}},$$

де h_c , h_k , $h_{\text{ц}}$ - висота сегмента, конічної частини днища, циліндричної частини конвертора.

Висоти h_c і h_k визначають за кресленням, а $h_{\text{ц}}$ визначають за формулою:

$$h_{\text{ц}} = \frac{V_{\text{ц}}}{S_{\text{ц}}},$$

де $S_{\text{ц}}$ - площа циліндричної частини;

$V_{\text{ц}} = V - V_c - V_k$ - об'єм циліндричної частини;

$V = \frac{G_m}{\gamma}$ - загальний об'єм металу в конверторі;

γ - питома вага металу.

3. Визначають центри тяжіння і об'єм чи вагу металу для декількох положень конвертора. Для цього розбивають весь об'єм металу на окремі елементарні об'єми V_i (рис.5.20,в). В даному випадку одержали об'єми сферичного сегмента V_c , зрізаного конуса V_k та ряд неправильних циліндричних сегментів $V_{\text{цсі}}$. Величини V_c , V_k і їх центри тяжіння визначають за допомогою довідкової літератури. Неправильні циліндричні сегменти перетворюють в правильні

шляхом відсікання і додавання рівноцінних об'ємів металу. Такий сегмент показано на рис.5.20,г. Розрізняють два вида сегментів: сегменти з центральним кутом θ менше 180° і сегменти $\theta > 180^\circ$. Для першої групи сегментів об'єм і відстань між віссю конвертора і центром тяжіння сегментів визначаються за формулами:

$$V_{\text{ис}} = f \cdot R^2 \cdot h ; \ell = \frac{v^3 R}{12 \cdot f},$$

а для другої групи - за формулами:

$$V'_{\text{ис}} = (\pi - f') \cdot R^2 \cdot h ; \ell' = \frac{v^3 R}{12(\pi - f')},$$

де f, f' - одиничні площі основного і допоміжного (відсіченого) сегментів (вибираються за довідковими таблицями в залежності від a, v, θ).

Після визначення окремих об'ємів обчислюють їх сумарні значення V' і порівнюють з початковим об'ємом V (для випадку, коли метал ще не почав зливатися). Якщо $V' < V$, то лінію, яка обмежує поверхню металу, проводять (на кресленні) вище (для цього розрахункова схема виконується строго в масштабі) і, навпаки, якщо $V' > V$, то цю лінію проводять нижче і продовжують перераховування доти, поки $V' = V$. Задача спрощується лише тоді, коли метал почне зливатися через випускний отвір. В цьому випадку вже достатньо провести лінію поверхні металу від зливного отвору під певним кутом нахилу ϕ конвертора.

Після того, як визначились з рівністю об'ємів, установлюють координати загального центра тяжіння металу за формулами:

$$x_m = \frac{\sum V_i \cdot x_i}{\sum V_i}, \quad y_m = \frac{\sum V_i \cdot y_i}{\sum V_i}.$$

4. Визначають момент від ваги металу

$$M_m = G_m \cdot r \cdot \sin(\phi - \alpha), \quad r = \sqrt{(c - x_m)^2 + (d - y_m)^2};$$

$$\alpha = \arctg \frac{c - x_m}{d - y_m}.$$

За одержаними значеннями будують графік (рис.5.20,д).

5. Визначають момент від сил тертя в цапфах також для відповідних положень конвертора:

$$M_{\text{тр}} = Q \cdot \mu \cdot r_{\text{ц}},$$

де Q - повне навантаження на цапфи;
 μ - коефіцієнт тертя ковзання;
 r_n - радіус цапфи.

6. Визначають загальний статичний момент на валу двигуна:

$$M_c = \frac{M_k + M_m + M_{тр}}{i \cdot \eta},$$

де i, η - загальне передаточне число і ККД привода.

7. Здійснюють перевод залежності $M_c = f_1(\varphi)$ в залежність $M_c = f_2(t)$ за викладеною раніше методикою.

Далі розрахунок провадиться за відомою методикою.

7.2. Фурмені установки та їх розрахунок

Ці установки призначаються для введення кисню в конвертор через водоохолоджуючу фурму, яка має вертикальне і горизонтальне переміщення. Це необхідно для вводу фурми в конвертор при дутті й виводу її з конвертора після закінчення дуття, а також для заміни фурми при виведенні її з ладу. Установки бувають двох типів: з верхнім (над конвертором) і нижнім (на робочій площадці) розташуванням. Установки першого типу, в свою чергу, бувають стаціонарні, пересувні і поворотні, а другого - стаціонарні (консольно-поворотні чи хитні).

На рис.5.21 показана схема поворотної установки. Вертикальне переміщення фурма одержує від канатного привода через вертикально рухому колонну. Для можливості повороту фурма за допомогою рукава кріпиться до поворотної головки, яка приводиться в дію через зубчасту передачу від електромеханічного привода.

В даній установці викликає інтерес розрахунок механізму повороту фурми. Двигун тут вибирають за статичним навантаженням, але з дальшою його перевіркою на переобтяження з врахуванням статичних і динамічних навантажень.

Потужність двигуна витрачається на подолання сил тертя в опорах. Момент від сил тертя буде:

$$M_{тр} = P \cdot \mu \cdot 0,5d_1 + 2H \cdot \mu \cdot 0,5 \cdot d_2,$$

де P, H - реакції у відповідних опорах;

μ - коефіцієнт тертя ковзання;

d_1, d_2 - діаметри відповідних цапф.

Для визначення P і H складають два рівняння статички:

$$\sum P_x = 0, \sum M_0 = 0.$$

Статичний момент на валі буде:

$$M_c = \frac{M_{\text{тр}}}{i \cdot \eta},$$

де i, η - загальне передаточне число і ККД привода.

За одержаним значенням M_c визначають потужність, а за допомогою довідника вибирають відповідний двигун.

Динамічний момент визначають за формулою:

$$M_d = \left(\delta \frac{GD_n^2}{4g} + \frac{G_1 \cdot \ell^2}{g \cdot i^2 \cdot \eta} + \frac{G_2 \cdot L^2}{i^2 \cdot \eta} \right) \cdot \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot t_{p(r)}},$$

де G_1, G_2 - відповідно вага рукава і фурми;

δ - коефіцієнт, враховуючий момент обертових частин привода;

$t_{p(r)}$ - час розгону (гальмування) двигуна.

7.3. Приклад розрахунку потужності двигуна механізму повороту конвертора

Розглянемо приклад для конвертора місткістю 60т зі стаціонарним приводом і двома двигунами постійного струму МП-82, один із яких є резервним (проте при розрахунку враховується його маховий момент) GD_n^2 .

Вихідні дані (рис.5.22): $G_k = 1,8\text{МН}$; $G_m = 0,6\text{МН}$; $x_0 = 2,17\text{м}$; $y_0 = 2,83\text{м}$; $c_1 = 2,17\text{м}$; $d_1 = 2,92\text{м}$; $c = 1,425\text{м}$; $d = 2,23\text{м}$; $R_1 = 1,425\text{м}$; $R_c = 5,19\text{м}$; $r_k = 1,234\text{м}$; $h_c = 0,15\text{м}$; $h_k = 1,125\text{м}$; $\gamma = 0,07\text{МН} \cdot \text{м}^3$; $r_n = 0,375\text{м}$; $i_0 = 564$; $n_{\text{дв}} = 47,5 \dots 475 \text{хв}^{-1}$ (діапазон регулювання обертів 1...10), $\eta = 0,8$; $\mu = 0,1$; $t_p = 2,5\text{с}$; $t_r = 1,5\text{с}$.

Розрахунок провадимо в черзі, яка викладена в пункті 7.1 для $\varphi = 30^\circ$.

1. Відстань між центром тяжіння порожнього конвертора і віссю його обертання (рис.5.20,а).

$$r_c = d_1 - y_0 = 2,92 - 2,83 = 0,09\text{м}.$$

Тоді момент від ваги конвертора:

$$M_k = 1,8 \cdot 0,09 \cdot \sin 30^\circ = 1,8 \cdot 0,09 \cdot 0,5 = 0,081\text{Н} \cdot \text{м}.$$

Аналогічні розрахунки провадяться для інших значень φ . За наслідками розрахунків будують графік $M_k = f(\varphi)$.

2. Висоту металу в конверторі визначаємо відповідно до схеми (рис.5.20,б). Об'єм металу в конверторі:

$$V_m = \frac{0,6}{0,07} = 8,57\text{м}^3.$$

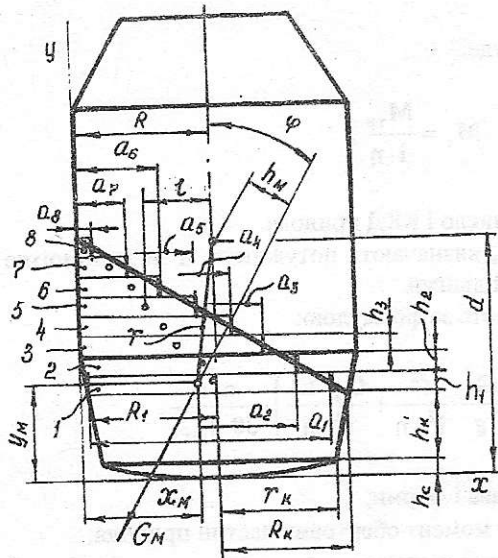


Рис. 5.22. До визначення моменту від ваги металу

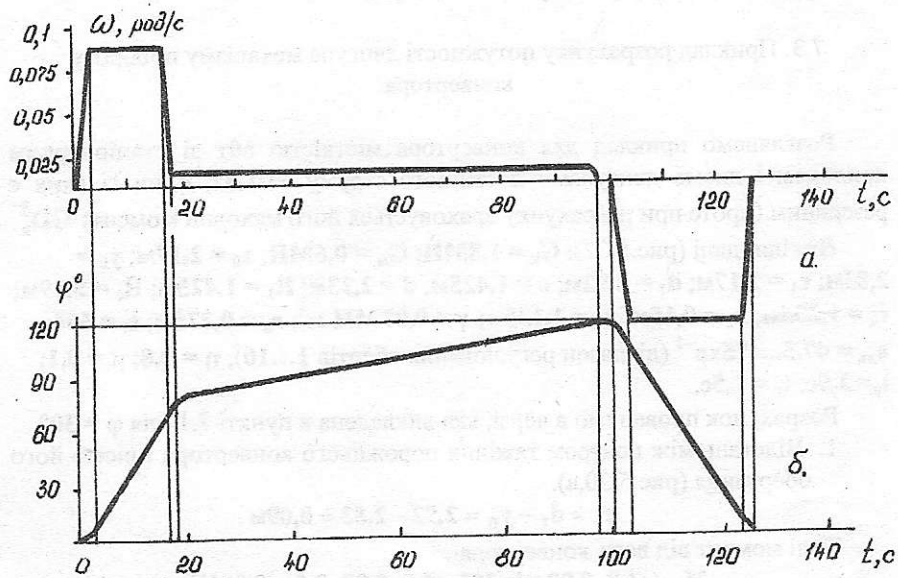


Рис. 5.23. Графіки $\omega=f_1(t)$ (а) і $\varphi=f_2(t)$ (б)

Об'єм металу в циліндричній частині:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{ц}} &= V_{\text{м}} - V_{\text{с}} - V_{\text{к}} = 8,57 - \frac{1}{3} \pi \cdot h_{\text{с}}^2 (3R_{\text{с}} - h_{\text{с}}) - \frac{1}{3} \pi \cdot h_{\text{к}} (R^2 + R \cdot r_{\text{к}} + r_{\text{к}}^2) = \\
 &= 8,57 - \frac{1}{3} 3,14 \cdot 0,15^2 (3 \cdot 5,19 - 0,15) - \frac{1}{3} 3,14 \times
 \end{aligned}$$

$$\times 1,125(1,425^2 + 1,425 \cdot 1,234 + 1,234^2) = 8,57 - 0,364 - 6,26 = 1,946 \text{ м}^3.$$

Площа:

$$S_{\pi} = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 1,425^2 = 4,806 \text{ м}^2.$$

Тоді:

$$h_{\pi} = \frac{1,946}{S_{\pi}} = \frac{1,946}{4,806} = 0,305 \text{ м}.$$

Повна висота:

$$h = 0,15 + 1,125 + 0,305 = 1,58 \text{ м}.$$

3. Схема для визначення об'єма і центра тяжіння металу показана на рис.5.22 і виконується строго в масштабі (тому що з неї беруть деякі параметри). Кут повороту конвертора для цього випадку також приймаємо $\varphi = 30^\circ$. Проводимо орієнтовно лінію поверхні металу і об'єм металу розбиваємо на окремі об'єми. З деякими припущеннями сегменти 1 - 8 замінюємо на циліндричні радіусами R_i і стрілками a_i . Товщина сегментів для цього випадку становить 0,2 м.

Для прикладу визначимо об'єми двох сегментів з центральним кутом: $\theta < 180^\circ$ (сегмент 7) і $\theta > 180^\circ$ (сегмент 3). За значеннями $R_7 = 1,425 \text{ м}$ і $a_7 = 0,5$ (береться зі схеми) і $a'_7 = a_7/R_7 = 0,5/1,425 = 0,35$ і довідковою таблицею одержуємо: $v_7 = 1,52$ і $f_7 = 0,37$.

Тоді об'єми циліндричного сегмента 7:

$$V_{\text{цс}7} = 0,37 \cdot 1,425^2 \cdot 0,2 = 0,15 \text{ м}^3.$$

Для визначення об'єму сегмента 3 необхідно знайти площу відсіченого сегмента f' і хорду v . В цьому випадку $R_3 = 1,425 \text{ м}$; $a_3 = 1,9 \text{ м}$; $v_3 = 1,88 \text{ м}$; $f'_3 = 0,9$.

Тоді:

$$V_{\text{цс}3} = (3,14 - 0,9) \cdot 1,425^2 \cdot 0,2 = 0,91 \text{ м}^3.$$

Аналогічно визначено:

$$V_{\text{цс}1} = 1,16 \text{ м}^3; V_{\text{цс}2} = 1,04 \text{ м}^3; V_{\text{цс}4} = 0,72 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{цс}5} = 0,512 \text{ м}^3; V_{\text{цс}6} = 0,322 \text{ м}^3; V_{\text{цс}8} = 0,027 \text{ м}^3.$$

Об'єм металу восьми циліндричних сегментів:

$$V_{\text{цс}} = 1,16 + 1,04 + 0,91 + 0,72 + 0,512 + 0,322 + 0,15 + 0,027 = 4,841 \text{ м}^3.$$

Об'єми металу в зрізаному конусі (висота $h'_k = 0,65 \text{ м}$; $R = 1,123 \text{ м}$ беруться із схеми, а формула наведена вище):

$$V_k = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,65(1,23^2 + 1,234 \cdot 1,34 + 1,34^2) = 3,36 \text{ м}^3.$$

Об'єм сферичного сегмента при $\varphi = 30^\circ$ зберігається і становить: $V_c = 0,364 \text{ м}^3$.

Сумарний об'єм:

$$V_{\text{мр}} = 0,364 + 3,36 + 4,841 = 8,565 \text{ м}^3.$$

Тому що розрахунковий об'єм $V_{\text{пр}} = 8,565\text{м}^3$ практично дорівнює фактичному $V_{\text{м}} = 8,57\text{м}^3$, то можна розпочати дальший етап розрахунку - визначення центра тяжіння металу.

Для тих же циліндричних сегментів (3 і 7) відстань між віссю обертання конвертора і центрами їх тяжіння становить:

$$\ell_3 = \frac{1,88^3 \cdot 1,425}{12(3,14 - 0,9)} = 0,352\text{м}; \quad \ell_7 = \frac{1,52^3 \cdot 1,425}{12 \cdot 0,37} = 1,127\text{м}.$$

Відповідно координати центрів тяжіння по осі x для цих сегментів:

$$x_{\text{цс}_3} = R - \ell_3 = 1,425 - 1,352 = 1,073\text{м}; \quad x_{\text{цс}_7} = 1,425 - 1,127 = 0,298\text{м}.$$

Аналогічно визначено $x_{\text{цс}_1} = 1,372\text{м}$, $x_{\text{цс}_2} = 1,23\text{м}$, $x_{\text{цс}_4} = 0,909\text{м}$, $x_{\text{цс}_5} = 0,705\text{м}$; $x_{\text{цс}_6} = 0,51\text{м}$; $x_{\text{цс}_8} = 0,089\text{м}$.

Координати центра тяжіння сегментів по осі y:

$$y_{\text{цс}_1} = h_c + h'_k + \frac{h}{2} = 0,15 + 0,65 + \frac{0,2}{2} = 0,9\text{м};$$

$$y_{\text{цс}_2} = y_{\text{цс}_1} + h = 0,9 + 0,2 = 1,1\text{м};$$

$$y_{\text{цс}_3} = y_{\text{цс}_2} + h = 1,1 + 0,2 = 1,3\text{м};$$

$$y_{\text{цс}_4} = 1,5\text{м};$$

$$y_{\text{цс}_5} = 1,7\text{м};$$

$$y_{\text{цс}_6} = 1,9\text{м};$$

$$y_{\text{цс}_7} = 2,1\text{м};$$

$$y_{\text{цс}_8} = 2,3\text{м}.$$

Координати загального центра тяжіння восьми сегментів:

$$x_{\text{цс}} = \frac{\sum V_{\text{цс}_i} \cdot x_{\text{цс}_i}}{\sum V_{\text{цс}_i}} = 1,05\text{м}, \quad y_{\text{цс}} = \frac{\sum V_{\text{цс}_i} \cdot y_{\text{цс}_i}}{\sum V_{\text{цс}_i}} = 1,2\text{м}.$$

Координати тяжіння сферичного сегмента:

$$y_c = R_c - \frac{3(2R_c - h_c)^2}{4(3R_c - h_c)} = 5,19 - \frac{3(2 \cdot 5,19 - 0,15)^2}{4(3 \cdot 5,19 - 0,15)} = 0,1\text{м}.$$

Координати зрізаного конуса:

$$y_k = h_c + h'_k + \frac{h'_k}{4} \left(\frac{R_k^2 + 2R_k \cdot r_k + 3r_k^2}{R_k^2 + R_k \cdot r_k + r_k^2} \right) =$$

$$= 0,15 + 0,65 - \frac{0,65}{4} \left(\frac{1,34^2 + 2 \cdot 1,34 \cdot 1,23 + 3 \cdot 1,23^2}{1,34^2 + 1,34 \cdot 1,23 + 1,23^2} \right) = 0,48\text{м}.$$

Тоді координати центра тяжіння всього об'єму металу в конверторі будуть:

$$x_{\text{м}} = \frac{\sum V_i \cdot x_i}{\sum V_i} = \frac{0,364 \cdot 1,425 + 3,36 \cdot 1,425 + 4,841 \cdot 1,05}{8,565} = 1,21\text{м};$$

$$y_{\text{м}} = \frac{\sum V_i \cdot y_i}{\sum V_i} = \frac{0,364 \cdot 0,1 + 3,36 \cdot 0,48 + 4,841 \cdot 1,21}{8,565} = 0,875\text{м}.$$

4. Визначаємо відстань між центром тяжіння металу і віссю обертання конвертора:

$$r = \sqrt{(1,425 - 1,21)^2 + (2,23 - 0,875)^2} = 1,375 \text{ м}$$

і кут α нахилу вектора r до вертикалі:

$$\alpha = \arctg \frac{1,425 - 1,21}{2,23 - 0,875} = 8^\circ 58'$$

5. Тоді момент від ваги металу буде:

$$M_m = 0,6 \cdot 1,375 \cdot (30^\circ - 8^\circ 58') = 0,296 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

За рядом одержаних значень M_{m_i} будуємо графік $M_m = f(\varphi)$ (рис.5.20,д).

6. Загальний статичний момент, приведений до вала двигуна,

$$M_c = \frac{0,081 + 0,296 + 0,09}{564 \cdot 0,8} = 1,035 \cdot 10^{-3} \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Будуємо графік $M_c = f_1(\varphi)$ (рис.5.20,д). На графіку змінення M_c при нахилі конвертора в бік зливання металу позначено жирною лінією, а значення M_c при поверненні конвертора у вихідне положення - пунктирною лінією.

7. Для побудови навантажувальної діаграми необхідно виконати перетворення залежності $M_c = f_1(\varphi)$ в залежність $M_c = f_2(t)$. З цією метою необхідно перш мати залежність $\varphi = f(t)$, яку одержують шляхом обчислення площі графіка кутової швидкості (рис.5.23,а). Графічний метод перетворення залежності $M_c = f_1(\varphi)$ показано на рис.5.24.

8. Динамічні моменти в період неусталеного руху при розгоні і гальмуванні двигуна.

9. За сумарним (статичним і динамічним) навантаженням будуємо навантажувальну діаграму двигуна $M_{дв} = f(t)$ (рис.5.25).

10. Еквівалентний момент відповідно до діаграми буде:

$$M_e = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + \frac{M_2^2 + M_2 M_3 + M_3^2}{3} \cdot t_2 + M_4^2 t_3 + \frac{M_5^2 + M_5 M_6 + M_6^2}{3} \cdot t_4 + \frac{M_6^2 + M_6 M_7 + M_7^2}{3} \cdot t_5 + \frac{M_7^2 + M_7 M_8 + M_8^2}{3} \cdot t_6 + \frac{M_8^2 + M_8 M_9 + M_9^2}{3} \cdot t_7 + M_{10}^2 \cdot t_8 + M_{11}^2 \cdot t_9 + M_{12}^2 \cdot t_{10} + (-M_{13})^2 \cdot t_{11} + \frac{(-M_{13})^2}{3} \cdot t_{12} + \frac{M_{14}^2}{3} \cdot t_{13} + (-M_{15})^2 \cdot t_{14}}{t_y + \beta_1 \cdot t_{ny} + \beta_2 \cdot t_n}} =$$

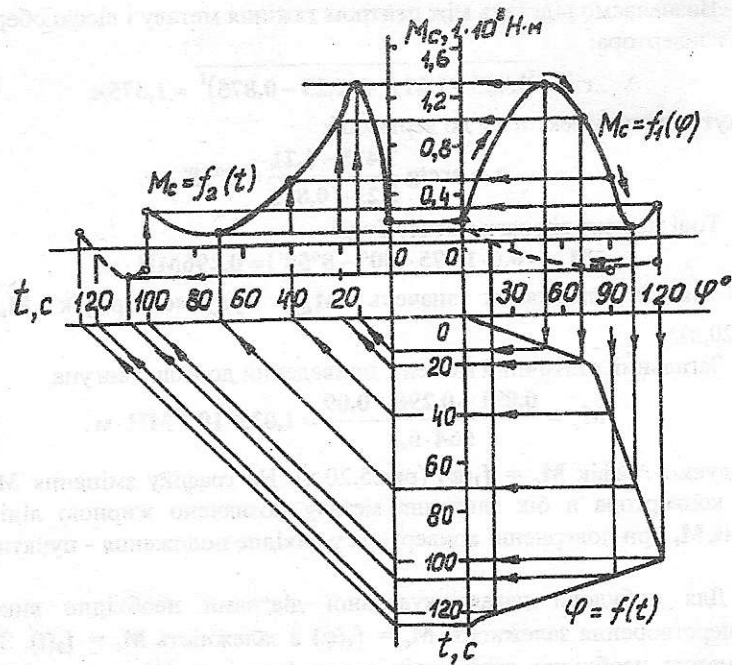


Рис. 5.24. До перетворення $M_c = f_1(\varphi)$ в $M_c = f_2(t)$

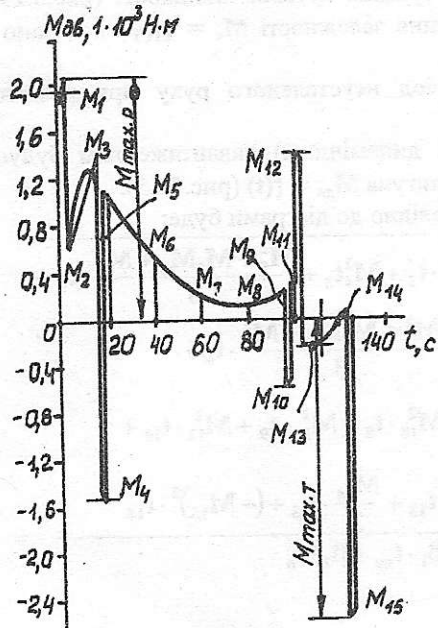


Рис. 5.25. Навантажувальна діаграма двигуна

$$\begin{aligned}
& \frac{1,94^2 \cdot 2,5 + \frac{0,6^2 + 0,6 \cdot 1,4 + 1,4^2}{3} \cdot 14,5 + 1,5^2 \cdot 1,5 +}{3} \\
& + \frac{1,12^2 + 1,12 \cdot 0,52 + 0,52^2}{3} \cdot 21,5 + \frac{0,52^2 + 0,52 \cdot 0,18 + 0,18^2}{3} \cdot 20 + \\
& + \frac{0,18^2 + 0,18 \cdot 0,072 + 0,072^2}{3} \cdot 20 + \frac{0,072^2 + 0,072 \cdot 0,216 + 0,216^2}{3} \times \\
& \times 16,5 + 0,56^2 \cdot 1 + 0,30^2 \cdot 2 + 1,4^2 \cdot 2,5 + (-0,22)^2 \cdot 9,5 + \frac{(-0,22)^2}{3} \cdot 8 + \\
& + \frac{0,08^2}{3} \cdot 4,3 + (-2,56)^2 \cdot 1,5 \\
= & \frac{\phantom{1,94^2 \cdot 2,5 + \frac{0,6^2 + 0,6 \cdot 1,4 + 1,4^2}{3} \cdot 14,5 + 1,5^2 \cdot 1,5 +}}{32 + 0,5 \cdot 90 + 0,75 \cdot 2} = \\
= & \sqrt{\frac{62,005}{78,5}} = 0,8887 \text{кН} \cdot \text{м};
\end{aligned}$$

$$M_c = 888,7 \text{Н} \cdot \text{м}.$$

Тут $t_{\text{нy}}$ - час неусталеного і уповільненого руху ;

$\beta_1 = 0,75$ і $\beta_2 = 0,5$ – коефіцієнти, які враховують погіршення умов охолодження двигуна при уповільненій швидкості і при зупинках.

11. Еквівалентна потужність двигуна:

$$N_c = \frac{857,4 \cdot 475}{9550} = 44,2 \text{кВт}.$$

12. Остаточо вибираємо двигун потужністю **50кВт** при $n = 475 \text{хв}^{-1}$,
 $M_n = 1005 \text{Н} \cdot \text{м}$.

13. Перевіряємо двигун на переобтяження (для двигунів типа МП допустимий коефіцієнт $[\lambda] = 5 \dots 5,5$) за формулою:

$$\lambda = \frac{M_{\text{max}}}{M_n} \leq [\lambda]$$

в період розгону: $\lambda = 2080/1050 = 2,07 < 5$, в період гальмування: $\lambda = 2600/1005 = 2,59 < 5$.

Як бачимо із розрахунків, двигун потужністю **50кВт** в період розгону і гальмування має достатньо великий запас потужності.

Фактична потужність двигуна становить **100кВт** і, отже, він має ще більший коефіцієнт запасу. Установити причини вибору двигуна такої потужності неможливо із-за відсутності необхідних відомостей. В той же час, якщо б задача зводилась до початкового розрахунку потужності, то перед визначенням динамічних навантажень належало б визначити попередню еквівалентну потужність за статичним навантаженням. Це необхідно для того, щоб одержати орієнтовне значення махового момента якоря двигуна.

7.4. Задачі

1. Визначте за даними прикладу величину осадки (деформації) гідравлічного демпфера в період гальмування привода конвертора, якщо $h = 3,5\text{ м}$; $C = 50\text{ МН/м}$ (жорсткість демпфера).
2. За графіком $M_c = f_2(t)$ (приклад розрахунку) визначте еквівалентні момент та потужність двигуна.
3. За даними прикладу визначте напругу, яка виникає в шпонковому з'єднанні вала двигуна, якщо: $d = 60\text{ мм}$ (діаметр вала); $l_p = 80\text{ мм}$ (робоча довжина шпонки); $h = 11\text{ мм}$ (висота шпонки); $t = 7\text{ мм}$ (висота шпонки, яка виступає із вала); $b = 18\text{ мм}$ (ширина).
4. За даними прикладу і задачі 2 визначте окружні, радіальні та осеві зусилля, які виникають в черв'яку черв'ячного редуктора (рис.5.19,в), якщо $d = 80\text{ мм}$ (діаметр ділильної окружності черв'яка).
5. Визначте крутний момент відносно осі барабана механізму підйому колони (рис.5.21), якщо $G = 120\text{ кН}$; $G_1 = 18\text{ кН}$; $G_2 = 15\text{ кН}$; $\eta_n = 0,98$ (ККД блока), $\eta_6 = 0,97$ (ККД барабана), $R_6 = 0,55\text{ м}$; $\beta = 1,2$ (коефіцієнт, враховуючий опір переміщенню колони в направляючих роликах).

7.5. Контрольні запитання

1. Поясніть призначення і принцип дії вертикального конвертора.
2. Зарисуйте схему конвертора і поясніть будову і призначення його основних вузлів і механізмів.
3. Зарисуйте схеми механізмів повороту конверторів зі стаціонарними і навісними приводами.
4. Поясніть призначення демпферів і принцип їх дії, як змінюється величина приведеної жорсткості при послідовній і паралельній установці пружних елементів.
5. Перерахуйте і проаналізуйте позитивні якості навісних приводів.
6. Опишіть послідовність монтажу навісного привода і перерахуйте необхідні для цього оснащення і устаткування.
7. Викладіть методику визначення потужності двигуна механізму повороту фурми.
8. Зарисуйте принципову схему фурменої установки, поясніть її будову та принцип дії.
9. Викладіть методику визначення потужності двигуна механізму повороту фурми.
10. Дайте оцінку конвертору з екологічного погляду.

Тема 8. Устаткування руднотермічних печей

8.1. Руднотермічні печі (РТП) широко використовуються як в кольоровій, так і чорній металургії. В кольоровій металургії РТП застосовують для плавлення і рафінування при виробництві міді, нікелю, кремнію, силікоалюмінію, олова, цинку, свинцю, титанистих і кобальтових шлаків та інших. В чорній металургії РТП застосовуються для виробництва феросплавів. За споживаною потужністю РТП розділяються на такі групи:

1. малої потужності (1,0 - 2,5МВА)
2. середньої потужності (5 - 12МВА)
3. великої потужності (16,5 - 100МВА).

За технологічною схемою їх розділяють на відкриті (РКО, РПО), закриті (РКЗ, РПЗ) і напівзакриті. В залежності від форми ванни вони бувають круглими (РКЗ, РКО) і прямокутними (РПО, РПЗ). За способом установа ванни розпізнають печі з нерухомою і рухомою ваннами.

Для плавлення мідних і мідно-нікельових руд і концентратів використовують прямокутні стаціонарні закриті печі з трьома і шістьма електродами (потужність до 48МВА), для виробництва кремнію і силікоалюмінію - печі типу РКО-16,5 (потужність 16,5МВА) з обертовою ванною, для феросплавів - переважно печі типів РКО-16,5 і РКЗ-16,5 з обертовою ванною, для титанистих і кобальтових шлаків - стаціонарні печі закритого типу потужністю 2,5 - 15МВА [3].

Схема типової печі РКО-16,5 показана на рис.5.26. Завантажують печі машинами кидального типу (частіше стрічковими). Колошник обслуговують опіковочними машинами. Продукти плавки випускають через одну чи декілька льоток, для обслуговування яких застосовуються пушки і пропальовальні машини. Основними виконавчими механізмами РТП є механізми переміщення та перепуску електродів, обертання ванни.

8.2. Механізми переміщення електродів. В процесі плавки електроди переміщують з метою підтримання необхідного режиму плавлення шихти. В останні роки широкого поширення набули гідравлічні механізми, які відрізняються компактністю (рис.5.27). Механізми мають гідропідйомник, який складається з двох плунжерних гідроциліндрів і рухомої траверси, і маслостанцію зі слідкуючим золотником.

Гідроциліндри розраховують при їх переміщенні вгору і подоланні сил тяжіння електрода G_e , несучого циліндра $G_{ц}$, нижньої G_n і верхньої G_v траверс, електродотримача $G_{ед}$ і механізму перепуску $G_{п}$. При розрахунках задаються величиною робочого тиску p_p в гідроциліндрах. Тоді площа плунжера одного гідроциліндра буде:

$$S = \frac{G_e + G_{ц} + G_v + G_{п} + G_{ед} + G_n}{2p_p \cdot \eta_{ц} \cdot \eta_p}$$

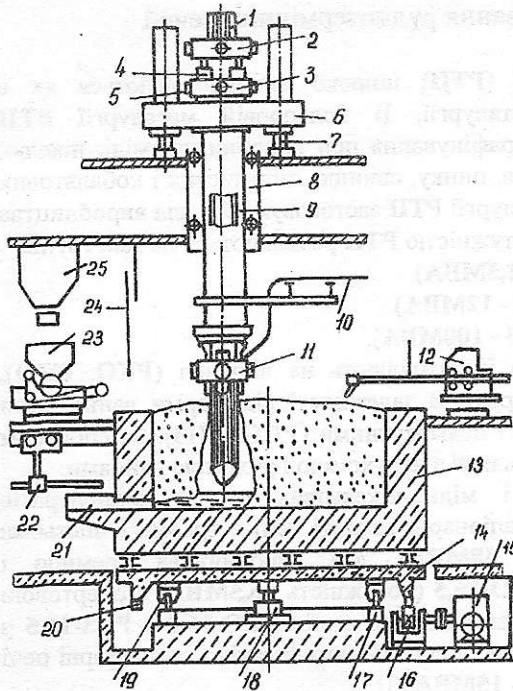


Рис. 5.26. Схема печі РКО-16,5: 1-електрод; 2,3-верхнє і нижнє затискні кільця; 4,7-гідроциліндри поршневі і плунжерні; 5-гідропружинні букси; 6-рухома траверса; 8-направляючий циліндр; 9-несучий циліндр (мантель); 10-струмопідвід; 11-натискне кільце; 12-опіковочна машина; 13-ванна; 14-залізобетонна платформа; 15-привод механізму обертання; 16-приводна шестерня; 17-кругова-рейка; 18-центрувальна вісь; 19-опорні катки; 20-зубчастий вінець; 21-льотка; 22-пропалювальна машина; 23-завальна машина; 24-шторне укриття; 25-видатковий бункер

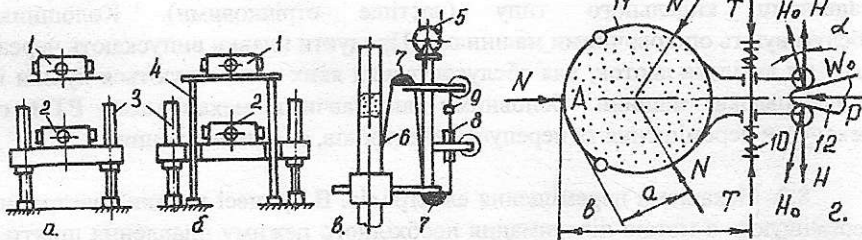


Рис. 5.27. Схеми механізмів переміщення і перепуску електродів: а, б-гідравлічні механізми; в-механізм "стрічкове гальмо"; г-ключовий затискувач; 1, 2-верхнє і нижнє затискні кільця; 3-гідроциліндри; 4-направляючі стояки; 5-механізм переміщення; 6-сталева стрічка; 7-фрикціони; 8-затискувач; 9-упор; 10-пружини; 11-кльщі; 12-клин

де $\eta_{\text{г}}$ - ККД гідроциліндра;
 $\eta_{\text{р}}$ - ККД роликів направляючого циліндра.
 Тиск, який розвиває насос, має бути не менше (МПа):

$$P_{\text{н}} = P_{\text{р}} + P_{\text{в}},$$

де $P_{\text{в}}$ - втрати тиску в гідросистемі після насоса.
 Величина цих втрат може бути визначена за емпіричною формулою:

$$p_n = 0,072 \left(\frac{v}{d^2} \right) \cdot \ell_{np},$$

де v - швидкість руху масла в трубах, м/с;

d - внутрішній діаметр труби, мм;

ℓ_{np} - приведена довжина труб;

$$\ell_{np} = l + 1350 \cdot d \cdot R_e^{0,048} \cdot \sum K_1, \text{мм},$$

ℓ - фізична довжина труб, м;

K_1 - коефіцієнт приведення $\left(K_1 = 0,5 \dots 0,45 \cdot \left[\frac{d_i}{d} \right]^2 \right)$;

d_i - діаметр місцевого опору, мм;

R_e - критерій Рейнольдса.

Якщо відомі подача насоса Q_n (м³/с) і тиск p_n (Н/м²), то можна визначити потужність електродвигуна насоса за формулою (кВт):

$$N = \frac{p_n \cdot Q_n}{1000 \cdot \eta_n}$$

де η_n - ККД насоса.

На старих печах застосовуються гвинтові, канатні і ланцюгові механізми переміщення з електромеханічним приводом. Методика їх розрахунку подібна методиці розрахунку вантажопідйомних машин.

8.3. Механізми перепуску електродів

В міру згорання електродів виникає необхідність їх перепуску, тобто зміщення електродів вниз відносно контактних шпиків. Найбільшого поширення на крупних РТП набули гідравлічні механізми. На рис.5.26 показано механізм з розміщенням обох затискних кілець на рухомій траверсі гідропідйомника. В процесі роботи електрод затиснуто обома кільцями 2, 3. При перепуску нижнє кільце 3 затискається, а верхнє 2 розтискається і гідроциліндрами 4 піднімається вгору. Після цього верхнє кільце затискає електрод, а нижнє кільце розтискається і верхнє кільце разом з електродом опускається гідроциліндрами 4 вниз на величину перепуску. Якщо буде необхідна більша величина перепуску, то операція повторюється. На рис.5.27,а,б показані схеми двох механізмів перепуску з верхнім нерухомим затискним кільцем. При перепуску електрода останній утримується верхнім кільцем, а нижнє переміщується гідропідйомником на потрібну величину перепуску.

На старих печах зі самоспільними електродами застосовують механізми типу «стрічкове гальмо» (рис.5.27,в). В цьому механізмі упором 9 установлюють необхідну величину перепуску. За допомогою штурвала розтискають затискач і електрод під дією власної ваги, переборюючи сили

тертя стрічки 6 при її переміщенні по фрикціонах 7, опускається на відстань, яка дорівнює відстані між упорами і затискачем 8. Сталеві стрічки з часом по черзі приварюють до нових місць на корпусі електрода.

Найбільш відповідальним вузлом будь-якого механізму перепуску є затискне кільце. Частіше використовуються кільця з гідропружинними буксами (6 - 8шт), в яких затиснення електрода відбувається щокими за допомогою пружин, а розтиснення - шляхом подачі в букси робочої рідини під тиском. Рідше застосовуються кільця, які виконують у вигляді кліщового затискача (рис.5.27,г). Тут також затиснення електрода відбувається за допомогою пружин, які при перепуску віджимаються клином. Останній одержує рух від пневмо- чи гідроциліндра.

Для утримання електрода необхідно, щоб сили тертя між електродом і зажимними щокими були більші за силу тяжіння електрода (рис.5.27,г), тобто:

$$3N \cdot \mu_1 > G_e,$$

де N - нормальний тиск на електрод;

μ_1 - коефіцієнт тертя в парі електрод-щок.

Необхідне зусилля затиснення пружин T може бути знайдено із співвідношення:

$$T \cdot a = N \cdot b \quad \text{чи} \quad T = \frac{N \cdot b}{a}.$$

З другого боку можна прийняти $T_1 = H$ (на практиці осі роликів і пружин збігаються).

Для знаходження зусилля P , яке необхідно прикласти до клина, щоб створити відповідний нормальний тиск, розглянемо рівняння статки:

$$\sum P_x = 0.$$

Тоді:

$$P = 2(W_0 \cdot \cos \alpha - H_0 \cdot \sin \alpha),$$

де $W_0 = H \cdot w$;

$$H_0 = \frac{H}{\cos \alpha};$$

$w = \frac{\mu_2 d + 2k_2}{D}$ - коефіцієнт опору тяги;

D, d - зовнішній діаметр і діаметр цапфи ролика;

μ_2, k_2 - коефіцієнти тертя ковзання і кочення.

За величиною P визначають параметри пневмо- чи гідроциліндра.

8.4. Механізм обертання ванни

Обертові ванни використовують переважно там, де обертання допомагає ефективно боротися із спіканням шихти і газовими порожнинами в реакційних зонах. Обертова основа печі не впливає на конструкцію ванни, за винятком кількості випускних отворів. Якщо в стаціонарних печах кількість льоток не перебільшує трьох, то в печах з обертовою ванною - досягає дев'яти.

В СНД найбільш поширені механізми обертання з залізобетонною несучою платформою (рис.5.26). Частота обертання ванни дуже мала. Ванни деяких печей роблять один оберт на протязі 32 - 150 годин. Механізми обертання працюють в умовах високих температур, в запиленому і забрудненому середовищі. Маса ванни досягає 800т і більше. Залізобетонна платформа спирається через опорні катки на кругові рейки. Кількість катків досягає 32 - 64шт. В деяких печах для вирівнювання навантаження між катками застосовуються підпружинені опори. Обертання платформи передається через зубчатий вінець, який виготовляють з окремих секторів. Кругові рейки виготовляють також з окремих відрізків сталевого квадратного профілю. Після зварювання рейок їх робоча поверхня обробляється.

Потужність двигуна механізму обертання ванни визначається за статичним моментом:

$$M = \frac{G_n(\mu d + 2k)}{D} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot R_k,$$

- де G_n - вага печі (обертової частини);
 μ, k - коефіцієнти тертя ковзання і кочення;
 D, d - зовнішній діаметр і діаметр цапфи катка;
 K_1, K_2, K_3 - відповідно коефіцієнти, які враховують тертя шихти об електроди, тертя в центрувальній осі, затирання поверхні катків об рейки;
 R_k - радіус кругових рейок.

8.5. Задачі

1. Визначте робочі площі циліндрів гідропружинних букс затискного кільця (рис.5.26), якщо кількість букс - 6шт, маса електрода 25т, коефіцієнт тертя ковзання між затискними щочками і електродом $\mu = 0,15$; $p_n = 5,0\text{МПа}$; $p_b = 1,2\text{МПа}$.
2. Визначте за схемою (рис.5.37,в) зусилля у фрикційних затискувачах, якщо маса електрода 20т, коефіцієнт тертя між фрикціонами і стрічкою $\mu = 0,18$.
3. Визначте загальне передаточне число механізму обертання ванни, якщо $n_{дв} = 1000\text{хв}^{-1}$, а ванна обертається за першу половину цикла

(розгін - усталений рух - гальмування) на кут 60° при $t_p = 12\text{с}$;
 $t_y = 10,8 \cdot 10^3\text{с}$; $t_r = 10\text{с}$.

4. Визначте потужність, яка передається валом, якщо $n_n = 120\text{хв}^{-1}$ (частота обертання вала); $l = 0,5\text{м}$ (довжина вала); $\varphi = 0,005\text{рад}$ (кут закручування вала); $d = 80\text{мм}$ (діаметр вала); $G = 8 \cdot 10^4\text{МПа}$ (модуль пружності).

8.6. Контрольні запитання

1. Назвіть області застосування руднотермічних печей і дайте їх класифікацію.
2. Зарисуйте принципову схему печі типа РКО, поясніть її будову та принцип дії.
3. Зарисуйте принципові схеми гідравлічних механізмів переміщення і перепуску, дайте аналіз.
4. Поясніть методику визначення площі гідроциліндрів гідропідйомника.
5. Зарисуйте схему механізму перепуску типа «стрічкове гальмо», поясніть його будову та принцип дії.
6. Поясніть методику розрахунку кліщового затискача.
7. Поясніть будову і методику розрахунку механізму обертання ванни печі.

Тема 9. Устаткування дугових електропечей

9.1. В кольоровій металургії печі застосовуються для рафінувальних процесів, в чорній - для виробництва електросталей. Останні працюють в більш напруженому режимі (особливо в період розплавлення металеві шихти). Основою шихти є металевий брухт, який завантажується зверху саморозвантажувальними баддями при відведеному в бік склепінні. В залежності від способу відносного зміщення ванни печі і склепіння розрізняють два основні типи печей: з викочуванням ванни (серія ДСВ) і з поворотним склепінням (ДСП). На нових підприємствах застосовується останній тип печей (ДСП) місткістю 12, 25, 50, 80, 100 і 200т. Електропечі середньої серії ДСП-12, ДСП-25 і ДСП-50 (цифра означає місткість печі) виконують з гідравлічними приводами основних механізмів, електропечі крупної серії ДСП-100, ДСП-200 - з електроприводами усіх механізмів. Зливають метал шляхом нахилу ванни печі на кут $40 - 45^\circ$ в бік зливного носика, а при згортанні шлаку - на кут $10 - 15^\circ$ в бік робочого вікна.

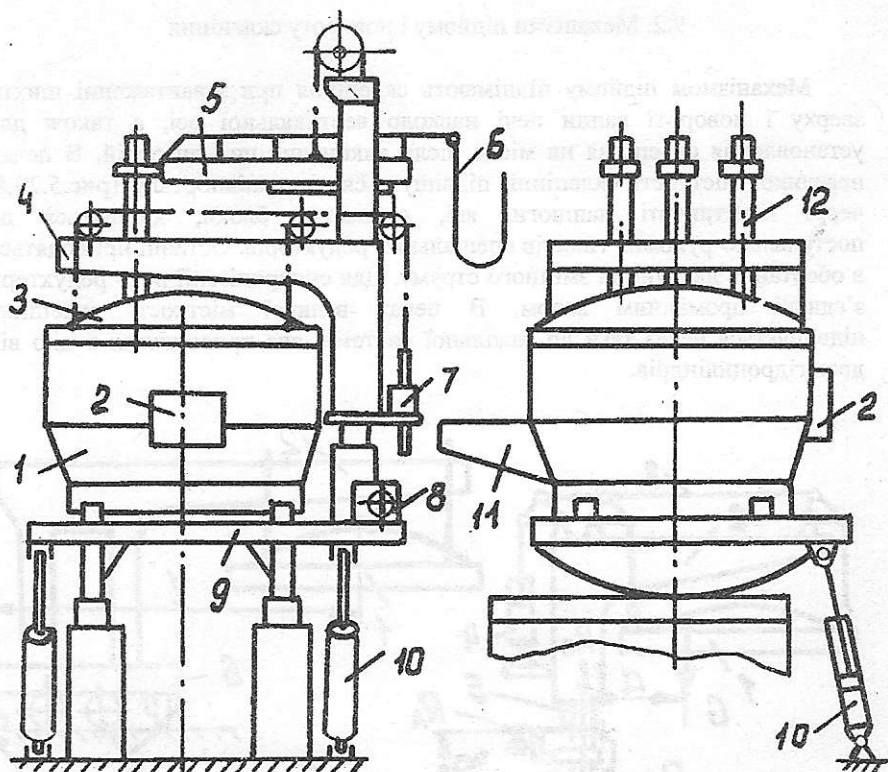


Рис. 5.28. Схема дугової електроплавильної печі: 1-ванна; 2-робоче вікно; 3-склепіння; 4-напівпортал; 5-система переміщення електродів; 6-струмопідвід; 7-привод механізму підйому склепіння; 8-механізм повороту склепіння; 9-люлька; 10-механізм нахилу; 11-зливний носик; 12-електроди

Схема типової печі показана на рис.5.28. Піч складається з циліндричного корпусу з внутрішньою вогнетривкою футеровкою, змінного купольного склепіння і сферичного днища. В корпусі є робоче вікно для завантаження феросплавів, заправки печі й згортання шлаків і носик для зливання металу в ківш. В комплекс печі входять напівпортал, призначений для підвішування склепіння, електродотримачі з графітовими електродами. Електропіч обслуговують такі основні механізми: переміщення електродів, затискання електродів, підйому і повороту склепіння, нахилу печі. До числа допоміжних відносять механізми для відкривання заслінок робочих вікон.

9.2. Механізми підйому і повороту склепіння

Механізмом підйому піднімають склепіння при завантаженні шихти зверху і повороті ванни печі навколо вертикальної осі, а також для установлення склепіння на місце після виконання цих операцій. В печах невеликої місткості склепіння підвішується до напівпорталу (рис.5.29,а) через пластинчаті ланцюги, які, огинаючи блоки, кріпляться до поступально-рухомих гвинтів спеціальних редукторів. Останні приводяться в обертання двигунами змінного струму. Для синхронізації руху редуктори з'єднані проміжним валом. В печах великої місткості склепіння підвішується через тяги до важільної системи, яка приводиться в дію від двох гідроциліндрів.

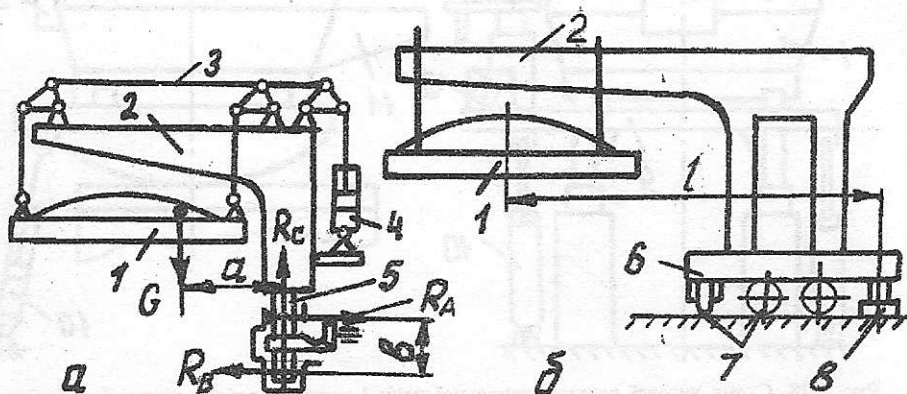


Рис. 5.29. Схеми механізмів підйому і повороту свода з поворотною колоною (а) і платформою (б); 1-склепіння; 2-напівportal; 3-важильна система; 4-гідроциліндр; 5-поворотна колона; 6-платформа; 7-катки; 8-центрувальна вісь

Механізм повороту склепіння на малих печах має поворотну колоною, яка приводиться в обертання через відкриту зубчасту передачу від електромеханічного чи гідравлічного (гідроциліндрів) привода. На крупних печах замість колони застосовується поворотна платформа з опорними катками і центрувальною віссю (рис.5.29,б).

Потужність двигуна механізму повороту визначається за статичним моментом з подальшою перевіркою двигуна на переобтяження в період пуску. Відповідно до розрахункової схеми (рис.5.29,а) момент опору обертанню колони буде дорівнювати:

$$M = 2 \frac{G \cdot a}{B} \cdot 0,5d_1 \cdot \mu_1 + G \cdot 0,5d_2 \cdot \mu_2,$$

де d_1, d_2 - відповідно діаметр цапфи радіальних опор і підп'ятника;
 μ_1, μ_2 - коефіцієнти тертя ковзання.

9.3. Механізми переміщення електродів

Практично в усіх печах механізми мають систему автоматичного регулювання (САР), що дозволяє в автоматичному режимі провадити процес плавлення. В залежності від типу привода розрізняють механізми з електроприводом (рис.5.30,а,б,в) і гідроприводом (рис.5.30,г). Електричні приводи виконують як з канатно-барабанною передачею (рис.5.30,а,в), так і з рейковою (рис.5.30,б). За конструктивним виконанням їх розділяють на механізми з рухомими стояками (рис.5.30,а,б,г) і рухомими каретками (рис.5.30,в). Найбільшого поширення набули механізми з канатно-барабанною і рейковою передачами з рухомим стояком, рейкові механізми з рухомою кареткою і гідравлічні механізми з рухомим стояком. Для зменшення потужності привода на усіх типах механізмів, крім гідравлічних, застосовують контрвагу (противагу).

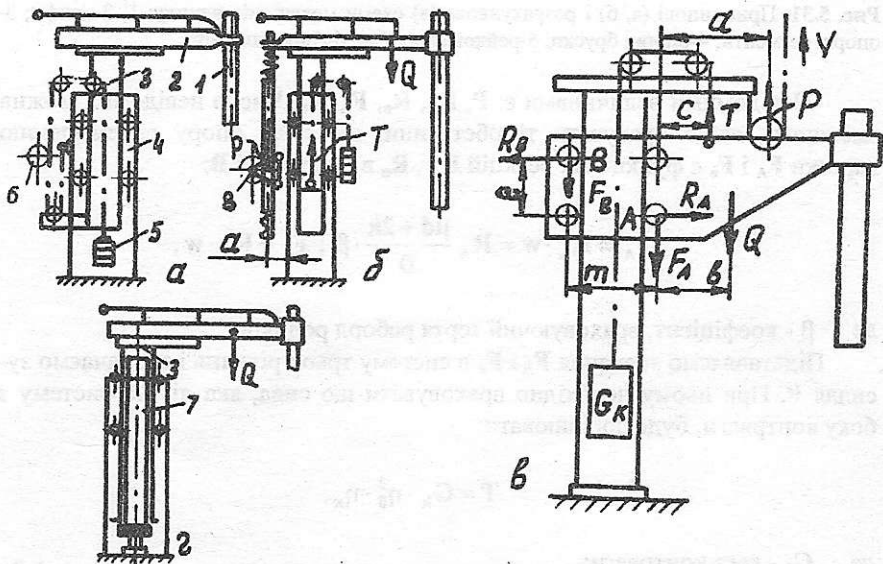


Рис. 5.30. Схеми механізмів переміщення електродів з канатною (а, в) і рейковою (б) передачами, гідравлічного (г): 1-електрод; 2-рукав; 3-рухомий стояк; 4-шхфта; 5-контрвага; 6-лебідка; 7-гідроциліндр; 8-рейкова передача

Потужність двигуна механізмів з електромеханічним приводом визначають за статичним навантаженням з подальшою перевіркою двигуна на переобтяження в період пуску. Для визначення зусилля P , яке необхідне для підняття каретки з електродом, складаємо три рівняння статички, тобто:

$$\begin{aligned} \sum P_x &= 0, & R_A - R_B &= 0; \\ \sum P_y &= 0, & P + T - Q - F_A - F_B &= 0; \\ \sum M_A &= 0, & P \cdot a + T \cdot c + R_B \cdot e + F_B \cdot m - Q \cdot b &= 0. \end{aligned}$$

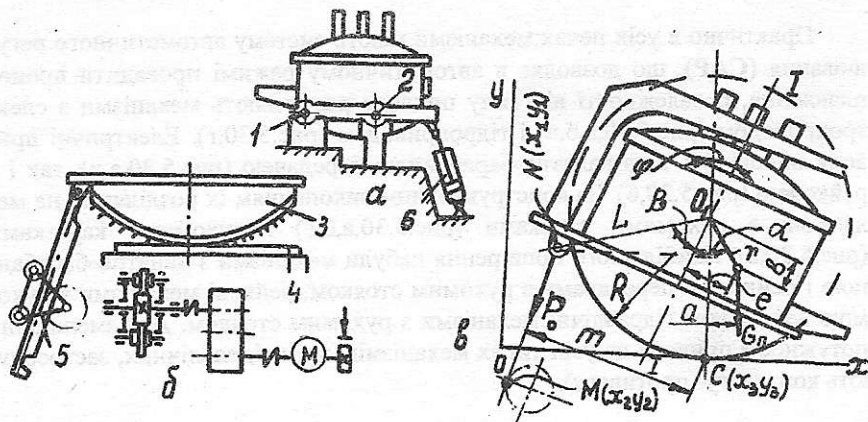


Рис. 5.31. Принципові (а, б) і розрахункова (в) схеми механізмів нахилу: 1, 2-цапфи; 3-опорні сегменти; 4-опорні бруски; 5-рейкова коробка; 6-гідроциліндри

Невідомими величинами є: P , R_A , R_B , F_A , F_B . Число невідомих можна зменшити, якщо врахувати ті обставини, що сили опору переміщенню каретки F_A і F_B є функціями реакцій R_A , R_B в опорах А і В:

$$F_A = R_A \cdot w = R_A \frac{\mu d + 2k}{D} \cdot \beta; \quad F_B = R_B \cdot w,$$

де β - коефіцієнт, враховуючий тертя реборд роликів.

Підставляємо значення F_A і F_B в систему трьох рівнянь і визначаємо зусилля P . При цьому необхідно враховувати що сила, яка діє на систему з боку контрваги, буде дорівнювати:

$$T = G_k \cdot \eta_6^2 \cdot \eta_k,$$

де G_k - вага контрваги;

η_6 - ККД блоків;

η_k - ККД направляючих контрваги.

Натяг каната, який іде до барабана лебідки, буде:

$$P' = \frac{P}{2 \cdot \eta_6}.$$

Статичний момент на валі двигуна при підйомі електрода:

$$M_c = \frac{P' \cdot R_6}{i_0 \cdot \eta},$$

де R_6 - радіус барабана лебідки ;
 i_0 - повне передаточне число лебідки;
 η - ККД лебідки.

9.4. Механізми нахилу

На рис.5.31,а показана схема механізму нахилу печі для виплавки анодного нікелю з гідравлічним приводом при подвійних опорах. Перевагою такої конструкції є незначне переміщення зливного носика, що дає можливість прямого розливання металу безпосередньо у виливниці. Недолік - велике плече сили, що робить неможливим застосування такого механізму в крупних печах. Найбільшого поширення набули сегментні механізми з гвинтовою, рейковою і гідравлічною передачами. На нових печах переважно використовуються механізми з рейковою (рис.5.31,б) і гідравлічною передачами. В цих механізмах піч спирається через два сегменти на фундаментні балки. Для запобігання проковзування сегментів по брусках на сегментах зроблено шипи, які входять в лунки на поверхні брусків.

Основою правильного розрахунку механізмів нахилу є точне визначення центра тяжіння всієї печі. Якщо відомі координати центра тяжіння b , e (рис.5.31,в) відносно умовної осі обертання для початкового положення печі, то радіус-вектор буде:

$$r = \sqrt{b^2 + e^2}.$$

Кут нахилу радіуса-вектора до осі печі $1 - 1$ для початкового положення печі:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{e}{b}\right), \quad \alpha = \arcsin \frac{e}{r}.$$

Кут нахилу радіуса-вектора при повороті печі на кут φ буде $\alpha \pm \varphi$. Знак «+» чи «-» залежить від напрямку обертання і приймають: «+» - при нахилі від початкового положення в бік робочого вікна; «-» - при нахилі від початкового положення в бік зливного носика.

Перекидний момент від ваги печі буде:

$$M_n = G_n \cdot a = G_n \cdot r \cdot \sin(\alpha \pm \varphi).$$

Момент сили тертя кочення в опорних сегментах:

$$M_k = (G_n + G_m) \cdot k,$$

де G_m - вага металу;

$$k = \left(\frac{2,16}{4} \right) \sqrt{2R \frac{G_n + G_m}{E \cdot \ell}} - \text{коefficient тертя кочення};$$

R – радіус сегментів;

E – модуль пружності;

ℓ – сумарна довжина утворюючих двох опорних сегментів.

Максимальний перекидний момент буде при нахилі печі на кут $40 - 45^\circ$, коли практично весь метал зливо. При цьому момент від ваги металу зменшиться до нуля і повний перекидний момент буде:

$$M_0 = M_n + M_k.$$

Для визначення зусилля P_0 , діючого на рейки, необхідно знайти плече m цієї сили. Воно може бути визначено як відрізок перпендикуляра, котрий опущено з точки C (миттєвого центра обертання) на вісь рейок:

$$m = \frac{(Ax_3 + By_3 + C)}{\sqrt{A^2 + B^2}},$$

де $A = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$; $B = -1$; $C = y_1 - Ax_1$.

Координату x_3 (точка C) визначають як довжину окружності, яку можна відкласти на прямій при коченні (рис.5.31,в)

$$x_3 = R(\beta + \varphi), y_3 = 0.$$

Координати точки N для будь-якого положення печі визначають за формулами:

$$\begin{aligned} x_1 &= R(\beta + \varphi) - L \cdot \sin(\beta + \varphi); \\ y_1 &= R - L \cdot \cos(\beta + \varphi). \end{aligned}$$

Координати точки $M(x_2, y_2)$ при нахилі печі залишаються практично постійними (установлюють за кресленням).

Таким чином, за обчисленими координатами x_1 , y_1 , і x_3 знаходять величину R для відповідних кутів повороту φ , а потім і зусилля в рейках чи штоках гідроциліндрів:

$$P_0 = \frac{M_0}{m}.$$

Момент на валі кожного із двох двигунів:

$$M = \frac{P_0 \cdot r_m}{2 \cdot i \cdot \eta_m},$$

де r_m – радіус початкової окружності шестерні;

φ - ККД механізму;
 i - передаточне число привода.

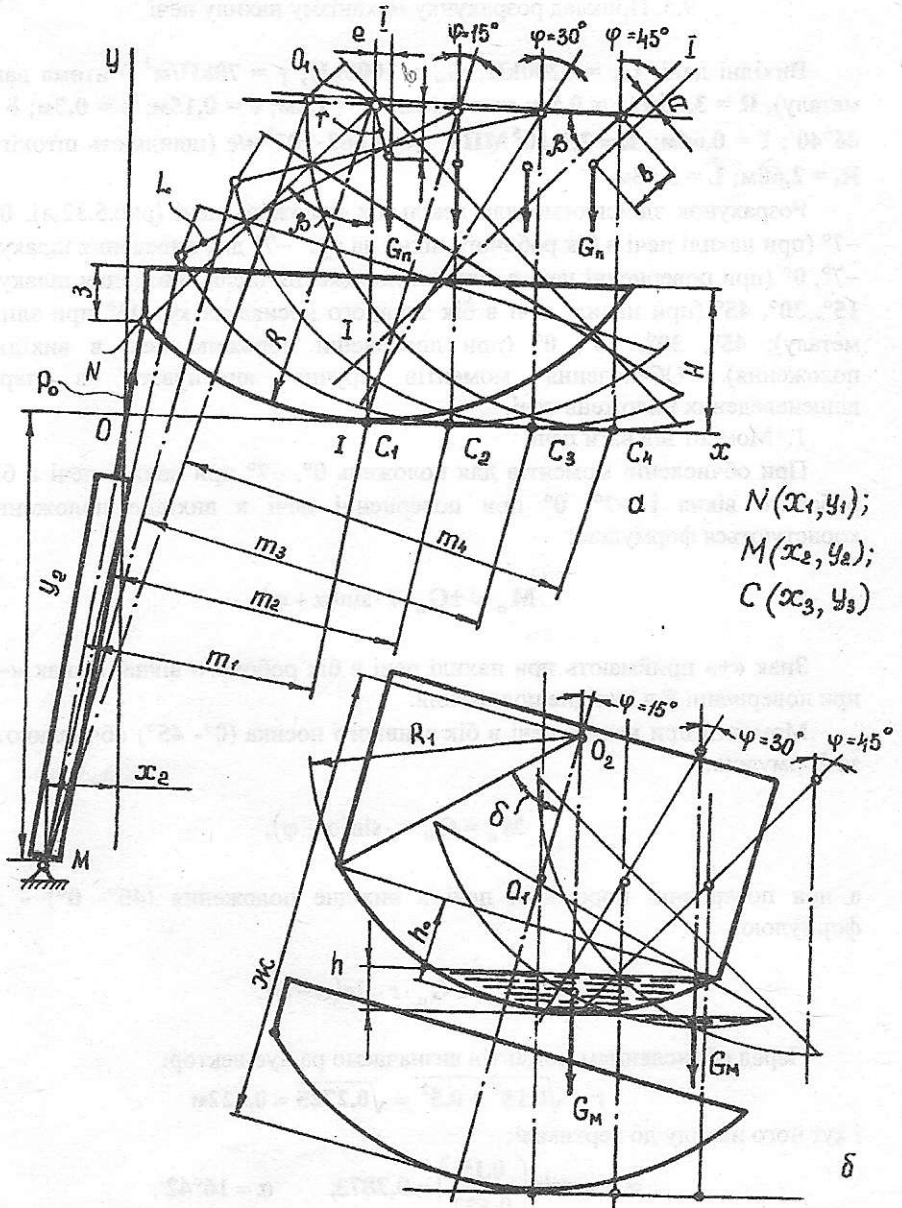


Рис. 5.32. До розрахунку механізму нахилу печі

За одержаним моментом визначають потужність двигуна і за каталогом вибирають відповідний двигун.

9.5. Приклад розрахунку механізму нахилу печі

Вихідні дані: $G_n = 3200\text{кН}$; $G_m = 1000\text{кН}$; $\gamma = 70\text{кН/м}^3$ (питома вага металу), $R = 3,05\text{м}$; $z = 0,5\text{м}$; $ж = 4,44\text{м}$; $H = 1,4\text{м}$; $e = 0,15\text{м}$; $в = 0,5\text{м}$; $\delta = 46^\circ 40'$; $I = 0,64\text{м}$; $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{МПа}$; $v = 1,667 \cdot 10^{-2} \text{м/с}$ (швидкість штоків); $R_1 = 2,68\text{м}$; $L = 3,05\text{м}$.

Розрахунок здійснюємо для декількох положень печі (рис.5.32,а): 0° , -7° (при нахилі печі в бік робочого вікна на кут -7° для виведення шлаку); -7° , 0° (при поверненні печі в вихідне положення після виведення шлаку); 15° , 30° , 45° (при нахилі печі в бік зливного носика на кут 45° при зливі металу); 45° , 30° , 15° , 0° (при поверненні порожньої печі в вихідне положення). Обчислення моментів зручно виконувати в черзі вищенаведених положень печі.

1. Момент від ваги печі

При обчисленні моментів для положень 0° , -7° при нахилі печі в бік робочого вікна і -7° , 0° при поверненні печі в вихідне положення користуються формулою:

$$M_n = \pm G_n \cdot r \cdot \sin(\alpha + \varphi).$$

Знак «+» приймають при нахилі печі в бік робочого вікна, а знак «-» при поверненні її в вихідне положення.

Моменти при нахилі печі в бік зливного носика (0° - 45°) обчислюють за формулою:

$$M_n = G_n \cdot r \cdot \sin(\alpha - \varphi),$$

а при поверненні порожньої печі в вихідне положення (45° - 0°) - за формулою:

$$M_n = -G_n \cdot r \cdot \sin(\alpha - \varphi).$$

Перед обчисленням моментів визначаємо радіус-вектор:

$$r = \sqrt{0,15^2 + 0,5^2} = \sqrt{0,2725} = 0,522\text{м}$$

і кут його нахилу до вертикалі:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{0,15}{0,522}\right) = 0,2873; \quad \alpha = 16^\circ 42'.$$

Моменти для положень 0° , -7° :

$$M_{n_0} = 3200 \cdot 0,522 \cdot \sin(16^\circ 42' + 0^\circ) = 479,9 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{n_7} = 3200 \cdot 0,522 \cdot \sin(16^\circ 42' + 7^\circ) = 671,33 \text{кН} \cdot \text{м},$$

для положень $7^\circ, -0^\circ$

$$M'_{n_7} = -671,33 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{n_0} = -479,9 \text{кН} \cdot \text{м},$$

для положень $15^\circ - 45^\circ$

$$M_{n_{15}} = 3200 \cdot 0,522 \cdot \sin(15^\circ - 16^\circ 42') = -49,56 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{n_{30}} = 3200 \cdot 0,522 \cdot \sin(30^\circ - 16^\circ 42') = 384,27 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{n_{45}} = 791,92 \text{кН} \cdot \text{м},$$

для положень $45^\circ - 0^\circ$

$$M'_{n_{45}} = -3200 \cdot 0,522 \cdot \sin(16^\circ 42' - 45^\circ) = -791,92 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{n_{30}} = -384,27 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{n_{15}} = 49,56 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{n_0} = 477,9 \text{кН} \cdot \text{м}.$$

За одержаними даними будемо графік $M_n = f_1(\varphi)$ (рис.5.33,а).

2. Моменти від ваги металу (рис.5.32,б)

Ці моменти визначають за формулою:

$$M_m = \pm G_m \cdot n \cdot \sin \varphi,$$

де $n = ж - R$ - відстань між центрами O_1 і O_2 ;

$n \cdot \sin \varphi$ - плече сили тяжіння металу.

Знак «+» приймають тільки при поверненні печі із положення -7° після виведення шлаку. В інших випадках приймають знак «-» через те, що метал спричиняє до самоперекидання.

Перед тим, як визначити вагу металу G_m , визначають для розглядуваних положень печі ($0^\circ, -7^\circ, 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$) висоту металу h за формулою:

$$h = R_1 [1 - \cos(\delta - \varphi)];$$

$$h_0 = 2,68 [1 - \cos(46^\circ 40' - 0^\circ)] = 2,68 [1 - 0,6862] = 0,84 \text{м};$$

$$h_7 = h_0;$$

$$h_{15} = 0,399 \text{м};$$

$$h_{30} = 0,122 \text{м};$$

$$h_{45} = 0.$$

Вагу металу визначають за формулою:

$$G_M = \pi R_1^2 \cdot h^2 \left[1 - \frac{h}{3R_1} \right] \cdot \gamma;$$

$$G_{M_0} = 3,14 \cdot 2,68^2 \cdot 0,84^2 \left[1 - \frac{0,84}{3 \cdot 2,68} \right] \cdot 70 \approx 1000 \text{кН};$$

$$G_{M_{15}} = 238,83 \text{кН};$$

$$G_{M_{30}} = 19,52 \text{кН};$$

$$G_{M_{45}} = 0;$$

$$G_{M_7} = G_{M_0}.$$

Тоді моменти від ваги металу будуть:

$$M_{M_0} = 0;$$

$$M_{M_7} = -1000(4,44 - 3,15) \cdot \sin 7^\circ = -169,44 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{M_7} = 169,44 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{M_{15}} = -85,91 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{M_{30}} = -13,57 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{M_{45}} = 0.$$

За одержаними даними будуюмо графік $M_M = f_2(\varphi)$ (рис.5.33,а).

3. Моменти від сил тертя кочення в опорних сегментах.

Визначаємо коефіцієнти k для розглядуваних положень печі:

$$k_0 = k'_0 = k_{0_7} = k_{0_{45}} = \frac{2,16}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 3,15(3200 + 1000)}{210000 \cdot 0,64 \cdot 10^3}} = 0,00745 \text{ м};$$

$$k_{15} = 0,067 \text{м};$$

$$k_{30} = 0,00652 \text{м};$$

$$k_{45} = k'_{45} = k'_{30} = k''_0 = 0,0065 \text{ м (тобто для порожньої печі } k = 0,0065 \text{м)}.$$

Тоді:

$$M_{k_0} = M_{k_7} = M'_{k_7} = M'_{k_0} = (3200 + 1000) \cdot 0,00745 = 31,29 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{k_{15}} = 23,04 \text{кн} \cdot \text{м};$$

$$M_{k_{30}} = 20,29 \text{кн} \cdot \text{м};$$

$$M_{k_{45}} = M'_{k_{45}} = M'_{k_{30}} = M'_{k_{15}} = M''_{k_0} = 20,8 \text{кн} \cdot \text{м}.$$

За одержаними даними будуюмо графік $M_k = f_3(\varphi)$ (рис.5.33,а).

4. Загальні перекидні моменти:

$$M_{0_0} = M_{n_0} + M_{k_0} = 479,9 + 31,29 = 511,19 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{0_7} = M_{n_7} + M_{k_7} - M_{M_7} = 671,33 + 31,39 - 169,44 = 533,18 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$- M'_{0_7} = -M_{n_7} + M'_{k_7} + M'_{M_7} = -671,33 + 31,29 + 169,44 = -470,6 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{0_0} = -M_{n_0} + M_{k_0} = -479,9 + 31,29 = -448,61 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{0,15} = -M_{п15} - M_{м15} + M_{к15} = -49,56 - 85,91 + 23,04 = -112,43 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{0,30} = M_{п30} - M_{м30} + M_{к30} = 384,27 - 13,57 + 20,9 = 391,63 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{0,45} = M_{п45} + M_{к45} = 791,92 + 20,8 = 812,72 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{0,45} = -M'_{п45} + M'_{к45} = -791,92 + 20,8 = 771,12 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{0,30} = -M'_{п30} + M'_{к30} = -384,27 + 20,8 = -363,47 \text{кН} \cdot \text{м}$$

$$M'_{0,15} = M'_{п15} + M'_{к15} = 49,56 + 20,8 = 70,36 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M''_{0,0} = M_{п0} + M''_{к0} = 479,9 + 20,8 = 500,7 \text{кН} \cdot \text{м}.$$

За одержаними даними будемо графік $M_0 = f_4(\varphi)$ (рис.5.33,а).

5. Зусилля на штоках гідроциліндрів:

Визначаємо плечі m_i сил R_{0i} . Проте спочатку обчислюємо для кожного випадку необхідні величини: x_1, y_1, x_3, A, C , а із креслень знаходимо значення кута $\beta = 40^\circ$ (або $\beta = 0,767$ рад) і координати $x_2 = -0,64\text{м}$ і $y = -4,3\text{м}$.

При $\varphi = 0^\circ$

$$x_1 = 3,05(0,767 + 0) - 3,05 \cdot \sin(44^\circ + 0^\circ) = 0,22\text{м};$$

$$y_1 = 3,05 - 3,05 \cdot \cos(44^\circ + 0^\circ) = 0,856\text{м};$$

$$x_2 = -0,64\text{м};$$

$$y_2 = -4,3\text{м};$$

$$A = \frac{-4,3 - 0,856}{-0,64 - 0,22} = 5,995;$$

$$C = 0,856 - 5,995 \cdot 0,22 = -0,4629;$$

$$m_1 = \frac{5,995 \cdot 2,34 - (-1 \cdot 0) - 0,4629}{\sqrt{5,995^2 + (-1)^2}} = 2,23\text{м},$$

при $\varphi = 15^\circ$

$$x_1 = 0,524\text{м};$$

$$x_3 = 3,139\text{м};$$

$$y_1 = 1,479\text{м};$$

$$y_3 = 0;$$

$$x_2 = -0,64\text{м};$$

$$A = 4,965;$$

$$y_2 = -4,3\text{м};$$

$$C = -1,223;$$

$$m_2 = 2,855\text{м},$$

при $\varphi = 30^\circ$

$$x_1 = 1,115\text{м};$$

$$x_3 = 3,937\text{м};$$

$$y_1 = 2,209\text{м};$$

$$y_3 = 0;$$

$$x_2 = -0,64\text{м};$$

$$A = 3,957;$$

$$y_2 = -4,3\text{м};$$

$$C = -1,768;$$

$$m_3 = 3,384\text{м},$$

при $\varphi = 45^\circ$

$$x_1 = 1,686\text{м};$$

$$x_3 = 4,735\text{м};$$

$$y_1 = 2,997\text{м};$$

$$y_3 = 0;$$

$$x_2 = -0,64\text{м};$$

$$A = 3,137;$$

$$y_2 = -4,3\text{м}; \quad C = -2,292;$$

$$m_4 = 3,815\text{м}.$$

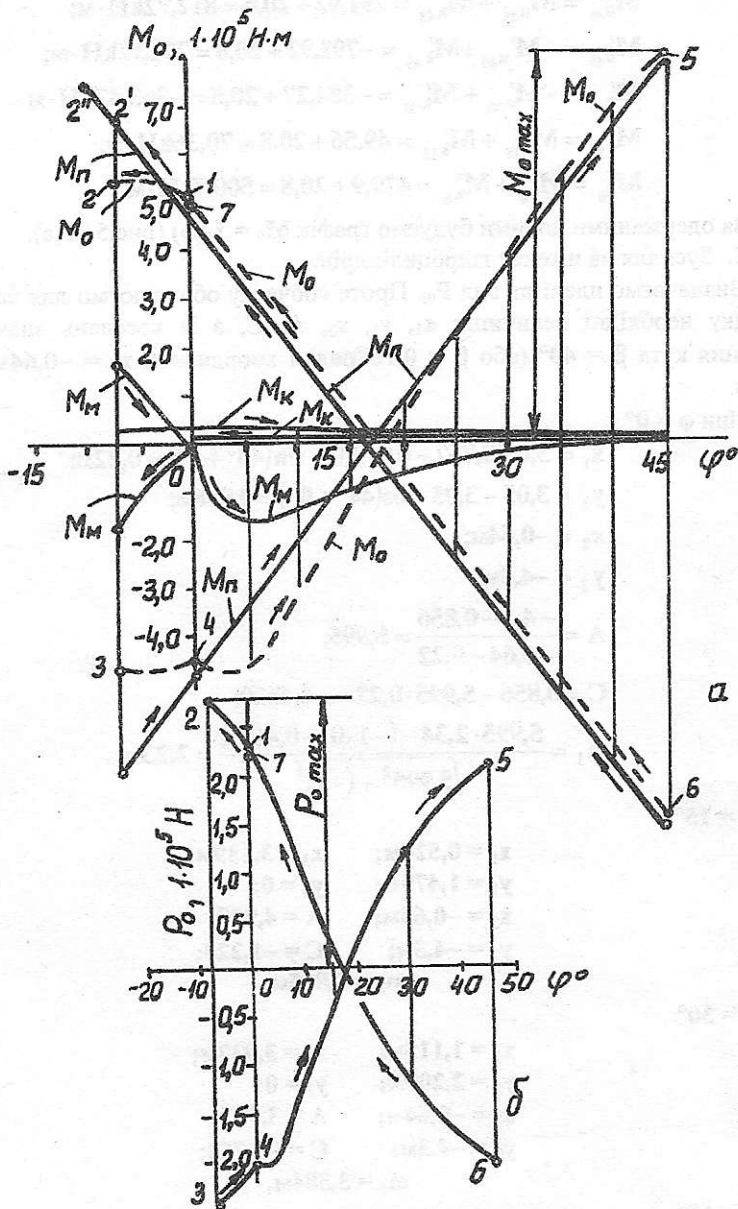


Рис. 5.33. Графіки залежності $M_0=f(\varphi)$ (а), $P_0=f(\varphi)$ (б)

Визначаємо також плече m'_1 при нахилі печі в бік робочого вікна на кут 7° .
В цьому випадку координати x_1 і y_1 визначають за формулами:

$$x_1 = R(\beta - \varphi) - L \cdot \sin(\beta - \varphi);$$

$$y_1 = R - L \cdot \cos(\beta - \varphi).$$

Після обчислень одержуємо:

$$x_1 = 0,1315\text{м}; \quad x_3 = 1,967\text{м};$$

$$y_1 = 0,614\text{м}; \quad y_3 = 0;$$

$$x_2 = -0,64\text{м}; \quad A = 6,37;$$

$$y_2 = -4,3\text{м}; \quad C = -2,24;$$

$$m'_1 = 1,908\text{м}.$$

Тоді зусилля P_{0i} для відповідних положень печі будуть:

$$P_{0_0} = \frac{501,19}{2,23} = 229,23\text{кН}; \quad P_{0_7} = \frac{533,18}{1,908} = 279,44\text{кН};$$

$$P'_{0_7} = -\frac{470,6}{1,908} = -246,64\text{кН}; \quad P'_{0_0} = -\frac{448,61}{2,23} = -201,17\text{кН};$$

$$P_{0_{15}} = -\frac{112,43}{2,855} = -39,38\text{кН}; \quad P_{0_{30}} = \frac{391,63}{3,384} = 115,73\text{кН};$$

$$P_{0_{45}} = \frac{812,72}{3,815} = 213,03\text{кН}; \quad P'_{0_{45}} = -\frac{777,12}{3,815} = -202,13\text{кН};$$

$$P'_{0_{30}} = -\frac{363,47}{3,384} = -113,55\text{кН}; \quad P'_{0_{15}} = \frac{70,36}{2,855} = 24,64\text{кН};$$

$$P''_{0_6} = \frac{500,7}{2,23} = 224,53\text{кН}.$$

За одержаними даними будемо графік $P = f_s(\varphi)$ (рис.5.33,б). Із графіків бачимо, що максимальне зусилля має місце при нахилі печі на кут 7° в бік робочого вікна при виведенні шлаку, тобто:

$$P_{0_7} = 279,44\text{кН}.$$

Визначаємо розрахункове зусилля:

$$P_{0_p} = P_{0_7} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де $K_1 = 1,2$ - коефіцієнт, який враховує перерозподіл навантаження між циліндрами (циліндр збоку підводу струму є більш навантаженим);
 K_2 - коефіцієнт запасу зусилля.

$$P_{0_p} = 279,44 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \approx 369\text{кН} \quad \text{або} \quad P_{0_p} = 369 \cdot 10^3 \text{Н}.$$

Тут необхідно врахувати ті обставини, що масло під тиском надходить в штокові порожнини циліндрів (двоє циліндрів). Тому штокова площа одного гідроциліндра для даного випадку буде основою при наступному визначенні діаметра циліндра D .

З одного боку

$$S_{ш} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$$

або

$$S_{ш} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi(0,5D)^2}{4} = 5,887 \cdot 10^{-1} \cdot D^2,$$

а з іншого

$$S_{ш} = \frac{P_{0p}}{2 \cdot p_p \cdot \eta_{ш}},$$

де $p_p = 5,5 \text{ МПа}$ ($5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$) - робочий тиск;

$\eta_{ш}$ - ККД циліндра.

Тоді:

$$D = \sqrt{\frac{P_{0p}}{2 \cdot 5,887 \cdot 10^{-1} \cdot p_p \cdot \eta_{ш}}} = \sqrt{\frac{369 \cdot 10^3}{2 \cdot 5,887 \cdot 10^{-1} \cdot 5,5 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 2,58 \cdot 10^{-1} \text{ м.}$$

Остаточно приймаємо $D = 250 \text{ мм}$.

Потрібну подачу насоса визначаємо за значенням поршневої порожнини циліндрів, яка буде:

$$S_{п} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14(2,5 \cdot 10^{-1})^2}{4} = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Тоді:

$$\Pi_{п} = 2S_{п} \cdot V = 2 \cdot 4,9 \cdot 10^{-2} \cdot 1,667 \cdot 10^{-2} = 1,634 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

За значенням p_p і $\Pi_{п}$ вибираємо пластинчатий насос Г12 - 25АМ з такими параметрами: $p_p = 6,3 \text{ МПа}$; $\Pi_{п} = 1,667 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

9.6. Задачі

1. За даними прикладу визначте плечі сил m_1 , m_2 , m_3 якщо $x_2 = -0,85 \text{ м}$; $y_2 = -7,8 \text{ м}$.
2. Змінюючи положення координат x_2 і y_2 , установіть, який вплив на величину P_0 чинить величина кута нахилу гідроциліндрів.
3. Визначте зусилля P (рис.5.30,в), якщо $Q = 200 \text{ кН}$; $m = 1,58 \text{ м}$; $e = 0,98 \text{ м}$; $v = 1,7 \text{ м}$; $a = 1,56 \text{ м}$; $c = 0,58 \text{ м}$; $G_k = 80 \text{ кН}$; $\mu = 0,015$; $k = 0,0008 \text{ м}$; $d = 0,1 \text{ м}$; $D = 0,3 \text{ м}$; $\beta = 1,2$; $\eta_6 = 0,98$.
4. За даними задачі 3 визначте зусилля P і площу гідроциліндра для схеми, показаної на рис.5.30,г, якщо $p_p = 4,0 \text{ МПа}$; $\eta_{ш} = 0,85$.

5. За даними задачі 3 визначте зусилля P для схеми, показаної на рис.5.30,б.
6. Визначте силу інерції, яка прикладена в центрі тяжіння склепіння (рис.5.29,б), якщо $G_c = 150\text{кН}$; $l = 5\text{м}$; $\varphi_p = 0,1\text{рад}$ (кут розгону); $t_p = 4\text{с}$.

9.7. Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте області застосування електропечей.
2. Зарисуйте схему типової печі, поясніть її будову та принцип дії.
3. Зарисуйте схеми механізмів підйому і повороту склепіння, поясніть їх будову та принцип дії.
4. Поясніть методику розрахунку механізмів повороту склепіння з поворотною колоною.
5. Зарисуйте схеми механізмів переміщення електродів з гідравлічним і електромеханічним приводами, канатною і рейковою передачами, поясніть їх будову та принцип дії, дайте порівнюючу оцінку.
6. Поясніть методику розрахунку механізмів переміщення електродів.
7. Зарисуйте схеми механізмів нахилу печі.
8. Поясніть методику розрахунку механізмів нахилу печі.
9. Охарактеризуйте дугову електропеч з екологічного погляду, перерахуйте основні заходи по захисту навколишнього середовища.
10. Перерахуйте основні етапи демонтажу механізмів печі.

Тема 10. Устаткування для подачі шихти на колошник шахтних печей. Скіпові підйомники

10.1. Шихту на колошник печей кольорової металургії подають стрічковими конвейерами, підвісними вагонетками, елеваторами, вагон-терезами, баддевіми і скіповими підйомниками, а доменних печей чорної металургії - стрічковими конвейерами і скіповими підйомниками. Вагон-терези, які використовуються в чорній і кольоровій металургії, мають аналогічну конструкцію і являють собою самохідний вагон з бункерами для шихти і пристроєм для зважування. В той же час в чорній металургії вони виконують функції зв'язку між бункерною естакадою і скіповим підйомником, тобто завантажують скіпи. В кольоровій металургії їх колію поміщають нарівні з колошником і вони завантажують шихту безпосередньо в піч. Підвісні вагонетки мають бункери прикріплені до тельфера, який рухається по монорейковому путі. Якщо в шахтних печах конвейерна подача шихти використовується на протязі багатьох років, то в доменних - тільки в останній час на крупних печах. Застосування конвейерної подачі поставило вимогу перепланувати цехи в зв'язку зі значною довжиною конвейерів (200 - 400м і більше), що обумовлено малим кутом нахилу стрічки до горизонту (10 - 17 град). Основні переваги конвейерної подачі -

безперервність подачі і завантаження шихти, можливість повної автоматизації процесів.

Із переліченого устаткування найбільш складним відносно будови і принципу дії є скіпові підйомники, які бувають трьох типів: вертикальні, похилі і вертикально-похилі. Розглянемо похилі підйомники, які використовуються в чорній і кольоровій металургії. Основними елементами скіпового підйомника (рис.5.34) є : двоє скіпів, похилий міст, система канатів, блоки і скіпова лебідка, яка встановлюється в машинному залі. При включенні лебідки навантажений скіп рухається вгору по рейках до колошника, а порожній скіп одночасно рухається вниз до скіпової ями, де завантажується шихтою. Розвантаження скіпа здійснюється завдяки розвантажувальним кривим і двоскатним колесам (рис.5.34,б) з ребрами посередині. Внутрішніми скатами скіп рухається по похилій колії, а зовнішніми - по верхніх розвантажувальних кривих. Нижні розвантажувальні криві являють собою продовження рейкової колії похилого відрізка мосту.

Скіпи, як правило, мають не менше двох канатів, які з метою вирівнювання в них зусилля натягу скріплюються зі скіпом за допомогою упряжного пристрою (рис.5.34,в).

Основним технічним параметром скіпа (рис.5.34,г) є його місткість, яка для печей об'ємом $1033 - 3200\text{ м}^3$ становить від $8,1$ до 20 м^3 . Для збільшення місткості і полегшення завантаження і розвантаження шихти передній торець кузова виконано відкритим і з розширенням. В середині скіп футерується зносостійкими металевими плитами. Упряжний пристрій має П-образну і шарнірно скріплену з кузовом раму, а також важільно-шарнірну систему, яку розташовують між рамою і канатами. Скіпи рухаються за допомогою загальної лебідки.

За конструкцією скіпові лебідки поділяються на такі типи: з одним чи двома двигунами перемінного або постійного струму; з загальними чи окремими редукторами; безредукторні. Вантажопідйомність лебідок для доменних печей об'ємом $1033 - 3200\text{ м}^3$ складає від 15 до 39 т . На рис.5.34,д показана схема дводвигунної лебідки з загальним редуктором. Управління лебідкою здійснюється командоапаратом, контроль швидкості - відцентровими вимикачами. Лебідка вимикається при появі слабину в канаті чи його обриванні за допомогою вимикача слабину.

10.2. Визначення стійкості скіпа на похилому відрізку мосту

Стійкість скіпа буде забезпечена при додержанні умови (рис.5.35):

$$(Q + G) \cdot \cos \alpha \cdot h_2 > (Q + G) \cdot \sin \alpha \cdot h_1,$$

що тотожно:

$$\cos \alpha \cdot h_2 > \sin \alpha \cdot h_1,$$

звідки:

$$h_2 > \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right) \cdot h_1$$

чи:

$$h_2 > \operatorname{tg} \alpha \cdot h_1.$$

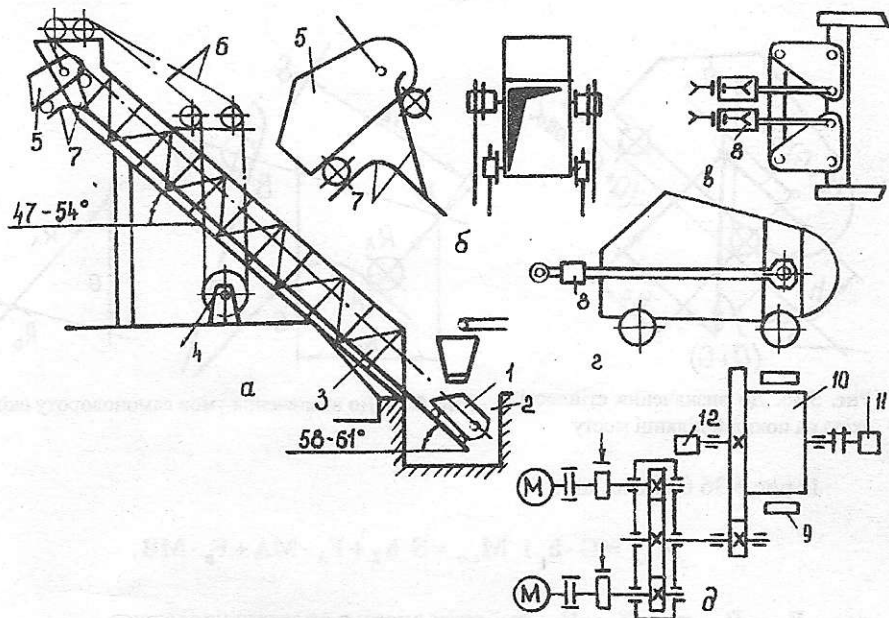


Рис. 5.34. Схеми скіпового підіймника (а) і його вузлів і механізмів: б-скіп на розвантажувальних кривих; в, г-упряжний пристрій і скіп; д-скіпова лебідка; 1, 5-скіп; 2-скіпова яма; 3-похилий міст; 4-скіпова лебідка; 6-канатна система; 7-розвантажувальні криві; 8-упряжний пристрій; 9-вимикач слабину канату; 10-барaban; 11-командоапарат; 12-відцентровний вимикач

Іншими словами, якщо вектор сил ($Q + G$), прикладений в центрі сил тяжіння, буде розміщатися між передніми і задніми колесами, то стійкість буде забезпечена.

10.3. Визначення умов самоповороту скіпа на розвантажувальній ділянці мосту

Скіп повертається з розвантажувальних кривих під дією власної ваги. Про можливість опускання скіпа можна судити по відношенню момента рушійних сил $M_{p.c}$ до момента сил опору $M_{c.o}$. Умовою самоповороту є:

$$\frac{M_{p.c}}{M_{c.o}} \geq 2,0 - 2,5$$

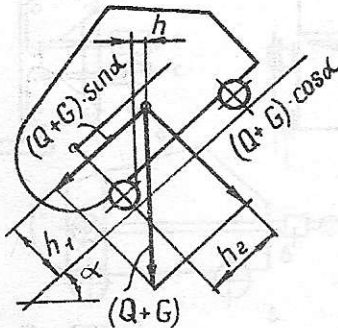


Рис. 5.35. До визначення стійкості скіпа на похилій ділянці мосту

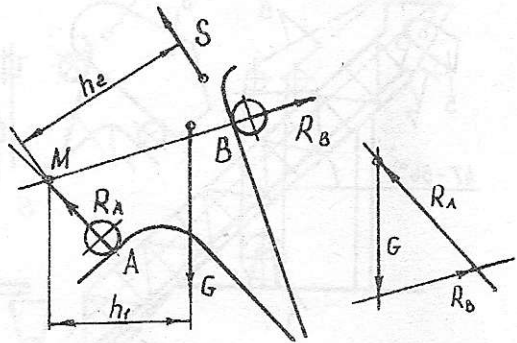


Рис. 5.36. До визначення умов самоповороту скіпа

Із рис.5.36 бачимо, що:

$$M_{p.c} = G \cdot h_1 \text{ і } M_{c.o} = S \cdot h_2 + F_A \cdot MA + F_B \cdot MB,$$

де $F_A = R_A \cdot w$ і $F_B = R_B \cdot w$ - сили опору в опорних колесах;
 w - коефіцієнт опору (тяги).

Реакції R_A і R_B визначають шляхом побудови трикутника сил.

10.4. Визначення потужності двигуна лебідки

Режим роботи скіпового підйомника визначається графіком швидкості лебідки і скіпа (рис.5.37,а). С початку пускового періоду порожній скіп, який перебуває на розвантажувальній ділянці, рухається під дією власної ваги в бік опускання. Прискорення збігаємого з барабана канату в цей період (t_1) має не перевищувати прискорення скіпа, щоб уникнути ослаблення канату ($a_1 = 0,3 - 0,5 \text{ м/с}^2$). Для досягнення максимальної сталої швидкості v_m величину прискорення канату a_2 в другий період часу t_2 приймають $0,6 - 1,5 \text{ м/с}^2$. В період часу t_3 скіп рухається зі сталою швидкістю v_m на похилій ділянці мосту. В період часу t_4 навантажений скіп, який підходить до розвантажувальних кривих, одержує перше гальмування.

($a_4 = 0,6 - 1,5 \text{ м/с}^2$). В період часу t_5 скіп рівномірно рухається по розвантажувальних кривих, а в період t_6 рух скіпа сповільнюється до повної зупинки ($a_6 \approx 0,3 - 0,5 \text{ м/с}^2$).

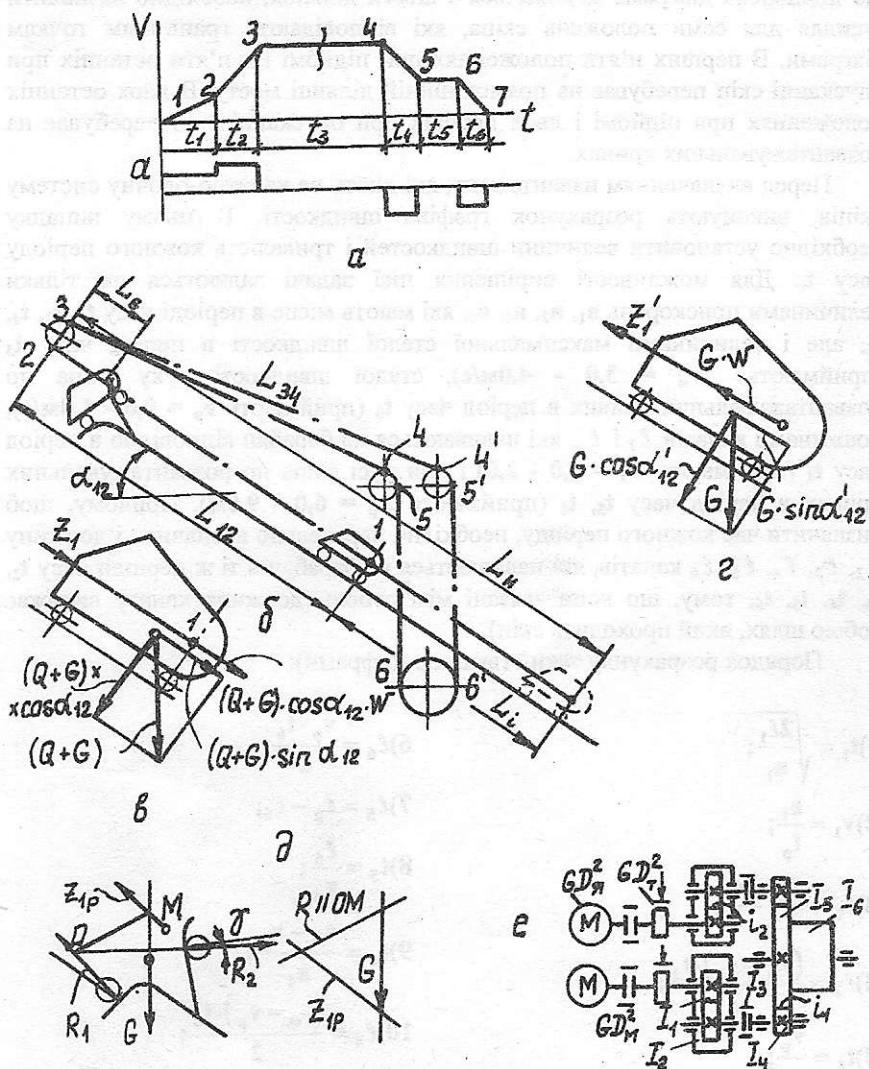


Рис. 5.37. До визначення потужності двигуна скіпової лебідки: а - графіки швидкості і прискорення; б, в, г, д - до визначення зусиль натягу в канатах; е - до приведення мас

Двигуни скіпової лебідки постійного струму і працюють в повторно-короткочасному режимі, тому розрахунок потужності виконують за еквівалентним навантаженням з подальшою перевіркою двигуна на переобтяження. Величини зусиль натягу в канатах у точках їх кріплення до

скіпа і барабана змінюються в наслідок зміни довжини канатів. При розрахунку необхідно визначити статичні і динамічні зусилля в канатах, які діють на окружності барабана при різних положеннях скіпа на мосту. Тому що швидкісна діаграма складається з шести ділянок, необхідно визначити зусилля для семи положень скіпа, які відповідають граничним точкам діаграми. В перших п'яти положеннях при підйомі і в п'яти останніх при опусканні скіп перебуває на прямолінійній ділянці мосту. В двох останніх положеннях при підйомі і двох перших при опусканні скіп перебуває на розвантажувальних кривих.

Перед визначенням навантажень, які діють на канатно-блочну систему скіпів, виконують розрахунок графіка швидкості. В цьому випадку необхідно установити величини швидкостей і тривалість кожного періоду часу t_i . Для можливості вирішення цієї задачі задаються не тільки величинами прискорень a_1, a_2, a_4, a_6 , які мають місце в періоді часу t_1, t_2, t_4, t_6 , але і величинами максимальної сталої швидкості в період часу t_3 (приймають $v_m = 3,0 - 4,0 \text{ м/с}$), сталої швидкості руху скіпа по розвантажувальних кривих в період часу t_5 (приймають $v_p = 0,6 - 1,0 \text{ м/с}$), довжинами канатів l_1 і l_p , які навиваються на барабан відповідно в період часу t_1 (приймають $l_1 = 1,0 - 2,0$) і при русі скіпа по розвантажувальних кривих в період часу t_5, t_6 (приймають $l_p = 6,0 - 9,0 \text{ м}$). Причому, щоб визначити час кожного періоду, необхідно паралельно визначити і довжину l_2, l_3, l_4, l_5, l_6 канатів, які навиваються на барабан в ті ж періоди часу t_2, t_3, t_4, t_5, t_6 , тому, що вони зв'язані між собою (довжина канату виражає собою шлях, який проходить скіп).

Порядок розрахунку такий (вказано цифрами):

$$1) t_1 = \sqrt{\frac{2l_1}{a_1}};$$

$$2) v_1 = \frac{a_1 \cdot t_1}{t_p};$$

$$3) t_2 = \frac{v_m - v_1}{a_2};$$

$$4) l_2 = \frac{(v_m + v_1) \cdot t_2}{2};$$

$$5) t_6 = \frac{v_p}{a_6};$$

$$6) l_6 = \frac{v_p \cdot t_6}{2};$$

$$7) l_5 = l_p - l_6;$$

$$8) t_5 = \frac{l_5}{v_p};$$

$$9) t_4 = \frac{v_m - v_p}{a_4};$$

$$10) l_4 = \frac{(v_m - v_p) \cdot t_4}{2};$$

$$11) l_3 = L_H - L_B - (l_1 + l_2 + l_4 + l_5 + l_6).$$

$$t_3 = \frac{l_3}{v_m}.$$

Повний час руху скіпа:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6.$$

Розрахункова схема підйомника показана на рис.5.37,б. Розрахунок статичних зусиль натягу в канатах ведемо, рухаючись за контуром канатної системи. Розглянемо положення навантаженого скіпа в період часу t_1, t_2, t_3, t_4 . Зусилля натягу в точці кріплення канату до скіпа (умовно замінюємо упряжний пристрій канатом) (рис.5.37,в) буде:

$$z_1 = (Q + G) \cdot \sin \alpha_{12} + w(Q + G) \cdot \cos \alpha_{12} = (Q + G)(\sin \alpha_{12} + w \cdot \cos \alpha_{12}),$$

де Q і G - вага шихти і скіпа;
 w - коефіцієнт опору (тяги).
 Зусилля натягу в точці:

$$z_2 = z_1 + 2q(L_H - L_i) \cdot \sin \alpha_{12},$$

де q - погонна вага канату;
 L_i - довжина навитою на барабан чи змотаного з нього канату в даний момент часу і для відповідної точки (1 - 7).
 Величину L_i можна виразити через довжину намотаного на барабан канату ℓ_i за відповідний період часу (t_1, t_2, \dots), тобто:

$$L_i = L_{i-1} + \ell_i.$$

Зусилля в точці 3:

$$z_3 = z_2 + z_2 \cdot c = z_2(1 + c),$$

де $c = \psi + 2\beta_k \cdot \mu_k \cdot (D_m / d_m) \cdot \sin(\varphi/2)$ - коефіцієнт, який враховує опір руху канатів в шківах;
 β_k - додатковий коефіцієнт, який враховує тертя канатів об жолобки шківа;
 D_m і d_m - середній діаметр (по канавках) і діаметр цапфи шківа, м;
 φ - кут охопту канатом шківа, град.;
 μ_k - коефіцієнт тертя ковзання;
 $\psi = \frac{10d_k^2}{D_m - 0,1}$ - коефіцієнт жорсткості канату;
 d_k - діаметр канату, м.
 Зусилля натягу відповідно в точках 4, 5, 6:

$$z_4 = z_3 - 2q \cdot L_{34} \cdot \sin \alpha_{34};$$

$$z_5 = z_4(1 + c)$$

$$z_6 = z_5 - 2q \cdot L_{56} \cdot \sin \alpha_{56}$$

Якщо підставимо один вираз в інший і позначимо через A сталу частину рівняння, а також прийнемо: $\alpha_{12} = \alpha_{34} = \alpha$, $\alpha_{56} = 90^\circ$, то одержимо остаточно:

$$z_6 = F_i = A_i - 2q \cdot L_i \cdot \sin \alpha(1 + c)^2,$$

де
$$A = (Q + G) \cdot (\sin \alpha + w \cdot \cos \alpha) \cdot (1 + c) + 2q \cdot L_H \cdot \sin \alpha(1 + c)^2 - 2q \cdot L_{34} \times \\ \times \sin \alpha(1 + c) - 2q \cdot L_{56}.$$

Статичні зусилля натягу в канатах при опусканні порожнього скіпа визначаються аналогічно (рис.5.37,г):

$$z'_1 = G(\sin \alpha'_{12} - w \cdot \cos \alpha'_{12});$$

$$z'_2 = z'_1 + 2q(L_B + L_1) \cdot \sin \alpha'_{12};$$

$$z'_3 = z'_2(1 - c)$$

$$z'_4 = z'_3 - 2q \cdot L'_{34} \cdot \sin \alpha_{34};$$

$$z'_5 = z'_4(1 - c);$$

$$z'_6 = z'_5 - 2q \cdot L'_{56} \cdot \sin \alpha_{56}.$$

Остаточно одержимо:

$$z'_6 = F'_i = A' + 2q \cdot L_i \cdot \sin \alpha(1 - c)^2.$$

Тут
$$A' = G(\sin \alpha - w \cdot \cos \alpha) \cdot (1 - c)^2 + 2q \cdot L_B \cdot \sin \alpha(1 - c)^2 - 2q \cdot L_{34} \times \\ \times \sin \alpha(1 - c) - 2q \cdot L_{56}.$$

Зусилля натягу в точці 1 канату для випадку, коли скіп перебуває на розвантажувальних кривих, визначають методом графічної побудови (рис.5.37,д). При цьому із точок дотику колес скіпів з рейками проводять напрямлення повних реакцій (з боку рейок) з врахуванням опору переміщенню. В зв'язку з цим нормалі повертають в протилежний бік руху на кут γ ($\operatorname{tg} \gamma = w \cdot \beta$). Якщо точку O перетину реакцій R_1 і R_2 з'єднаємо з точкою перетину лінії дії сил G і z_{1p} , то знайдемо напрямлення рівнодіючої R реакцій R_1 і R_2 . Після цього будують трикутник сил і одержують числове значення z_{1p} . На практиці приймають $z_{1p} = 0,66G$.

Тоді зусилля натягу в точці 6 для вітки навантаженого скіпа, який перебуває на розвантажувальних кривих, буде:

$$z_{6p} = F_{pi} = A_p - 2q \cdot L_i \cdot \sin \alpha(1 + c)^2,$$

$$\text{де } A_p = 0,66G(1+c)^2 + 2q \cdot L_H \cdot \sin \alpha(1+c)^2 - 2q \cdot L_{34} \cdot \sin \alpha(1+c) - 2q \cdot L_{56}.$$

Для вітки порожнього скіпа:

$$z'_{6p} = F'_{pi} = A'_p - 2q \cdot L_i \cdot \sin \alpha(1-c)^2,$$

$$\text{де } A'_p = 0,66G(1-c)^2 + 2q \cdot L_B \cdot \sin \alpha(1-c)^2 - 2q \cdot L_{34} \cdot \sin \alpha(1-c) - 2q \cdot L_{56}.$$

Окружні зусилля на барабані за одержаними зусиллями натягу визначаються для кожної з семи точок діаграми швидкості:

$$F_{ci} = F_i - F'_i.$$

За значеннями цих сил будують графік. Потім визначають попередню потужність двигуна тому, що для наступного розрахунку динамічних навантажень будуть потрібні дані про маховий момент якоря приводних двигунів. Розрахунок ведуть за окружним зусиллям для середнього положення скіпів на похилій ділянці мосту. Якщо врахувати ті обставини, що розрахунок потужності двигунів ведуть для шихтової подачі, яка складається з декількох скіпів різних матеріалів, то необхідно визначити розрахункове зусилля:

$$F_{\text{роз}} = \frac{z_p \cdot F_{c(p)cp} + z_a \cdot F_{c(a)cp} + z_k \cdot F_{c(k)cp} + z_c \cdot F_{c(c)cp}}{z_p + z_a + z_k + z_c},$$

де z_p, z_a, z_k, z_c - кількість скіпів відповідно з рудою, агломератом, коксом, скрапом за одну подачу.

Тоді потужність одного двигуна:

$$N_{\text{ноп}} = F_{\text{роз}} \frac{v_m}{2 \cdot 1000 \cdot \eta},$$

де η - ККД привода.

Динамічні навантаження також приводимо до окружності барабана:

$$F_{gi} = m \cdot a_i$$

де $m = m_1 + m_2$ - приведені до окружності барабана всі рухомі маси підйомника;

m_1, m_2 - відповідно маса поступальних і обертових частин;

a_i - прискорення на окружності барабана у відповідний період часу.

Оскільки поступальні маси (скіпи, вантаж, канати) мають швидкість руху, яка дорівнює окружній швидкості барабана, то:

$$m_1 = \frac{2G + Q + 4G_k}{g}$$

де G_k - вага одного канату.

Приведення обертових мас m_2 здійснюється через їх моменти інерції. Із рівняння:

$$\dot{I} = m\rho^2 = m_2 \cdot R_6^2,$$

можна одержати формули для приведення мас до окружності барабана з радіусом R_6 і діаметром D_6 .

$$m_2 = \frac{4\dot{I}}{D_6^2} \text{ або } m_2 = \frac{GD^2}{gD_6^2},$$

а з врахуванням того, що приведення ведеться від бистрохідного вала до тихохідного, остаточно одержимо:

$$m_2 = \frac{4\dot{i} \cdot i^2}{D_6^2} \text{ і } m_2 = \frac{GD^2 \cdot i^2}{gD_6^2}.$$

Користуючись пими виразами, наведені обертові маси до окружності барабана відповідно до розрахункової схеми (рис.5.37,г)

$$m_2 = \frac{(2GD_p^2 + 2GD_M^2 + 2GD_r^2)(i_1 \cdot i_2)^2}{gD_6^2} + \frac{4(2i_1)(i_1 \cdot i_2)^2}{D_6^2} +$$

$$+ \frac{4(2i_2 + 2i_3 + 2i_4) \cdot i_2^2}{D_6^2} + \frac{4(i_5 + i_6 + 8i_m)}{D_6^2}$$

де i_1, i_2 - передаточні числа редуктора і відкритої передачі.

За одержаними значеннями F_{ci} і F_{di} будують діаграму навантаження з наступним визначенням еквівалентного навантаження. Аналогічні розрахунки ведуться для різних матеріалів (наприклад руди, агломерату, коксу, скрапу), а після цього визначають еквівалентне навантаження за подачу, яка складається зі скіпів з рудою, агломератом і скрапом:

$$F_e = \sqrt{\frac{z_p \cdot F_{cp}^2 \cdot T + z_a \cdot F_{ca}^2 \cdot T + z_k \cdot F_{ek}^2 \cdot T + z_c \cdot F_{cc}^2 \cdot T}{(z_p + z_a + z_k + z_c) \cdot T + 0,5(z_p \cdot t_p + z_a \cdot t_a + z_k \cdot t_k + z_c \cdot t_c)}},$$

де T - час підйому скіпа;

t_p, t_a, t_k, t_c - відповідно час завантаження скіпа рудою, агломератом, коксом, скрапом;

$F_{e.p}, F_{e.a}, F_{e.k}, F_{e.c}$ - відповідно еквівалентні навантаження при транспортуванні руди, агломерату, коксу, скрапу;

$0,5$ - коефіцієнт, який враховує умови охолодження двигуна в період пауз.

При застосуванні двигуна зі стандартною довгочасністю включення ДВ, яка відрізняється від фактичної ДВ_ф, необхідно виконати перерахування потужності за формулою:

$$N = N_{\phi} \sqrt{\frac{ДВ_{\phi}}{ДВ}}$$

Перевіряють двигун на переобтяження за формулою:

$$\frac{N_{\max}}{N} \leq [\lambda].$$

Потужність N_{\max} визначається за максимальним значенням діаграми навантаження.

10.5. Приклад розрахунку потужності двигуна скіпової лебідки

1. Вихідні дані: $Q_p=225\text{кН}$; $Q_k=45\text{кН}$; $G=100\text{кН}$; $q=51\text{Н/м}$; $\alpha=54^\circ$; $\mu=0,015$; $k=0,0008\text{м}$; $d=0,11\text{м}$; $D=0,5\text{м}$; $\beta=3$; $d_k=0,039\text{м}$; $d_m=0,2\text{м}$; $D_m=2\text{м}$; $\beta_k=3$; $\mu_k=0,025$; $\varphi=176^\circ$; $D_6=2\text{м}$; $L_H=85\text{м}$; $L_B=7\text{м}$; $L_{23}=3\text{м}$; $L_{34}=42\text{м}$; $L_{45}=1,4\text{м}$; $L_{56}=15\text{м}$; $L_k=L_H+L_{23}+L_{34}+L_{45}+L_{56}+2\pi \cdot D_6=159\text{м}$; $G_k=8,109\text{кН}$; кількість канатів - 4; $w_m=3,5\text{м/с}$; $v_p=1,0\text{м/с}$; $a_1=0,3\text{м/с}^2$; $a_2=0,6\text{м/с}^2$; $a_4=a_6=-0,6\text{м/с}^2$; $\ell_p=7\text{м}$; $\ell_1=1\text{м}$; $i=18,6$; $i_1=7,1$; $i_2=2,62$; $GD_M^2=67,1\text{Н}\cdot\text{м}^2$; $GD_M^2=67,1\text{Н}\cdot\text{м}^2$; $GD_r^2=153,98\text{Н}\cdot\text{м}^2$; $GD_r^2=153,98\text{Н}\cdot\text{м}^2$; $GD_M^2=67,1\text{Н}\cdot\text{м}^2$; $\dot{I}_1=4,905\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $\dot{I}_2=413\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $\dot{I}_3=12,6\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $\dot{I}_4=11,77\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $\dot{I}_5=4044,66\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $\dot{I}_6=6706,1\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $\dot{I}_m=559,17\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $\eta=0,9$ подача (2 скіпи руди + 2 скіпи коксу, тобто $z_p=2$; $z_k=2$); $t_p=7\text{с}$; $t_k=10\text{с}$.

2. Розрахунок графіка швидкості:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{0,3}} = 2,58\text{с}$$

$$t_6 = \frac{1,0}{0,6} = 1,67\text{с}$$

$$v_1 = 0,3 \cdot 2,58 = 0,774 \text{ М/с};$$

$$l_6 = \frac{1 \cdot 6,7}{2} = 0,83 \text{ м};$$

$$t_2 = \frac{3,5 - 0,774}{0,6} = 4,54 \text{ с};$$

$$l_5 = 7,0 - 0,83 = 6,17 \text{ м};$$

$$l_2 = \frac{(3,5 + 0,774) \cdot 4,54}{2} = 9,7;$$

$$t_5 = \frac{6,17}{1} = 6,17 \text{ с};$$

$$t_4 = \frac{3,5 - 1}{0,6} = 4,17 \text{ с};$$

$$l_4 = \frac{(3,5 + 1) \cdot 4,17}{2} = 9,38 \text{ м};$$

$$l_3 = 85 - 7 - (1 + 9,7 + 9,38 + 6,17 + 0,83) = 50,92 \text{ м};$$

$$t_3 = \frac{50,92}{3,5} = 14,55 \text{ с};$$

$$T = 2,58 + 4,54 + 14,55 + 4,17 + 6,17 + 1,67 = 33,68 \approx 34 \text{ с (рис.5.38)}.$$

3. Визначення зміни довжини канатів:

$$L_1 = 0 \text{ (точка 1);}$$

$$L_2 = 0 + 1 = 1 \text{ м (точка 2);}$$

$$L_3 = 1,0 + 9,7 = 10,7 \text{ м (точка 3);}$$

$$L_4 = 10,7 + 50,92 = 61,62 \text{ (точка 4);}$$

$$L_5 = 61,62 + 9,38 = 71 \text{ м (точка 5);}$$

$$L_6 = 71 + 6,17 = 77,17 \text{ м (точка 6);}$$

$$L_7 = 77,17 + 0,83 = 78 \text{ м (точка 7) (рис.5.38)}.$$

4. Визначення статичних зусиль натягу в канатах

Визначаємо коефіцієнти

$$w = \frac{0,015 \cdot 0,11 + 2 \cdot 0,0008}{0,5} \cdot 3 = 0,02,$$

$$C = \frac{10 \cdot 0,039^2}{2 - 0,1} + 2 \cdot 3 \cdot 0,025 \cdot \frac{0,2}{2} \cdot \sin \frac{176^\circ}{2} = 0,023.$$

а також сталі величини A , A' , A_p , A'_p :

для руди

$$A_{(p)} = (225000 + 100000)(0,809 + 0,02 \cdot 0,588)(1 + 0,023)^2 + 2 \cdot 51 \cdot 85 \times \\ \times 0,809(1 + 0,023)^2 - 2 \cdot 51 \cdot 42 \cdot 0,809(1 + 0,023) - 2 \cdot 51 \cdot 15 = 281120 \text{ Н},$$

$$A'_{(p)} = 100000(0,809 - 0,02 \cdot 0,588)(1 - 0,023)^2 + 2,54 \cdot 7 \cdot 0,809(1 - 0,023)^2 - \\ - 2 \cdot 51 \cdot 15 = 71692 \text{ Н},$$

$$A_{p(p)} = 0,66 \cdot 100000(1 + 0,023)^2 + 2 \cdot 51 \cdot 85 \cdot 0,809(1 + 0,023)^2 - 2 \cdot 51 \cdot 42 \times \\ \times 0,809(1 + 0,023) - 2 \cdot 51 \cdot 15 = 71297 \text{ Н},$$

$$A'_{p(p)} = 0,66 \cdot 100000(1 - 0,023)^2 + 2 \cdot 51 \cdot 7 \cdot 0,809(1 - 0,023)^2 - 2 \cdot 51 \cdot 42 \times \\ \times 0,809(1 - 0,023) - 2 \cdot 51 \cdot 15 = 58599 \text{ Н},$$

для коксу

$$A_{(k)} = (45000 + 100000)(0,809 + 0,02 \cdot 0,588)(1 + 0,023)^2 + 2 \cdot 51 \cdot 85 \cdot 0,809 \times \\ \times (1 + 0,023)^2 - 2 \cdot 51 \cdot 42 \cdot 0,809(1 + 0,023) - 2 \cdot 51 \cdot 15 = 126758 \text{ Н},$$

$$A'_{(k)} = A'_{(p)} = 71692 \text{ Н}; A_{p(k)} = A_{p(p)} = 71297 \text{ Н}; A'_{p(k)} = A'_{p(p)} = 58599 \text{ Н}.$$

Тоді зусилля натягу у вітці навантаженого скіпа (точки 1...5 діаграми швидкості відповідають положенню скіпа на похилій ділянці мосту, а точки 6, 7 - на розвантажувальних кривих):

для руди

$$F_{(p)1} = 281020 - 2 \cdot 51 \cdot L_1 \cdot 0,809(1 + 0,23)^2 = 281020 - 86,3 \cdot L_1 = 281020 - 86,3 \cdot 0 = 281020\text{Н},$$

$$F_{(p)2} = 281020 - 86,3 \cdot 1 = 280934\text{Н},$$

$$F_{(p)4} = 281020 - 86,3 \cdot 61,62 = 275702\text{Н},$$

$$F_{(p)3} = 281020 - 86,3 \cdot 10,7 = 280097\text{Н},$$

$$F_{(p)5} = 281020 - 86,3 \cdot 71 = 274893\text{Н},$$

$$F_{(p)3}' = 281020 - 86,3 \cdot 39 = 277654\text{Н}$$

$$F_{(p)6} = 71297 - 86,3 \cdot 77,17 = 64673\text{Н},$$

(середнє положення скіпа),

$$F_{(p)7} = 71297 - 86,3 \cdot 78 = 64566\text{Н},$$

для коксу (визначаємо аналогічно)

$$F_{(k)1} = 126758 - 86,3 \cdot 0 = 126758\text{Н},$$

$$F_{(k)4} = 121440\text{Н},$$

$$F_{(k)2} = 126758 - 86,3 \cdot 1 = 126672\text{Н},$$

$$F_{(k)5} = 120631\text{Н},$$

$$F_{(k)3} = 125835\text{Н},$$

$$F_{(k)6} = F_{(p)6} = 64637\text{Н},$$

$$F_{(k)3}' = 123392\text{Н},$$

$$F_{(k)7} = F_{(p)7} = 64566\text{Н}.$$

Зусилля натягу у вітці порожнього скіпа (точки 1, 2 діаграми швидкості відповідають положенню скіпа на розвантажувальних кривих, точки 3...7 - на похилій ділянці мосту):

$$F'_{(p)1} = 58599 + 2 \cdot 51 \cdot L_1 \cdot 0,809(1 - 0,023)^2 = 58599 + 78,7 \cdot L_1 = 58599 + 78,7 \cdot 0 = 58599\text{Н};$$

$$F'_{(p)2} = 58599 + 78,7 \cdot 1 = 58678\text{Н};$$

$$F'_{(p)4} = 71692 + 78,7 \cdot 61,62 = 76541\text{Н};$$

$$F'_{(p)3} = 71692 + 78,7 \cdot 10,7 = 72534\text{Н};$$

$$F'_{(p)5} = 71692 + 78,7 \cdot 71 = 77279\text{Н};$$

$$F'_{(p)3}' = 71692 + 78,7 \cdot 39 = 74761\text{Н}$$

$$F'_{(p)6} = 71692 + 78,7 \cdot 77,17 = 77765\text{Н};$$

(середнє положення скіпа);

$$F'_{(p)7} = 71692 + 78,7 \cdot 78 = 77831\text{Н},$$

для коксу одержуємо ті ж значення

$$F'_{(k)1} = 58599\text{Н}, \quad F'_{(k)4} = 76541\text{Н},$$

$$F'_{(k)2} = 58678\text{Н}, \quad F'_{(k)5} = 77279\text{Н},$$

$$F'_{(k)3} = 72534\text{Н}, \quad F'_{(k)6} = 77765\text{Н},$$

$$F'_{(k)3}' = 74761\text{Н}, \quad F'_{(k)7} = 77830\text{Н}.$$

Статичні окружні зусилля на барабани:

для руди

$$F_{c(p)1} = F_{(p)1} - F'_{(p)1} = 281020 - 58599 = 222421\text{Н},$$

$$F_{c(p)2} = F_{(p)2} - F'_{(p)2} = 280934 - 58678 = 222256\text{Н},$$

$$F_{c(p)3} = F_{(p)3} - F'_{(p)3} = 280096 - 72534 = 207562\text{Н},$$

$$F_{c(p)3}' = F_{(p)3}' - F'_{(p)3}' = 277654 - 74761 = 202893\text{Н},$$

$$F_{c(p)4} = F_{(p)4} - F'_{(p)4} = 275702 - 76541 = 199161\text{Н},$$

$$F_{c(p)5} = F_{(p)5} - F'_{(p)5} = 274893 - 77279 = 196614\text{Н},$$

$$F_{c(p)6} = F_{(p)6} - F'_{(p)6} = 64637 - 77765 = -13128\text{Н},$$

$$F_{c(p)7} = F_{(p)7} - F'_{(p)7} = 64566 - 77830 = -13264\text{Н},$$

для коксу

$$F_{c(k)1} = F_{(k)1} - F'_{(k)1} = 126758 - 58599 = 68159\text{Н},$$

$$F_{c(k)2} = F_{(k)2} - F'_{(k)2} = 126672 - 58678 = 67994\text{Н},$$

$$F_{c(k)3} = F_{(k)3} - F'_{(k)3} = 125835 - 72534 = 53301\text{Н},$$

$$F_{c(k)3'} = F_{(k)3'} - F'_{(k)3'} = 123392 - 74761 = 48631\text{Н},$$

$$F_{c(k)4} = F_{(k)4} - F'_{(k)4} = 121440 - 76541 = 44899\text{Н},$$

$$F_{c(k)5} = F_{(k)5} - F'_{(k)5} = 120631 - 77279 = 43352\text{Н},$$

$$F_{c(k)6} = F_{(k)6} - F'_{(k)6} = 64637 - 77765 = -13128\text{Н},$$

$$F_{c(k)7} = F_{(k)7} - F'_{(k)7} = 64566 - 77830 = -13264\text{Н}.$$

За одержаними даними побудовано графіки $F_{c(p)}=f_1(t)$, $F_{c(k)}=f_2(t)$ (рис.5.38).

5. Визначення наближеного значення потужності двигуна. Середнє окружне зусилля (за значенням $F_{c(p)3'}$ і $F_{c(k)3'}$)

$$F_{c.cp} = \frac{z_p \cdot F_{c(p)3'} + z_k \cdot F_{c(k)3'}}{z_p + z_k} = \frac{2 \cdot 202893 + 2 \cdot 48631}{2 + 2} = 125762\text{Н}.$$

Тоді потужність одного двигуна:

$$N_{\text{наб}} = \frac{125762 \cdot 3,5}{2 \cdot 1000 \cdot 0,9} = 244,5\text{кВт}.$$

За каталогом вибираємо двигун постійного струму ДП74 34-6 з параметрами: $N = 260\text{кВт}$ при $DВ = 100\%$, $n_{\min} = 500\text{хв}^{-1}$, $n_{\max} = 700\text{хв}^{-1}$, $GD_x^2 = 1422,45\text{н} \cdot \text{м}^2$, $[\lambda] = 3$.

6. Визначення динамічних окружних зусиль

Зведена до окружності барабана маса поступально рухомих частин:

$$\text{для руди } m_{(p)1} = \frac{2 \cdot 100000 + 225000 + 4 \cdot 8109}{9,81} = 46629\text{кг};$$

$$\text{для коксу } m_{(k)1} = \frac{2 \cdot 100000 + 45111 + 4 \cdot 8109}{9,81} = 28281\text{кг}.$$

Зведена маса обертових частин (рис.5.37,е)

$$\begin{aligned} m_{(p)2} &= \frac{2 \cdot 1422,45 \cdot 18,6^2}{9,81 \cdot 2^2} + \frac{(2 \cdot 67,1 + 2 \cdot 153,98) \cdot 18,6^2}{9,81 \cdot 2^2} + \frac{4 \cdot 2 \cdot 4,905 \cdot 18,6^2}{2^2} + \\ &+ \frac{4(2 \cdot 413 + 2 \cdot 12,6 + 2 \cdot 11,77)7,1^2}{2^2} + \frac{4(4044,66 + 6706,1 + 8 \cdot 559,17)}{2^2} = \\ &= 25082,1 + 3898,3 + 3393,9 + 44095,6 + 15224 = 91694\text{кг}, \end{aligned}$$

$$m_{(k)2} = m_{(p)2}$$

Загальна зведена до окружності барабана маса:

$$\text{для руди } m_{(p)} = m_{(p)1} + m_{(p)2} = 46629 + 91694 = 138323 \text{ кг,}$$

$$\text{для коксу } m_{(k)} = m_{(k)1} + m_{(k)2} = 28281 + 91694 = 119975 \text{ кг.}$$

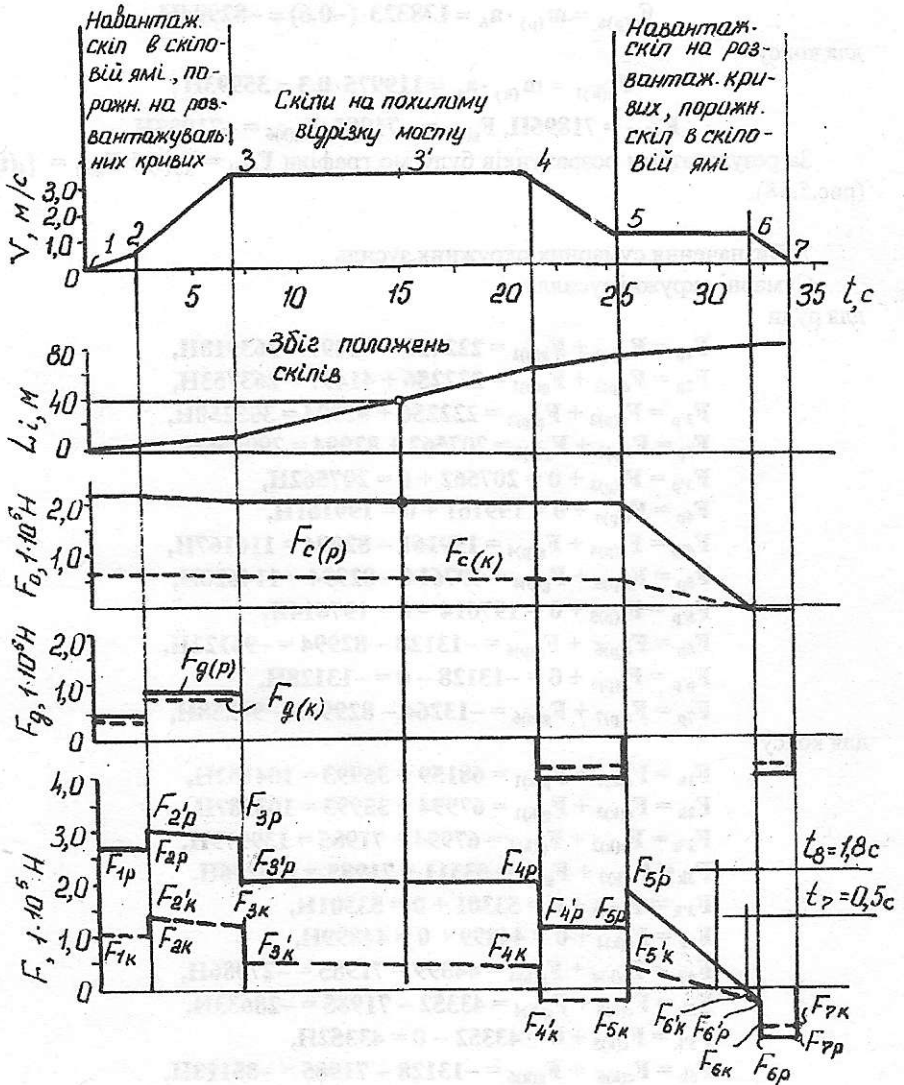


Рис. 5.38. Графіки до числового прикладу обчислення потужності двигуна лебідки

— для руди
 - - - для коксу

Динамічні окружні зусилля:

для руди

$$F_{g(p)1} = m_{(p)} \cdot a_1 = 138323 \cdot 0,3 = 41497H,$$

$$F_{g(p)2} = m_{(p)} \cdot a_2 = 138323 \cdot 0,6 = 82994H,$$

$$F_{g(p)4} = m_{(p)} \cdot a_4 = 138323 \cdot (-0,6) = -82994H,$$

$$F_{g(p)6} = m_{(p)} \cdot a_6 = 138323 \cdot (-0,6) = -82994H,$$

для коксу

$$F_{g(k)1} = m_{(k)} \cdot a_1 = 119975 \cdot 0,3 = 35993H,$$

$$F_{g(k)2} = 71895H, F_{g(k)4} = -71985, F_{g(k)6} = -71985H.$$

За результатами розрахунків будемо графіки $F_{g(p)} = f_3(t)$ і $F_{g(k)} = f_4(t)$ (рис.5.38).

7. Визначення сумарних окружних зусиль

Сумарні окружні зусилля:

для руди

$$F_{1p} = F_{c(p)1} + F_{g(p)1} = 222421 + 41497 = 263918H,$$

$$F_{2p} = F_{c(p)2} + F_{g(p)1} = 222256 + 41497 = 263753H,$$

$$F_{2'p} = F_{c(p)2} + F_{g(p)2} = 222256 + 82994 = 305250H,$$

$$F_{3p} = F_{c(p)3} + F_{g(p)2} = 207562 + 82994 = 290556H,$$

$$F_{3'p} = F_{c(p)3} + 0 = 207562 + 0 = 207562H,$$

$$F_{4p} = F_{c(p)4} + 0 = 199161 + 0 = 199161H,$$

$$F_{4'p} = F_{c(p)4} + F_{g(p)4} = 199161 - 82994 = 116167H,$$

$$F_{5p} = F_{c(p)5} + F_{g(p)4} = 197614 - 82994 = 114620H,$$

$$F_{5'p} = F_{c(p)5} + 0 = 197614 - 0 = 197614H,$$

$$F_{6p} = F_{c(p)6} + F_{g(p)6} = -13128 - 82994 = -96122H,$$

$$F_{6'p} = F_{c(p)6} + 0 = -13128 - 0 = -13128H,$$

$$F_{7p} = F_{c(p)7} + F_{g(p)6} = -13264 - 82994 = -96258H,$$

для коксу

$$F_{1k} = F_{c(k)1} + F_{g(k)1} = 68159 + 35993 = 104152H,$$

$$F_{2k} = F_{c(k)2} + F_{g(k)1} = 67994 + 35993 = 103987H,$$

$$F_{2'k} = F_{c(k)2} + F_{g(k)2} = 67994 + 71985 = 139979H,$$

$$F_{3k} = F_{c(k)3} + F_{g(k)2} = 53311 + 71985 = 125286H,$$

$$F_{3'k} = F_{c(k)3} + 0 = 53301 + 0 = 53301H,$$

$$F_{4k} = F_{c(k)4} + 0 = 44899 + 0 = 44899H,$$

$$F_{4'k} = F_{c(k)4} + F_{g(k)4} = 44899 - 71985 = -27086H,$$

$$F_{5k} = F_{c(k)5} + F_{g(k)4} = 43352 - 71985 = -28633H,$$

$$F_{5'k} = F_{c(k)5} + 0 = 43352 - 0 = 43352H,$$

$$F_{6k} = F_{c(k)6} + F_{g(k)6} = -13128 - 71985 = -85113H,$$

$$F_{6'k} = F_{c(k)6} + 0 = -13128 - 0 = -13128H,$$

$$F_{7k} = F_{c(k)7} + F_{g(k)6} = -13264 - 71985 = -85249H.$$

За одержаними даними будемо графіки $F_p = f_5(t)$ і $F_k = f_6(t)$ (рис.5.38).

8. Визначення еквівалентних окружних зусиль

Еквівалентні окружні зусилля:

для руди

$$F_{e.p} = \sqrt{\frac{\frac{F_{1p}^2 + F_{1p} \cdot F_{2p} + F_{2p}^2}{3} \cdot t_1 + \frac{F_{2p}^2 + F_{2p} \cdot F_{3p} + F_{3p}^2}{3} \cdot t_2 + \frac{F_{3p}^2 + F_{3p} \cdot F_{4p} + F_{4p}^2}{3} \cdot t_3 + \frac{F_{4p}^2 + F_{4p} \cdot F_{5p} + F_{5p}^2}{3} \cdot t_4 + \frac{F_{5p}^2}{3} (t_5 - t_7) + \frac{F_{6p}^2}{3} \cdot t_7 + \frac{F_{6p}^2 + F_{6p} \cdot F_{7p} + F_{7p}^2}{3} \cdot t_6}{t_3 + t_5 + 0,75(t_1 + t_2 + t_4 + t_6)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{\frac{263918^2 + 263918 \cdot 263753 + 263753^2}{3} \cdot 2,5 + \frac{305250^2 + 305250 \cdot 290556 + 290556^2}{3} \cdot 4,54 + \frac{207562^2 + 207562 \cdot 199161 + 199161^2}{3} \cdot 14,55 + \frac{116167^2 + 116167 \cdot 114620 + 114620^2}{3} \cdot 4,17 + \frac{197614^2}{3} (6,17 - 0,5) + \frac{(-13128)^2}{3} \cdot 0,5 + \frac{(-96122)^2 + (-96122)(-96258) + (-96258)^2}{3} \cdot 1,67}{14,55 + 6,17 + 0,75(2,58 + 4,54 + 4,17 + 1,67)}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1323640500000}{30,44}} = 208527H,$$

для коксу за аналогією одержимо

$$F_{e.k} = \sqrt{\frac{160825761111}{30,44}} = 72687H.$$

Еквівалентне зусилля за подачу (двоє скіпів з рудою і двоє скіпів з коксом)

$$F_e = \sqrt{\frac{2 \cdot 208527^2 \cdot 34 + 2 \cdot 72687^2 \cdot 34}{(2+2) \cdot 34 + 0,57(7 \cdot 2 + 10 \cdot 2)}} = 147221H.$$

9. Еквівалентна потужність двигуна

$$N_e = \frac{147221 \cdot 3,5}{2 \cdot 1000 \cdot 0,9} = 286кВт.$$

Визначаємо фактичну довгочасність включення

$$DВ_{\phi} = \frac{T(z_p + z_k)}{T(z_p + z_k) + (z_p \cdot t_p + z_k \cdot t_k)} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{34(2+2)}{34(2+2) + (2 \cdot 7 + 2 \cdot 10)} \cdot 100\% = 80\%$$

Тоді необхідна потужність двигуна

$$N = 286 \cdot \sqrt{\frac{80}{100}} = 286 \cdot 0,894 = 256 \text{кВт}.$$

Остаточню приймаємо $N = 260 \text{кВт}$ (ДП74 34-6).

10. Перевірка двигуна на переобтяження (за рудою). Максимальна необхідна потужність

$$N_{\max} = \frac{F_{2p} \cdot v_m}{2 \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{305250 \cdot 3,5}{2 \cdot 1000 \cdot 0,9} = 593 \text{кВт}.$$

Тоді $\lambda = 593/260 = 2,28$, що допустимо.

10.6. Задачі

1. За даними прикладу визначте зусилля натягу в точці 3' (діаграми швидкості) вітки навантаженого скіпа, якщо $Q = 12 \cdot 10^4 \text{Н}$.
2. За даними прикладу і задачі визначте статичне зусилля в точці 3', якщо $G = 9 \cdot 10^4 \text{Н}$.
3. За даними прикладу визначте приведені до окружності барабана динамічне окружне зусилля, якщо $GD_n^2 = 2,5 \cdot 10^3 \text{Н} \cdot \text{м}^2$, $i = 24$, $i_1 = 8$.
4. За даними прикладу визначте загальний час руху скіпа знизу ввверх, якщо $L_n = 100 \text{м}$.
5. За даними прикладу визначте зусилля натягу в точці б при русі навантаженого скіпа на похилій ділянці мосту, якщо $\alpha = 48^\circ$, $L_1 = 50 \text{м}$.
6. За даними прикладу приведіть моменти інерції поступально рухомих частин до вала електродвигуна.

10.7. Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте устаткування для подачі шихти на колошник шахтних печей.
2. Зарисуйте схему похилого скіпового підйомника, поясніть його будову та принцип дії.
3. Зарисуйте схеми скіпа і його положення на розвантажувальних кривих.
4. Зарисуйте схему типової скіпової лебідки і охарактеризуйте призначення і будову її вузлів.
5. Поясніть методику визначення стійкості скіпа на його похилій ділянці скіпа.
6. Поясніть методику визначення умов самоповороту скіпа на розвантажувальній ділянці мосту.
7. Поясніть методику побудови графіка швидкості і визначення зміни довжини канатів.

8. Поясніть методику визначення окружних статичних зусиль на барабані лебідки.
9. Поясніть методику графо-аналітичного визначення зусиль натягу в канатах при розміщенні скіпів на розвантажувальних кривих.
10. Поясніть методику визначення попередньої потужності двигуна.
11. Поясніть методику визначення динамічних окружних зусиль.
12. Поясніть методику визначення еквівалентної потужності двигуна і перерахування потужності з врахуванням фактичної довгочасності включення.

Тема 11. Устаткування для завантаження відбивних, мартенівських і електричних дугових печей

11.1. У відбивні печі вогневого рафінування тверду шихту завантажують наземно-рейковими машинами вантажопідйомністю 3т. Машина має самохідний міст і візок з поворотною платформою, на якій змонтовані кабіна з пультом керування і хобот з механізмами обертання і качання. Міст рухається по рейковій колії вздовж фронту печей, а візок - перпендикулярно руху мосту. Висота машини - біля 2,5м, а довжина при максимальному вильоті хобота - більше 10м. Частота обертання платформи становить $4,4\text{хв}^{-1}$, частота обертання хобота - $22,4\text{хв}^{-1}$, частота качання хобота 4,1 за 1 хв. Захоплення і підйом завантажених мульд, а також їх розмикання здійснюється механізмами качання хобота і замикання мульди. Подачу завантаженої мульди через робоче вікно в піч і вивід її з печі виконують механізмом переміщення візка. Перекидають і розвантажують мульди в печі механізмом обертання хобота. Обертова платформа дозволяє розвантажувати матеріал по всьому простору печі [2].

В електричні дугові печі феросплави і різноманітні сипучі матеріали переважно завантажують крановими мульдозавальними машинами. Типові машини виготовляються вантажопідйомністю 1,5/10; 1,5/20; 3/10; 5/20; 8/20т. Перша цифра означає вантажопідйомність на хоботі, друга - вантажопідйомність допоміжного підйому. Міст машини практично не відрізняється від мостів звичайних мостових кранів. Схема візка машини - на рис.5.39,а. На візку змонтовані механізми підйому і обертання колони, яка проходить всередині ґратчастої чи трубчастої шахти. До нижнього кінця колони підвішується кабіна з хоботом і механізмами його обертання і качання. Ці машини мають ряд істотних недоліків: складна конструкція, труднощі з проведенням ремонтів, у випадку поломки перекриває шлях іншим вантажопідйомним машинам. Тому більш доцільне застосування наземних машин безрейкового типу, які переміщуються по робочій площадці. Таким машинам властиві компактність, автономність, гнучкість і надійність в роботі (рис.5.39,б). Всі механізми цих машин приводяться в рух від гідроприводів поступальної чи обертальної дії. Маслостанція

оснащена дизельним двигуном. Для можливості широкого маневрування рухом машини в корпусі заднього мосту поміщено конічний диференціал. Машини виготовляються вантажопідйомністю 1,5 і 3,0т.

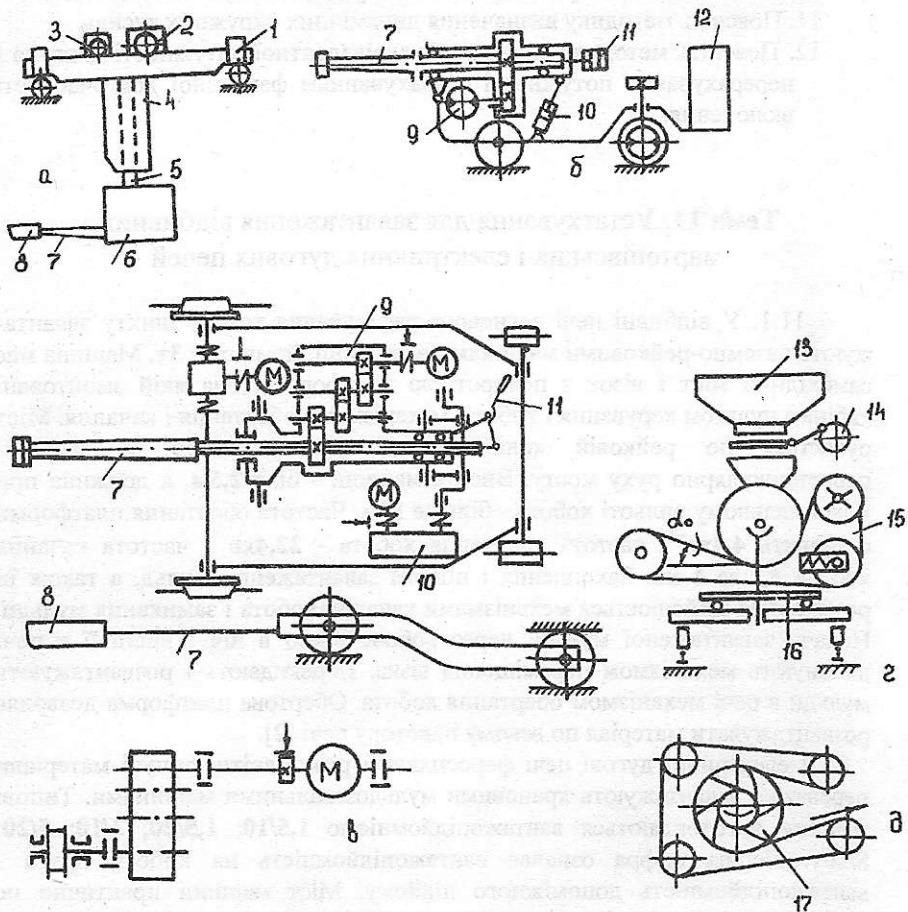


Рис. 5.39. Схема машин для завантаження відбивних і електричних печей: а-кранова мульдозавальна; б-наземна мульдозавальна; в-візок наземно-рейкової мульдозавальної машини з механізмами; г-стрічкова; д-роторно-стрічкова; 1-механізм переміщення; 2-механізм підйому колони; механізм обертання колони; 4-шпхта; 5-колона; 6-кабіна машиніста з механізмами качання і обертання хобота; 7-хобот; 8-мульда; 9-механізм обертання хоботу; 10-механізм качання хобота; 11-пристрій для замикання мульдя; 12-маслостанція з дизельним приводом; 13-бункер; 14-затвор; 15-стрічковий кидальний механізм; 16-поворотна платформа; 17-ротор

Для завантаження мартенівських печей застосовують наземно-рейкові мульдозавальні машини вантажопідйомністю 7,5; 10 і 15т. Конструкція і компоновка механізмів однакові. Машини мають такі механізми: на мосту розташовані чотири механізми переміщення; на візку компактно

змонтовані механізми переміщення візка, обертання і качання хобота, а також механізм замикаання мульди (2). Схема візка машини з його механізмами показана на рис.5.39,в. Особливість конструкції візка полягає в будові його ходової частини. Колеса візка рухаються по рейках, прокладених на різних рівнях мосту. Така схема ходової частини забезпечує стійкість візка проти перекидання. На відміну від розглянутих вище машин в цих машинах мульда при маневруванні рухом мосту і візка переміщується в прямокутній системі координат.

Завантаження електричних печей сипучими матеріалами здійснюється стрічковими і роторно-стрічковими машинами, машинами кидального типу і машинами з вібраційними трубами (2). Серед них найбільш поширені стрічкові машини (рис.5.39,г) і роторно-стрічкові (рис.5.39,г), які мають високу продуктивність і відзначаються простотою робочого органу і якісним розсівом матеріалу по ванні печі. Робочий орган розташовується на поворотній платформі, що дає можливість машині навіть з одного положення розкидати матеріал по значній площі ванни. Дальність польоту L матеріалу залежить від його кінцевої швидкості руху v_k на стрічці і кута нахилу стрічки α (передбачено управління нахилом стрічки), тобто:

$$L = \frac{v_k}{g} \cdot \sin 2\alpha_0.$$

Стрічкові машини руднотермічних печей переміщуються по круговій рейковій колії навколо ванни. В зв'язку з цим зовнішні колеса, які рухаються по зовнішній нитці рейкової колії, мають відповідно більший діаметр. Підводять струм до машини гнучкими кабелями. В окремих машинах замість електродвигунів застосовуються пневмодвигуни.

Із розглянутих вище машин в більш навантаженому стані працюють кранові завальні машини: механізми підйому і обертання колони, качання хобота і переміщення візка. Методика розрахунків механізмів підйому колони і качання хобота аналогічна методиці розрахунків кривошипно-шатунних і кривошипно-коромислових механізмів.

11.2. Розрахунок механізму обертання колони

Розглянемо випадок, коли обертання колони здійснюється з одночасним її рухом в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Розрахунок виконують для більш важкого стану, коли пуск механізму обертання колони відбувається одночасно з неусталеним рухом візка і мосту машини. Систему координат вибирають так, щоб рух мосту відбувався вздовж осі X , а рух візка - вздовж осі Y . Початок координат розташовуємо в точці O (рис.5.40).

Спочатку визначають координати центра тяжіння системи $C(x_c; y_c; z_c)$, до якого прикладають вагу обертових частин Q і сили інерції, котрі виникають внаслідок неусталеного руху візка і мосту.

При русі візка з прискоренням a_1 виникає сила інерції:

$$F_{i_1} = m \cdot a = \frac{Q}{g} \cdot a_1 \quad \text{чи} \quad F_{i_1} = \frac{Q \cdot v_B}{g \cdot t_{PB}},$$

а при русі мосту - сила інерції:

$$F_{i_2} = \frac{Q \cdot v_M}{g \cdot t_{PM}},$$

де v_B, v_M - швидкість руху візка і мосту;

t_{PB}, t_{PM} - час розгону приводів візка і мосту.

Сили інерції (дотична F_{ir} і нормальна F_{in}), які виникають внаслідок обертання колони навколо осі Z з кутовою швидкістю ω і прискоренням ε , можуть бути визначені за формулами:

$$\begin{aligned} F_{ir} &= m \cdot a_r, & F_{ir} &= m \cdot \varepsilon \cdot r_c, \\ F_{in} &= m \cdot a_n, & F_{in} &= m \cdot \omega^2 \cdot r_c, \end{aligned}$$

де $r_c = \sqrt{x_c^2 + y_c^2}$ - відстань між віссю обертання колони і точкою C .

Сила F_{ir} переноситься в точку C з додаванням пари сил, момент якої дорівнює:

$$M_j = \left(\sum \dot{I}_i - \frac{Q \cdot r_c^2}{g} \right) \cdot \varepsilon,$$

де $\sum \dot{I}_i$ - загальний момент інерції поворотної частини машини відносно осі колони.

Момент M_j має направлення, зворотне направленню обертання колони.

Подальше вирішення задачі зводиться до визначення окружного зусилля P на зубчатому приводному колесі. Розрахунок виконують з врахуванням моментів M_A, M_B, M_D від сил тертя в опорах A, B, D , які проте можуть бути визначені після визначення реакцій Y_A, Y_B, X_A, X_B, Z_D . Таким чином, невідомими є: $P, Y_A, Y_B, X_A, X_B, Z_D$. В цьому випадку необхідно скласти шість рівнянь статки:

$$\sum P_x = 0; \quad \sum M_x = 0;$$

$$\sum P_y = 0; \quad \sum M_y = 0;$$

$$\sum P_z = 0; \quad \sum M_z = 0.$$

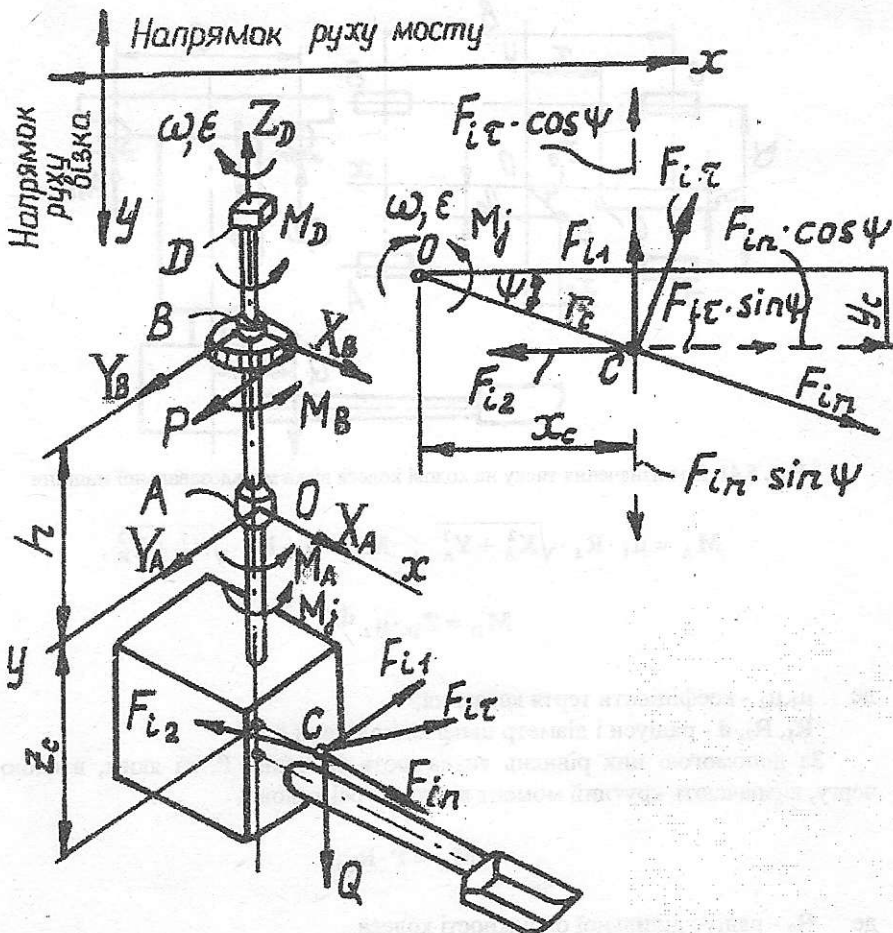


Рис. 5.40. До розрахунку механізму обертання колони

$$\begin{aligned} \sum P_x &= X_A + X_B - F_{i2} + F_{in} \cdot \cos \psi + F_{ir} \cdot \sin \psi = 0; \\ \sum P_y &= Y_A + Y_B - F_{i1} - F_{ir} \cdot \cos \psi + F_{in} \cdot \sin \psi = 0; \\ \sum P_z &= Z_D - Q = 0; \\ \sum M_x &= -Y_B \cdot h - P \cdot h - F_{i1} \cdot z_c - Q \cdot y_c + F_{in} \cdot \sin \psi \cdot z_c - F_{ir} \cdot \cos \psi \cdot z_c = 0; \\ \sum M_y &= X_B \cdot h + Q \cdot x_c + F_{i2} \cdot z_c - F_{in} \cdot \cos \psi \cdot z_c - F_{ir} \cdot \sin \psi \cdot z_c = 0; \\ \sum M_z &= P \cdot R_0 - F_{i1} \cdot x_c + F_{i2} \cdot y_c - F_{ir} \cdot \cos \psi \cdot x_c - F_{ir} \cdot \sin \psi \cdot y_c - M_j - \\ &\quad - M_A - M_B - M_D = 0. \end{aligned}$$

Моменти тертя в опорах:

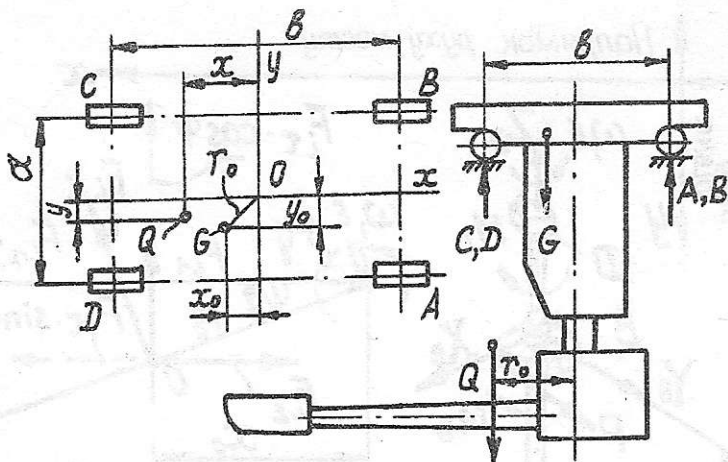


Рис. 5.41. До визначення тиску на ходові колеса візка мультимовальної машини

$$M_A = \mu_1 \cdot R_1 \cdot \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}, \quad M_B = \mu_1 \cdot R_2 \cdot \sqrt{X_B^2 + Y_B^2},$$

$$M_D = Z_D \cdot \mu_2 \cdot \frac{d}{2},$$

де μ_1, μ_2 - коефіцієнти тертя ковзання;

R_1, R_2, d - радіуси і діаметр цапф відповідних опор.

За допомогою цих рівнянь визначають значення P , за яким, в свою чергу, визначають крутний момент відносно осі колони.

$$M_k = P \cdot R_0,$$

де R_0 - радіус ділильної окружності колеса.

Потужність електродвигуна розраховують звичайним методом.

11.3. Визначення тисків на ходові колеса

Ходові колеса візка (рис.5.41) зазнають тиск з боку постійного навантаження G (власна вага візка з приводом його переміщення і вага поворотної частини візка) і змінного навантаження Q від обертових частин відносно осі колони. Коли б центр тяжіння всієї системи збігався з початком координат, то навантаження були б однакові і становили $G/4$. При зміщенні положення центра тяжіння задача вирішується таким чином. Прикладаючи в точку O дві рівні за величиною, але протилежно направлені сили $\pm G$, одержують моменти пари сил $G \cdot r_0$, де $r_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}$. Із цього момента виділяють складові $G \cdot x_0$ і $G \cdot y_0$. Тоді допоміжні тиски на колеса від дії цих моментів будуть дорівнювати:

на колеса А, В і С, D від моменту $G \cdot x_0$:

$$P_{AB} = -\frac{G \cdot x_0}{B};$$

$$P_{KCD} = \frac{G \cdot x_0}{B},$$

на колеса А, D і В, С від моменту $G \cdot y_0$:

$$S_{AD} = \frac{G \cdot y_0}{d};$$

$$S_{BC} = -\frac{G \cdot y_0}{d},$$

на кожне колесо:

$$P_A = P_B = -\frac{G \cdot x_0}{2B}; \quad S_A = S_D = \frac{G \cdot y_0}{2d};$$

$$P_C = P_D = \frac{G \cdot x_0}{2B}; \quad S_B = S_C = -\frac{G \cdot y_0}{2d}.$$

Тоді повний тиск на колеса буде дорівнювати:

$$A_1 = \frac{G}{4} + (P_A) + (S_A) = \frac{G}{4} - \frac{G \cdot x_0}{2B} + \frac{G \cdot y_0}{2d} = \frac{G}{4} - \frac{G}{2} \left(\frac{x_0}{B} - \frac{y_0}{d} \right);$$

$$B_1 = \frac{G}{4} - \frac{G}{2} \left(\frac{x_0}{B} + \frac{y_0}{d} \right); \quad C_1 = \frac{G}{4} + \frac{G}{2} \left(\frac{x_0}{B} - \frac{y_0}{d} \right); \quad D_1 = \frac{G}{4} + \frac{G}{2} \left(\frac{x_0}{B} + \frac{y_0}{d} \right).$$

Аналогічно визначаються тиски на колеса від змінного навантаження

Q:

$$A_2 = \frac{Q}{4} - \frac{Q}{2} \left(\frac{x}{B} - \frac{y}{d} \right); \quad B_2 = \frac{Q}{4} - \frac{Q}{2} \left(\frac{x}{B} + \frac{y}{d} \right);$$

$$C_2 = \frac{Q}{4} + \frac{Q}{2} \left(\frac{x}{B} - \frac{y}{d} \right); \quad D_2 = \frac{Q}{4} + \frac{Q}{2} \left(\frac{x}{B} + \frac{y}{d} \right).$$

Загальні тиски на колеса:

$$A = A_1 + A_2;$$

$$B = B_1 + B_2;$$

$$C = C_1 + C_2;$$

$$D = D_1 + D_2.$$

Максимальне значення тиску на колесі D буде при $\operatorname{tg}\phi = \frac{B}{d}$, тобто в тому випадку, коли хобот повернеться перпендикулярно діагоналі, яка з'єднує середини сторін контура обпирання візка.

За величиною тиску на колеса вираховують міцність колес і перевіряють механізм за силою зчеплення.

11.4. Приклад визначення потужності двигуна обертання колони кранової завальної машини

Вихідні дані: $Q = 290523\text{Н}$, $\Sigma I = 262545\text{кг} \cdot \text{м}^2$, $V_B = 0,65\text{м/с}$, $t_{pb} = 2\text{с}$, $v_m = 1,485\text{м/с}$, $t_{pm} = 6\text{с}$, $n_k = 3,75\text{хв}^{-1}$ (частота обертання колони), $t_{pk} = 2\text{с}$ (час розгону привода колони), $z_c = 2,78\text{м}$, $h = 2,12\text{м}$, $R_0 = 0,756\text{м}$, $R_1 = R_2 = 0,5\text{м}$, $\mu = 0,1$, $\mu_2 = 0,015$, $d = 0,235\text{м}$, $y_c = 0,15\text{м}$, $x_c = 0,87\text{м}$, $i = 194$, $\eta = 0,74$, $I_{гш} = 1,25\text{кг} \cdot \text{м}^2$ (момент інерції гальмового шківів з мульдою).

Визначаємо відстань між віссю обертання колони і точкою C (рис.5.40):

$$r_c = \sqrt{0,15^2 + 0,87^2} = 0,88\text{м}$$

і кут

$$\psi = \arcsin \frac{0,15}{0,88} = 0,1708, \psi = 9^\circ 50'$$

Сила інерції від прискорення візка, яка діє на колону,

$$F_{i1} = \frac{209253 \cdot 0,65}{9,81 \cdot 2} = 9265\text{Н}$$

і від прискорення мосту

$$F_{i2} = \frac{291523 \cdot 1,485}{9,81 \cdot 6} = 4936\text{Н}.$$

Кутова швидкість і кутове прискорення поворотної частини машини дорівнюють:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_k}{30} = \frac{3,14 \cdot 3,75}{30} = 0,393\text{рад/с};$$

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t_{pk}} = \frac{0,393}{2} = 0,1965\text{рад/с}^2.$$

Дотичні і нормальні сили інерції, які діють на поворотну частину,

$$F_{ir} = \frac{290523}{9,81} \cdot 0,1965 \cdot 0,88 = 5121\text{Н}, F_{in} = \frac{290523}{9,81} \cdot 0,393^2 \cdot 0,88 = 4025\text{Н}.$$

Момент сил інерції (динамічний) поворотної частини

$$M_j = \left(262545 - \frac{290529}{9,81} \cdot 0,88^2 \right) \cdot 0,1965 = 47083\text{Н} \cdot \text{м}.$$

Розв'язуємо систему із шести рівнянь статички:

$$1. \Sigma P_X = X_A + X_B - 4936 + 4025 \cdot \cos 9^\circ 50' + 5121 \cdot \sin 9^\circ 50' = 0;$$

$$2. \Sigma P_Y = Y_A + Y_B - 9625 - 5121 \cdot \cos 9^\circ 50' + 4025 \cdot \sin 9^\circ 50' + P = 0;$$

$$3. \Sigma P_Z = Z_D - 290523 = 0;$$

$$4. \Sigma M_X = -Y_B \cdot 2,12 - P \cdot 2,12 - 9625 \cdot 2,78 - 290523 \cdot 0,15 + \\ + 4025 \cdot \sin 9^\circ 50' \cdot 2,78 - 5121 \cdot \cos 9^\circ 50' \cdot 2,78 = 0;$$

$$5. \Sigma M_Y = X_B \cdot 2,12 + 290523 \cdot 0,87 + 4936 \cdot 2,78 - 4025 \cdot \cos 9^\circ 50' \cdot 2,78 - \\ - 5121 \cdot \sin 9^\circ 50' \cdot 2,78 = 0;$$

$$6. \Sigma M_Z = P \cdot 0,756 - 9625 \cdot 0,87 + 4936 \cdot 0,15 -$$

$$- 5121 \cdot \cos 9^\circ 50' \cdot 0,87 - 5121 \cdot \sin 9^\circ 50' \cdot 0,15 - 47083 -$$

$$- 0,1 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} - 0,1 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} - 0,15 \frac{0,235}{2} = 0.$$

Виконавши проміжні обчислення і перетворення цих рівнянь, одержимо:

$$1. \Sigma P_X = X_A + X_B - 95 = 0;$$

$$2. \Sigma P_Y = Y_A + Y_B - 13983 + P = 0;$$

$$3. \Sigma P_Z = Z_D - 290523 = 0;$$

$$4. \Sigma M_X = -2,12 \cdot Y_B - 2,12 \cdot P - 82452 = 0;$$

$$5. \Sigma M_Y = 2,12 \cdot X_B + 253021 = 0;$$

$$6. \Sigma M_Z = 0,756 \cdot P - 59238 - 0,05 \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} -$$

$$- 0,05 \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} - 0,00176 \cdot Z_D = 0.$$

$$\text{Із рівняння (3): } Z_D = 290523 \text{ Н}$$

$$\text{Із рівняння (5): } X_B = \frac{-253021}{2,12} = -119349 \text{ Н.}$$

Підставивши значення X_B в рівняння (1), одержимо:

$$X_A = 119349 + 95 = 119444 \text{ Н.}$$

Розв'язуємо спільно рівняння (2), (4) і визначаємо реакцію Y_A :

$$Y_A + Y_B + P - 13833 = 0;$$

$$-2,12 \cdot Y_B - 2,12 \cdot P - 82452 = 0,$$

звідки $Y_A = 52875 \text{ Н.}$

Із рівняння (2) з врахуванням одержаного значення Y_A через Y_B виражаємо окружне зусилля на шестерні $P = -38892 - Y_B$ і підставляємо його в рівняння (6).

$$0,756(-38892 - Y_B) - 59238 - 0,05 \cdot \sqrt{119444^2 + 52875^2} -$$

$$- 0,05 \sqrt{(-119349)^2 + Y_B^2} - 0,00176 \cdot 290523 = 0,$$

звідки

$$-0,756 Y_B - 96396 - 0,05 \sqrt{14244183801 + Y_B^2} = 0 \text{ чи}$$

$$-0,05 \sqrt{14244183801 + Y_B^2} = 0,756 Y_B + 96396.$$

Для знаходження Y_B зручно піднести до квадратного ступеня ліву і праву частини рівняння. Тоді одержимо нове рівняння

$$0,5695Y_B^2 + 145570Y_B + 9256578357 = 0$$

та його корні $Y_{B1} = -116977 \text{ Н}$, $Y_{B2} = -138949 \text{ Н}$.

Підставляємо значення в рівняння (6), остаточно одержимо $P \approx 100000 \text{ Н}$.

Максимальний крутний момент від тертя в опорах і інерційних навантажень в поворотній частині машини в період пуску трьох механізмів дорівнює:

$$M_k = 100000 \cdot 0,756 = 75600 \text{ Н.}$$

Крутний момент, приведений до вала двигуна,

$$M_c = \frac{M_k}{i \cdot \eta} = \frac{75600}{194 \cdot 0,74} = 543 \text{ Нм.}$$

Розрахунок виконано для найбільш важкого випадку при одночасному пуску трьох механізмів, але такий режим рідко зустрічається на практиці. Тому в літературі [10] рекомендується потужність двигуна визначати з врахуванням переобтяження в період пуску:

$$N = \frac{M_{дв} \cdot n_{дв}}{9550 \cdot \lambda},$$

де $M_{дв} = M_d + M_c$ - повний момент на валі електродвигуна.

Для знаходження динамічного момента привода M_d необхідно знати момент інерції якоря. З цією метою визначаємо попередню потужність двигуна з середнім навантаженням:

$$M_{ср} = \frac{M_c + M_{тр.дв}}{2},$$

де $M_{тр.дв} = \frac{M_{тр}}{\mu \cdot \eta}$ - момент від сил тертя в опорах А, В, D при усталеному русі, приведений до вала електродвигуна;

$$M_{тр} = F_A \cdot \mu_1 \cdot R_1 + F_B \cdot \mu_1 \cdot R_2 + F_D \cdot \mu_2 \cdot \frac{d}{2} - \text{момент від сил тертя в опорах}$$

А, В, D;

F_A, F_B, F_D - реакції в опорах.

Відповідно до розрахункової схеми (рис.5.40)

$$F_A = F_B = Q \cdot \frac{r_C}{h} = 290523 \cdot \frac{0,88}{2,12} = 120594 \text{ Н,}$$

$$F_D = 290523 \text{ Н.}$$

Тоді:

$$M_{\text{пр}} = 120594 \cdot 0,1 \cdot 0,5 + 120594 \cdot 0,1 \cdot 0,5 + 290523 \cdot 0,015 \cdot \frac{0,235}{2} = 12572 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{пр.дв}} = \frac{12572}{194 \cdot 0,74} = 88 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{ср}} = \frac{543 + 88}{2} = 315 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$N_{\text{пр}} = \frac{M_{\text{ср}} \cdot n_k \cdot i}{9550} = \frac{315 \cdot 3,75 \cdot 194}{9550} = 24 \text{ кВт}.$$

В розглядуваній машині встановлено електродвигун з фазовим ротором МТ-51-8 з такими параметрами: $N = 18 \text{ кВт}$ при $DВ = 40\%$, $n_{\text{дв}} = 730 \text{ хв}^{-1}$, $I_{\text{я}} = 1,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $\lambda = 2,5$.

Динамічний момент привода:

$$M_{\text{д}} = \dot{I}_{\text{пр}} \cdot \varepsilon_{\text{дв}} = 1,2(1,1 + 1,25) \cdot 0,1965 \cdot 194 = 108 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тоді момент на валі і потужність:

$$M_{\text{дв}} = 543 + 88 = 631 \text{ Н} \cdot \text{м}, N = \frac{631 \cdot 730}{9550 \cdot 2,5} = 19,3 \text{ кВт}.$$

При необхідності заміни двигуна МТ-51-8 (зняті з виробництва) можна рекомендувати двигун МТКФ 411-8 з такими параметрами: $N = 18 \text{ кВт}$ при $DВ = 40\%$, $n_{\text{дв}} = 720 \text{ хв}^{-1}$, $I_{\text{я}} = 0,54 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

11.5. Приклад визначення потужності двигуна механізму качання хобота наземної завальної машини

Вихідні дані: $Q = 147,15 \text{ кН}$ (вага завантаженої мульди), $G_1 = 73,97 \text{ кН}$ (вага хобота), $G_2 = 54,94 \text{ кН}$ (вага мундштука і підшинникових вузлів), $G_3 = 3,14 \text{ кН}$ (вага приводного зубчатого колеса механізму обертання хобота), $G_4 = 17,02 \text{ кН}$ (вага електродвигуна механізму обертання хобота з гальмом), $G_5 = 50,031 \text{ кН}$ (вага рами хобота), $G_6 = 18,2 \text{ кН}$ (вага редуктора механізму обертання хобота), $G_7 = 23,49 \text{ кН}$ (вага шатуна), $l = 7,1 \text{ м}$, $l_1 = 3,11 \text{ м}$, $l_2 = 0,89 \text{ м}$, $l_3 = 2,165 \text{ м}$, $l_4 = 1,13 \text{ м}$, $l_5 = 1,6 \text{ м}$, $l_6 = 2,3 \text{ м}$, $l_7 = 3,372 \text{ м}$, $L = 3,4 \text{ м}$, $a = 0,5 \text{ м}$, $b = 0,65 \text{ м}$, $c = 0,028 \text{ м}$, $e = 0,028 \text{ м}$, $g = 0,435 \text{ м}$, $n_k = 15 \text{ хв}^{-1}$ (частота обертання кривошипа), $t_{p(r)} = 2 \text{ с}$ (час розгону і гальмування двигуна), $i = 31,3$ (передаточне число привода), $\eta_0 = 0,91$ (загальний ККД механізму качання), $\dot{I}_m = 2,65 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ (момент інерції муфти), $\delta = 1,15$ (коефіцієнт, враховуючий момент інерції зубчатої передачі).

На рис.5.42,а показана розрахункова схема механізму при горизонтальному положенні хобота. Визначаємо реакції в опорах D і C. Для цього розглянемо два рівняння статички :

$$\Sigma M_c = 0 \text{ і } \Sigma P_y = 0.$$

$$= 147,15 \cdot 7,1 + 73,97 \cdot 3,11 - 54,94 \cdot 0,89 - 3,14 \cdot 2,165 - 17,02 \cdot 1,13 - \\ - 50,03 \cdot 1,6 - 18,2 \cdot 2,3 - 23,49 \cdot 3,372 \\ \hline 3,372 = 296 \text{кН.}$$

$$F_C = 147,15 + 73,97 + 54,94 + 3,14 + 17,02 + 50,03 + 18,20 + 23,49 + 296 = \\ = 684 \text{кН.}$$

Далі задача зводиться до визначення максимальних статичних навантажень, діючих на механізм. Тому немає потреби виконувати сім побудов важеля Жуковського, як це рекомендується в літературному джерелі [10]. Розглянемо тільки три положення кривошипа: $\varphi = 90^\circ$, $\varphi = 103^\circ$, $\varphi = 116^\circ$. Привод працює за трикутним графіком швидкості (рис.5.42,в). В цьому випадку при $\varphi = 90^\circ$ має місце максимальна кутова швидкість, а при $\varphi \approx 116^\circ$ (для даного механізму) - максимальний крутний момент на кривошипі (кут між кривошипом і шатуном становить 90°). Проте, задача зводиться до відшукування положення, при якому значення потужності (добуток крутного моменту і кутової швидкості) буде максимальним, і не виключено те, що це положення буде міститися в інтервалі між $\varphi = 90^\circ$ і $\varphi = 116^\circ$. Тому розглянемо проміжкове положення, щоб за трьома одержаними значеннями M_k і ω_k обчислити потужності і побудувати робочий графік, за яким вже цілковито може бути вибрана максимальна потужність двигуна.

Для усунення додаткових погрішностей і зручності плани швидкостей будемо безпосередньо на ланках механізму (рис.5.42,б). В цьому випадку достатньо одержати лише перетин напрямків ланок. З метою спрощення схеми приймаємо замість хобота з підвісками тільки лінію CD, яка з'єднує шарніри підвісок.

Зрівноважені сили визначасмо за формулою:

$$P_{y_i} = \frac{F_D \cdot h_i}{h_{y_i}}$$

При $\varphi = 90^\circ$ лінії $A \cdot m_1$ і $B \cdot d_1$ напрямлення швидкостей v_m і v_D , звернуті на кут 90° , як видно із креслення, практично не перетинаються. Отже, можна прийняти

$$h_1 = h_{y_1} \text{ і } P_{y_1} = F_D = 296 \text{кН.}$$

При $\varphi = 103^\circ$

$$P_{y_2} = \frac{296 \cdot 95}{86} = 327 \text{кН.}$$

Розміри $h_2=95$ мм і $h_{y_2}=86$ мм беруться з плану швидкостей, як і наступні $h_3 = 53$ мм та $h_{y_3}=46$ мм.

При $\varphi=116^\circ$ $P_{y_3}=296 \cdot 53/46=341$ кН.

Тоді крутні моменти на кривошипі:

для $\varphi = 90^\circ$ $M_{k1} = P_{y_1} \cdot r = 296 \cdot 0,435 = 128,76 \text{кН} \cdot \text{м};$

для $\varphi = 103^\circ$ $M_{k2} = 327 \cdot 0,435 = 142,24 \text{кН} \cdot \text{м};$

для $\varphi = 116^\circ$ $M_{k3} = 341 \cdot 0,435 = 148,33 \text{кН} \cdot \text{м}.$

Визначаємо поточні значення кутових швидкостей кривошипа для діапазону $90^\circ \dots 180^\circ$ за формулою:

$$\omega_{ki} = \sqrt{2 \cdot \frac{P_k \cdot \pi}{30t_{p(r)}} (3,14 - \varphi_i)}.$$

Тут φ підставляємо в радіанах ($\varphi_{90^\circ} = 1,57 \text{рад}$, $\varphi_{103^\circ} = 1,797 \text{рад}$, $\varphi_{116^\circ} = 2,02 \text{рад}$).

при $\varphi = 90^\circ$ $\omega_{k1} = \sqrt{2 \cdot \frac{15 \cdot 3,14}{30 \cdot 2} (3,14 - 1,57)} = 1,57 \text{рад/с};$

при $\varphi = 103^\circ$ $\omega_{k2} = \sqrt{2 \cdot \frac{15 \cdot 3,14}{30 \cdot 2} (3,14 - 1,797)} = 1,45 \text{рад/с};$

при $\varphi = 116^\circ$ $\omega_{k3} = \sqrt{2 \cdot \frac{15 \cdot 3,14}{30 \cdot 2} (3,14 - 2,02)} = 1,33 \text{рад/с}.$

В діапазоні кутів $0^\circ \dots 90^\circ$ необхідно користуватися формулою:

$$\omega_{ki} = \sqrt{2 \cdot \frac{P_k \cdot \pi}{30t_{p(r)}} \cdot \varphi_i}.$$

За одержаними значеннями побудовано графік (рис.5.42,в).

Потужності визначаємо за формулою:

$$N_i = \frac{M_{ki} \cdot \omega_{ki}}{1000 \cdot \eta_0},$$

при $\varphi = 90^\circ$ $N_1 = \frac{128760 \cdot 1,57}{1000 \cdot 0,91} = 222 \text{кВт};$

при $\varphi = 103^\circ$ $N_2 = \frac{142240 \cdot 1,45}{1000 \cdot 0,91} = 226 \text{кВт};$

при $\varphi = 116^\circ$ $N_3 = \frac{148330 \cdot 1,33}{1000 \cdot 0,91} = 217 \text{кВт}.$

За одержаними даними будуємо робочий графік (рис.5.42,г) з тим, щоб цілковито установити максимальне значення потужності. Із графіка видно, що максимальною потужністю є $N_2 = 226 \text{кВт}$. Діапазон цієї величини становить $99^\circ \dots 103^\circ$.

При максимальному навантаженні механізм працює рідко. Тому визначаємо потужність двигуна з врахуванням довгочасності ввімкнення, яка для цих механізмів становить 40% (відносна величина ДВ = 0,4), за формулою:

$$N = N_{\max} \cdot \sqrt{ДВ} = 226 \cdot \sqrt{0,4} = 143 \text{ кВт.}$$

В розглядуваному механізмі використовується двигун ДП-82А з такими даними: $N = 140 \text{ кВт}$ при $ДВ = 40\%$, $n_{ДВ} = 575 \text{ хв}^{-1}$, $\dot{I}_a = 17 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $[\lambda] = 3$.

При заміні цього двигуна можна рекомендувати двигун нової серії МТН с фазовим ротором, який призначений для роботи в умовах підвищених температур.

Далі перевіряємо двигун на переобтяження в період пуску. Для цього визначаємо миттєве значення моменту інерції хитних деталей (рис.5.42,а), приведенного до осі кривошипа, використовуючи формулу:

$$\dot{I} = \frac{G_D}{g} \left(\frac{v_{D1}}{\omega_{k1}} \right)^2,$$

де G_D - приведена до точки **D** сила тяжіння хитних деталей.

$$G_D = \frac{\sum G_i \cdot \ell_i^2}{(L-c)^2} = \frac{147150 \cdot 7,1^2 + 73970 \cdot 3,11^2 + 54940 \cdot 0,89^2 + 3140 \cdot 2,165^2 + 17020 \cdot 1,13^2 + 50031 \cdot 1,6^2 + 18200 \cdot 2,3^2 + 23490 \cdot 3,372^2}{(3,4 - 0,028)^2} = \frac{8704693}{11,37} = 765584 \text{ Н.}$$

Визначаємо швидкість v_D (точки **D**) для тих же трьох положень. Для цього спочатку визначаємо швидкість v_M :

$$v_{M1} = \omega_{k1} \cdot r = 1,57 \cdot 0,435 = 0,683 \text{ м/с;}$$

$$v_{M2} = 1,45 \cdot 0,435 = 0,631 \text{ м/с; } v_{M3} = 1,33 \cdot 0,435 = 0,578 \text{ м/с.}$$

$$\text{Тоді } v_D \approx v_{M1} = 0,683 \text{ м/с; } v_{D2} = \frac{v_{M2} \cdot p_{v2} \cdot d_2}{p_{v2} \cdot m_2} = \frac{0,631 \cdot 96}{86} = 0,704 \text{ м/с;}$$

$$v_{D3} = \frac{v_{M3} \cdot p_{v3} \cdot d_3}{p_{v3} \cdot m_3} = \frac{0,578 \cdot 53}{47} = 0,652 \text{ м/с.}$$

Розміри 96, 86, 53, 47 мм беруться з плану швидкостей (рис.5.42,б).

За одержаними даними будуємо робочий графік (рис.5.42,д) для установлення максимального значення швидкості v_D . Із графіка видно, що максимальне значення v_D відповідає $\varphi = 103^\circ$ (чи близько до нього).

Через те що задача зводиться до розглядання гіршого випадку (максимально можливе навантаження двигуна), то перед визначенням \dot{I}_k установимо максимальне значення відношення v_{D1}/ω_{k1} . Підставивши чисельні значення, одержимо:

$$0,683/1,57 = 0,435;$$

$$0,704/1,45 = 0,485;$$

$$0,652/1,33 = 0,49.$$

Звідки видно, що для подальшого розрахунку необхідно брати $v = 0,652 \text{ м/с}$ і $\omega_{кз} = 1,33 \text{ рад/с}$.

Тоді:

$$\dot{i}_k = \frac{765584}{9,81} \left(\frac{0,652}{1,33} \right)^2 = 18738 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Загальний момент інерції, приведений до вала двигуна, визначаємо за формулою:

$$\dot{i}_{\text{пр}} = \delta(\dot{i}_n + \dot{i}_r + \dot{i}_m) + \frac{\dot{i}_k}{i^2} = 1,15(17 + 15,2 + 2,65) + \frac{18738}{31,3^2} = 52 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Динамічний момент:

$$M_d = \dot{i}_{\text{пр}} \frac{\omega_k}{t_{p(r)}} \cdot i = 52 \frac{1,57}{2} 31,3 = 1278 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальний статичний момент, приведений до вала двигуна, буде:

$$M_{C_{\text{max}}} = \frac{M_{кз}}{i \cdot \eta_0} = \frac{148330}{31,3 \cdot 0,91} = 5208 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальний момент на валі двигуна:

$$M_{\text{дв}} = 5208 + 1278 = 6486 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_n = 9550 \frac{140}{575} = 2325 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт переобтяження:

$$\lambda = \frac{M_{\text{дв}}}{M_n} = \frac{6486}{2325} = 2,79,$$

що задовольняє умові: $\lambda \leq [\lambda]$.

11.6. Задачі

1. Визначте дальність польоту матеріалу, який подається стрічковою машиною, якщо $\alpha = 30^\circ$, $v_k = 12 \text{ м/с}$.
2. За даними прикладу 11.4 визначте окружне зусилля P , якщо $\psi = 0$.
3. За даними прикладу 11.4 визначте момент від сил тертя в опорах при усталеному русі механізмів якщо $\psi = 0$.
4. Визначте максимальний тиск в колесах А, В, С, D (рис.5.41), якщо $G = 0$; $Q = 296 \text{ кН}$; $b = 3,55 \text{ м}$; $d = 3,15 \text{ м}$; $X = 0,87 \text{ м}$; $Y = 0,15 \text{ м}$.
5. За даними задачі 4 визначте зусилля опору переміщенню візка, якщо $D = 0,5 \text{ м}$; $d = 0,11 \text{ м}$; $\mu = 0,015$; $k = 0,0005 \text{ м}$; $\beta = 1,8$.
6. За даними прикладу 11.5 визначте зрівноважену силу, якщо $\phi = 30^\circ$.
7. За даними прикладу 11.5 і задачі 6 визначте величину потужності (при $\phi = 30^\circ$).
8. За даними прикладу 11.5 і задачі 6, 7 визначте поточні значення \dot{i}_k (при $\phi = 30^\circ$).

9. За даними прикладу 11.5 і задач 6, 7, 8 визначте повний момент на валі двигуна (при $\varphi = 30^\circ$).

11.7. Контрольні запитання.

1. Охарактеризуйте способи і обладнання для завантаження відбивних, мартенівських і електричних дугових печей.
2. Зарисуйте принципову схему мульдозавальної наземної машини, поясніть її будову та принцип дії.
3. Зарисуйте принципову схему кранової завальної машини, поясніть її будову та принцип дії.
4. Зарисуйте схему візка наземно-рейкової завальної машини, поясніть її будову та принцип дії кожного механізму. Поясніть, за рахунок чого удержується мульда на хоботі.
5. Зарисуйте схеми стрічкової і роторно-стрічкової машини, поясніть їх будову та принцип дії. Запишіть формули для визначення дальності польоту матеріалу і дайте її аналіз.
6. Зарисуйте розрахункову схему механізму обертання колони і охарактеризуйте сили, які діють на механізм.
7. Поясніть методику визначення окружного зусилля при неусталеному русі трьох механізмів.
8. Поясніть методику визначення окружного зусилля без врахування динамічних навантажень.
9. Поясніть методику визначення потужності двигуна механізму обертання колони.
10. Поясніть методику визначення тисків на ходові колеса, вкажіть в яких випадках буде мати місце максимальне навантаження.
11. Поясніть методику визначення потужності двигуна механізму качання хобота, а також особливості побудови плану швидкостей безпосередньо на ланках механізму.
12. Використовуючи схему механізму обертання, яка показана на рис.5.39, складіть методику визначення потужності двигуна механізму обертання хобота.

Тема 12. Устаткування для завантаження конверторів скрапом

12.1. Завантажують конвертори скрапом совками за допомогою завантажувальних машин, які поділяються на дві основні групи: кранові і наземно-рейкові. Кранові машини бувають двох типів: мостові і напівпортальні. При використанні мостових машин завантажені совки доставляють скраповозом із цихтового відділення в завантажувальний проліт, який розміщується паралельно конверторному прольоту. В цьому випадку колію скраповозів установлюють на рівні цеху в напрямку, перпендикулярному завантажувальному прольоту. При використанні

9. За даними прикладу 11.5 і задач 6, 7, 8 визначте повний момент на валі двигуна (при $\varphi = 30^\circ$).

11.7. Контрольні запитання.

1. Охарактеризуйте способи і обладнання для завантаження відбивних, мартенівських і електричних дугових печей.
2. Зарисуйте принципову схему мульдозавальної наземної машини, поясніть її будову та принцип дії.
3. Зарисуйте принципову схему кранової завальної машини, поясніть її будову та принцип дії.
4. Зарисуйте схему візка наземно-рейкової завальної машини, поясніть її будову та принцип дії кожного механізму. Поясніть, за рахунок чого удержується мульда на хоботі.
5. Зарисуйте схеми стрічкової і роторно-стрічкової машини, поясніть їх будову та принцип дії. Запишіть формули для визначення дальності польоту матеріалу і дайте її аналіз.
6. Зарисуйте розрахункову схему механізму обертання колони і охарактеризуйте сили, які діють на механізм.
7. Поясніть методику визначення окружного зусилля при неусталеному русі трьох механізмів.
8. Поясніть методику визначення окружного зусилля без врахування динамічних навантажень.
9. Поясніть методику визначення потужності двигуна механізму обертання колони.
10. Поясніть методику визначення тисків на ходові колеса, вкажіть в яких випадках буде мати місце максимальне навантаження.
11. Поясніть методику визначення потужності двигуна механізму качання хобота, а також особливості побудови плану швидкостей безпосередньо на ланках механізму.
12. Використовуючи схему механізму обертання, яка показана на рис.5.39, складіть методику визначення потужності двигуна механізму обертання хобота.

Тема 12. Устаткування для завантаження конверторів скрапом

12.1. Завантажують конвертори скрапом совками за допомогою завантажувальних машин, які поділяються на дві основні групи: кранові і наземно-рейкові. Кранові машини бувають двох типів: мостові і напівпортальні. При використанні мостових машин завантажені совки доставляють скраповозом із цихтового відділення в завантажувальний проліт, який розміщується паралельно конверторному прольоту. В цьому випадку колію скраповозів установлюють на рівні цеху в напрямку, перпендикулярному завантажувальному прольоту. При використанні

напівпортальних машин завантажені совки подають на робочу площадку або з торцю конверторного прольоту, або перпендикулярно до нього. В першому випадку встановлюють поворотний стіл і перестановочний кран для повороту совків із транспортного положення в завантажувальне, а в другому - естакаду, яка зв'язує робочу площадку з шихтовим відділенням.

Мостові завантажувальні машини мають вантажопідйомність 2×200 т і використовуються в цехах з конверторами місткістю 400 т. Ця машина має двоє совків об'ємом 50 м^3 кожний і виконує такі операції: переміщення візків з совками, вертикальне переміщення совків та їх кантування. Складовими частинами машини є міст з кабіною машиніста, колеса з механізмами переміщення і двоє візків з вантажозахватними пристроями для совків [2].

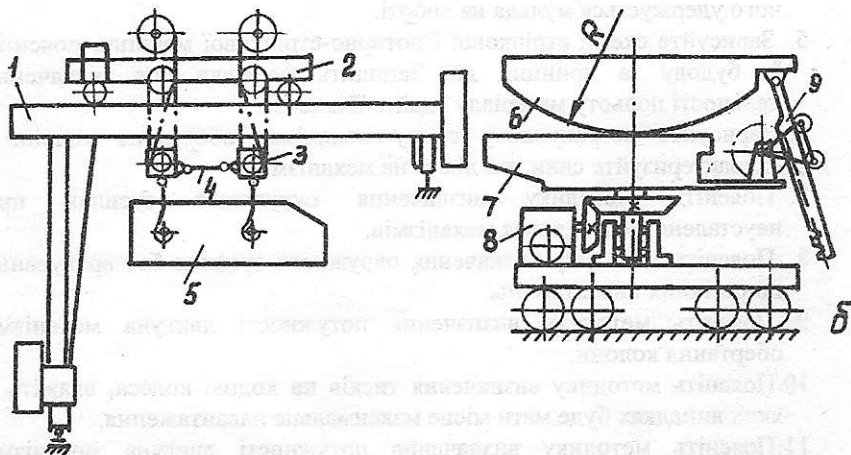


Рис. 5.43. Схеми напівпортальної (а) і наземної (б) машин для завантаження конверторів скрапом: 1-напівпортал; 2-візок; 3-траверса; 4-поперечка; 5-совок; 6-платформа з сегментами; 7-опорні балки; 8-механізм повороту платформи; 9-механізм нахилу платформи

Напівпортальні машини мають вантажопідйомність 2×90 т і 2×130 т і обслуговують конвертори місткістю 250 і 300 - 400 т. Машина має напівпортал (рис.5.43,а) гратчастої конструкції з ходовою частиною і механізмом переміщення і двоє візків, які розташовуються на верхній площадці напівпорталу. Кожен з візків має вантажозахватні пристрої для совків і двобарабанный механізм підйому і кантування совка з незалежними приводами. Вантажозахватний пристрій має дві вантажні траверси, які з'єднані між собою шарнірними поперечками. На кожній траверсі закріплено двоє крюків. Тобто, совок закріплюється одночасно чотирьома крюками. Вертикально совок переміщується при сумісному синхронному русі обох барабанів на підйом і опускання, кантується при зупинці одного барабана. Потужність двигунів підйому - $2 \times 160 \text{ кВт}$.

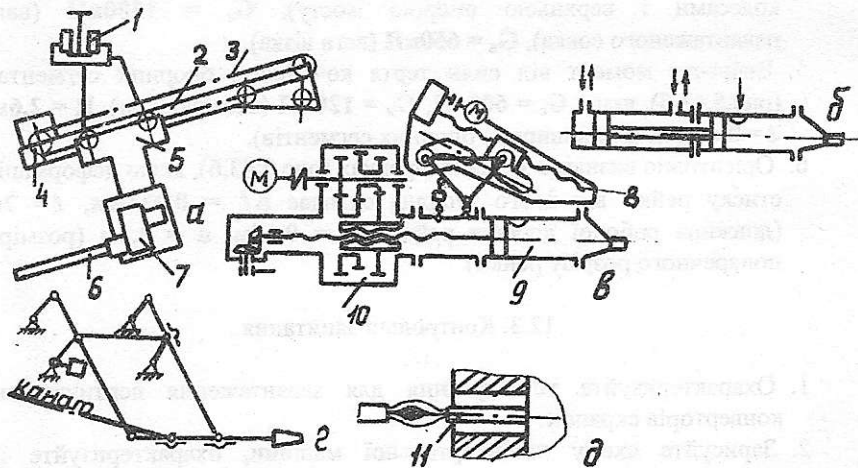


Рис. 5.44. Схеми машин і пристроїв для обслуговування льоток печей: а-свердлильна машина; б-гідропушка; в-електропушка; г-шлаковий стопор; д-схема пропалювання льотки; 1-привідні ролики; 2-балка з направляючими; 3-канат; 4-лебідка; 5-каретка; 6-свердло; 7-привод свердла; 8-механізм притискування; 9-камера для маси; 10-механізм виштохування маси; 11-сталевий стрижень

Наземні рейкові машини використовують для завантаження конверторів невеликої місткості (100 - 160т). На платформу цих машин можуть ставити одночасно від одного до трьох совків. Місткість совків 20 - 65т. Механізм кантування совка подібний до механізму нахилу електродугової печі (рис.5.43,б). Совок в цьому випадку має складний рух - коливальний і одночасно поступальний [2].

На деяких підприємствах конвертори завантажуються за допомогою заливальних та інших типів кранів.

12.2. Задачі

1. Визначте статичну потужність двигунів механізму підйому і кантування совків (рис.5.43,а), якщо $G_c = 1300кН$ (вага навантаженого совка), $i_k = 6$ (кратність поліспастиної системи), $D_6 = 1,128м$ (діаметр барабана), $\eta = 0,9$ (загальний ККД кінематичного ланцюга одного привода), $\omega_6 = 1,74рад/с$ (кутова швидкість барабана).
2. За даними задачі 1 визначте швидкість підйому совка.
3. За даними задачі 1 визначте величину переміщення совка за період часу $T = 13,5с$, якщо $t_p = 2с$, $t_V = 10с$, $t_r = 1,5с$.
4. Визначте величини згинальних моментів мосту і побудуйте їх епюри, якщо $L = 10м$ (ширина прольоту), $AB = 5,8$ (відстань між заднім і переднім колесами), $BC = 1,5м$ (відстань між передніми

колесами і верхньою опорою мосту), $G_c = 1300\text{кН}$ (вага навантаженого совка), $G_b = 650\text{кН}$ (вага візка).

5. Визначте момент від сили тертя кочення в опорних сегментах (рис.5.43,б), якщо $G_c = 600\text{кН}$, $G_n = 120\text{кН}$ (вага люльки), $R = 2,6\text{м}$, $\ell = 0,4\text{м}$ (загальна ширина опорних сегментів).
6. Орієнтовно визначте зусилля в рейках (рис.5.43,б), якщо деформація стиску рейки від цього зусилля складає $\Delta\ell = 0,033\text{мм}$, $\ell = 2\text{м}$ (довжина робочої ділянки рейки), $a = 0,15\text{м}$, $b = 0,2\text{м}$ (розміри поперечного розрізу рейки).

12.3. Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте устаткування для завантаження вертикальних конверторів скрапом.
2. Зарисуйте схему напівпортальної машини, охарактеризуйте її, поясніть будову і принцип дії вузлів і механізмів.
3. Дайте характеристику кратності поліспастих систем, поясніть, який закон механіки базується на принципі поліспасти.
4. Поясніть методику розрахунку і вибору сталевих канатів, суть статичних і динамічних досліджень вантажопідйомного обладнання.
5. Складіть методику розрахунку механізмів підйому і кантування совків.
6. Зарисуйте схему наземної машини, поясніть її будову та принцип дії. Дайте порівнюючу оцінку обом машинам.
7. Складіть методику (за аналогією розрахунку механізмів нахилу електропечей) визначення потужності двигуна механізму нахилу платформи.
8. Поясніть будову рейкових коробок та їх призначення.

Тема13. Устаткування для обслуговування льоток печей

13.1. До основних операцій, які виконуються при обслуговуванні льоток, належать їх розкриття перед зливом металу і забивання перед черговою плавкою. Льотки, як правило, оснащуються водоохолоджуючою арматурою. Найбільш складним устаткуванням, яке використовується при виконанні цих операцій, є устаткування доменних печей. В СНД на більшості доменних печей чавунну льотку розкривають шляхом свердління. Якщо в льотці міститься застиглий чавун, то його потім після віддалення вогнетривкої маси пропалюють киснем.

Використовуються три основні типи свердильних машин: підвісні стаціонарні; поворотні; підвісні рухомі. Схема останньої машини показана на рис.5.44,а. Вона використовується в тих випадках, коли льоток більше одної. Подають свердло за допомогою канатно-барabanної лебідки з електродвигуном потужністю 5кВт . Обертання свердлу передається через

закриту зубчасту передачу від двигуна потужністю **6кВт**. Діаметр свердла - **60мм**, частота обертання - **400хв⁻¹**. Машина за допомогою приводних роликів рухається від однієї печі до іншої по підвісних направляючих рейках і має дистанційне управління. На нових печах використовують переважно поворотні свердильні машини [1].

Потужність двигуна привода свердла рекомендується визначати за максимальним моментом M_{\max} , формула для якого одержана емпіричним шляхом:

$$M_{\max} = (0,02...0,035) \cdot F_{\max},$$

де $F_{\max} = 4,6 - 5,7кН$ - максимальний опір подачі свердла.

Для забивання чавунних льоток використовують гідравлічні (рис.5.44,б) і електричні (рис.5.44,в) пушки. В гідравлічних пушках вогнетривка маса виштовхується гідроциліндром, а в електричних - гвинтом, який приводиться в поступальний рух через обертову гайку і зубчасту закриту передачу від електродвигуна потужністю **50 - 70кВт**. Крім механізму виштовхування льоточної маси пушки мають механізм притиску і повороту. Механізм притиску також має гвинтову передачу і електромеханічний привод з двигуном потужністю **25 - 30кВт**. Завдяки фігурним пазам в лафеті пушка з горизонтального вихідного положення переходить в похиле робоче. Для цього візок пушки з'єднано з поступально-рухомою гайкою, а ролики мають можливість рухатись в фігурних пазах. Механізм виштовхування кріпиться до візка через шарнір і гвинтову пару, яка дає можливість регулювати кут нахилу циліндра для льоточної маси. Об'єм циліндра - **0,5м³**, діаметр - **650мм**, хід поршня - **1,5м**, тиск льоточної маси під поршнем циліндра - **7,2 - 10 МПа**. Заряджають робочий циліндр вручну з торцю при відведеному в бік перехідному патрубку з вихідним носиком.

Для підводу і відводу пушки від льотки вона оснащена механізмом повороту (на схемі не показано), який має поворотну колону з консолю для закріплення лафета і електромеханічний привод.

При проектуванні механізмів виштовхування основними параметрами є тиск льоточної маси p і швидкість виходу льоточної маси з носика $v_m(0,19 - 0,27м/с)$. Потужність двигуна підбирають за сумарним моментом (статичним M_c і динамічним M_d) на валі двигуна:

$$M_c = \frac{Qrtg(\alpha + \rho)}{i\eta} \quad \text{і} \quad M_d = k_m I_d \varepsilon,$$

де $Q = 0,785d^2 p$ - зусилля на поршні:

d - діаметр вихідного носика;

$2 \cdot r$ - середній діаметр гвинта;

α, ρ - кут підйому гвинтової лінії і кут тертя;

i - передаточне число привода;

η - загальний ККД механізму;

k_m - коефіцієнт, який враховує моменти інерції всіх обертових частин за виключенням якоря двигуна;

I_a - момент інерції якоря двигуна;

ε - кутове прискорення двигуна.

Номінальна потужність двигуна:

$$N = \frac{M\omega}{1000\lambda},$$

де $M = M_c + M_d$;

ω - кутова швидкість двигуна;

λ - коефіцієнт переобтяження двигуна.

Для обслуговування шлакових льоток доменних печей використовуються шлакові стопори, призначення яких - відкриття і закриття льотки [1]. Схема стопора показана на рис.5.44,г. Стопор має важільну шарнірну систему, яка управляється за допомогою канатно-барabanної лебідки. Правильне співвідношення розмірів важелів забезпечує прямолінійний рух пробки на робочому відрізку. Пробка притискується до льотки під дією ваги важелів і контрвантажу, а відводиться канатом. Необхідне зусилля притиснення пробки визначають за формулою:

$$P = 0,785kd^2p,$$

де k - коефіцієнт надійності ($k = 1,3 - 1,4$);

$p = p_0 + h \cdot \gamma$ - тиск на пробку;

p_0 - тиск дуття;

h - максимальна висота шлаку над льоткою;

γ - питома вага шлаку;

d - діаметр льотки.

Для забивання льоток печей кольорової металургії використовуються прості за конструкцією пневматичні пушки. Розкривають льотки шляхом пропалювання киснем. Для цієї мети при закритті льотки в вогнетривку масу забивають металевий стрижень (рис.5.44).

Шлакові вікна великих розмірів обслуговують спеціальними машинами [3].

13.2. Задачі

1. Визначте потужність двигуна привода свердла свердлильної машини, якщо $\eta = 0,9$ (ККД механізму), $n_c = 270 \text{ хв}^{-1}$ (частота обертання свердла).
2. Визначте статичний момент на валі двигуна механізму виштовхування електропушки, якщо $d = 0,15$ (діаметр випускного отвору), $r = 80 \text{ мм}$, $s = 10 \text{ мм}$ (відстань гвинта), $\mu = 0,1$ (коефіцієнт тертя в витках різьби), $\eta = 0,94$ (ККД механізму).
3. За даними задачі 2 визначте потужність електродвигуна механізму виштовхування маси, якщо $k_m = 1,25$, $i_{я} = 0,75 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $n_{дв} = 940 \text{ хв}^{-1}$, $t_p = 1,5 \text{ с}$, $\lambda = 2$.
4. Визначте необхідний розхід робочої рідини для гідропушки, якщо діаметр гідравлічного і робочого циліндрів складає $D = 0,65 \text{ м}$, а діаметр випускного отвору $d = 0,15 \text{ м}$.

13.3. Контрольні запитання

1. Назвіть і охарактеризуйте устаткування для обслуговування льоток шахтних печей.
2. Зарисуйте схему типової свердлильної машини, поясніть її будову та принцип дії.
3. Поясніть методику розрахунків механізмів свердлильної машини.
4. Зарисуйте схеми гідравлічної і електричної пушок, поясніть їх будову і принцип дії.
5. Поясніть методику розрахунку потужності двигуна механізму виштовхування льоточної маси.
6. Зарисуйте схему шлакового стопора, поясніть його будову і принцип дії.
7. Складіть методику розрахунку привода управління шлаковим стопором.
8. Поясніть принцип розкриття льоток печей РТП.

Тема 14. Устаткування для обробки колошника руднотермічних печей

14.1. Деякі шихти печей РТП схильні до спікання, що викликає утворення склепіння з матеріалу, яке перешкоджає доступу шихти в зону плавлення. Тому деякі печі феросплавного виробництва і печі кольорової металургії виконуються відкритими, а обробку колошника (осадку, спущування і підгрівання шихти до електродів) здійснюють спеціальними машинами - опіковочними. Схема опіковочної машини показана рис.5.45.

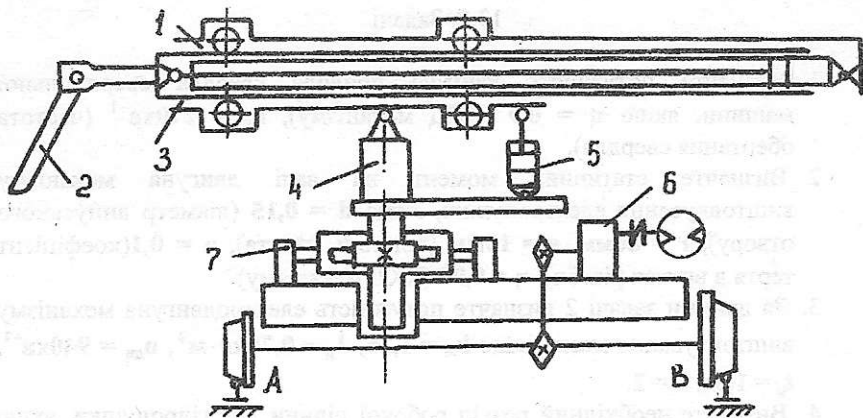


Рис. 5.45. Схема опіковочної машини: 1-направляюча рама; 2-піка; 3-штанга; 4-поворотна колона; 5-циліндр нахилу стріли; 6-механізм переміщення; 7-пневмоциліндр повороту колони

Машини являє собою самохідний візок, який рухається по кругових рейках навколо печі [3]. Робочим органом є закріплена на несучій штанзі піка, яка рухається поступально в напрямлюючій рамі під дією пневмоциліндра. Направляюча рама виконана хитною і закріплена на поворотній колоні. Завдяки цьому штанга одержує обертовий (в межах $68 - 80$ град) і коливальний (вниз 26 град) рух при одночасно поступальному. Це дає можливість здійснювати перелічені вище операції обробки колошника. Всі механізми машини оснащені пневмодвигунами поступальної і обертової дії. Виліт висунутої штанги - $5,2$ м. При розрахунках пневмоциліндра штанги враховуються сили тертя в роликах і технологічне зусилля, яке діє на піку.

Для віддалення настилів на вінцях колошника використовуються самохідні машини на гусеничному ході.

14.2. Задачі

1. Визначте зовнішній діаметр внутрішнього колеса D_1 (воно має менший діаметр і такий розмір, щоб виключити ковзання) (рис.5.45.), якщо $D_b = 0,4$ м, $R_1 = 4,31$ м, $R_2 = 5,86$ м (відповідно радіус внутрішньої і зовнішньої рейкової колії).
2. За даними задачі 1 визначте крутний момент на валу пневмодвигуна, якщо $G_m = 36,35$ кН (вага машини), $\mu = 0,015$, $k = 0,0008$ м, $d = 0,065$ м, $\beta = 2,5$, $i_n = 2$ (передаточне число ланцюгової передачі), $i_p = 21$ (передаточне число редуктора), $\eta_n = 0,97$, $\eta_p = 0,36$.

14.3. Контрольні запитання

1. Назвіть області використання опіковочних машин і операції, які ці машини виконують.
2. Зарисуйте схему машини і поясніть будову і принцип дії її механізмів.
3. Складіть методику визначення зусилля, яке буде необхідним для переміщення штанги, проаналізуйте гірший випадок.
4. Складіть методику визначення параметрів пневмоциліндра повороту колони.

Тема 15. Устаткування для ремонту і заміни футеровки

15.1. Це устаткування можна поділити на три основні групи: устаткування для зруйнування футеровки; устаткування для ремонту футеровки; універсальне устаткування. Руйнування футеровки конверторів, мартенівських, електродугових й інших типів печей здійснюють, як правило, самохідними машинами на гусеничному ході (рис.5.46). Машину доставляють до ремонтуємого об'єкта мостовим краном. Ударний орган машини (пневмолом) кріпиться до хитної стріли, яка в свою чергу закріплена на поворотній платформі. Пневмолом переміщується по стрілі в робоче положення за допомогою ланцюгового механізму, а в процесі ломки - пневмоциліндра. Механізм переміщення має два незалежні приводи гусениць, що забезпечує високу маневреність машини. Привод гусениць - електромеханічний. При висунутому в крайнє положення пневмоломи довжина машини становить більше 11м [2]. В машинах для руйнування футеровки електropечей стріла має декілька шарнірних важелів, які керуються пневмо- чи гідроциліндрами (аналогічно легким конструкціям колесних ковшових екскаваторів).

Для механізованої ломки футеровки ковшів використовують машини ударної дії і поворотні стенди (рис.5.46,6). Машини бувають гусеничними або стаціонарними. Гусеничні машини за конструкціями і принципом дії аналогічні гусеничним машинам руйнування футеровки конверторів (з прямою стрілою) [2]. Відрізняються вони лише меншими габаритами і відсутністю ланцюгової передачі для переміщення пневмолома.

В стаціонарних машинах пневмолом кріпиться на штанзі, яка одночасно з поступальним може здійснювати коливальний рух навколо горизонтальної і вертикальної осей.

В мартенівських печах для ремонту футеровки печей використовують універсальні машини [2]. Машина призначається не тільки для руйнування футеровки, але і для прибирання бою цегли, кладки верхньої будови печі, чищення шлаковиків тощо. Різноманітність робіт, які виконує машина, забезпечується за допомогою численних змінних робочих органів. На поворотну голівку стріли навішують такі робочі органи: при руйнуванні

14.3. Контрольні запитання

1. Назвіть області використання опіковочних машин і операції, які ці машини виконують.
2. Зарисуйте схему машини і поясніть будову і принцип дії її механізмів.
3. Складіть методику визначення зусилля, яке буде необхідним для переміщення штанги, проаналізуйте гірший випадок.
4. Складіть методику визначення параметрів пневмоциліндра повороту колони.

Тема 15. Устаткування для ремонту і заміни футеровки

15.1. Це устаткування можна поділити на три основні групи: устаткування для зруйнування футеровки; устаткування для ремонту футеровки; універсальне устаткування. Руйнування футеровки конверторів, мартенівських, електродугових й інших типів печей здійснюють, як правило, самохідними машинами на гусеничному ході (рис.5.46). Машину доставляють до ремонтуємого об'єкта мостовим краном. Ударний орган машини (пневмолом) кріпиться до хитної стріли, яка в свою чергу закріплена на поворотній платформі. Пневмолом переміщується по стрілі в робоче положення за допомогою ланцюгового механізму, а в процесі ломки - пневмоциліндра. Механізм переміщення має два незалежні приводи гусениць, що забезпечує високу маневреність машини. Привод гусениць - електромеханічний. При висунутому в крайнє положення пневмоломи довжина машини становить більше 11м [2]. В машинах для руйнування футеровки електropечей стріла має декілька шарнірних важелів, які керуються пневмо- чи гідроциліндрами (аналогічно легким конструкціям колесних ковшових екскаваторів).

Для механізованої ломки футеровки ковшів використовують машини ударної дії і поворотні стенди (рис.5.46,6). Машини бувають гусеничними або стаціонарними. Гусеничні машини за конструкціями і принципом дії аналогічні гусеничним машинам руйнування футеровки конверторів (з прямою стрілою) [2]. Відрізняються вони лише меншими габаритами і відсутністю ланцюгової передачі для переміщення пневмолома.

В стаціонарних машинах пневмолом кріпиться на штанзі, яка одночасно з поступальним може здійснювати коливальний рух навколо горизонтальної і вертикальної осей.

В мартенівських печах для ремонту футеровки печей використовують універсальні машини [2]. Машина призначається не тільки для руйнування футеровки, але і для прибирання бою цегли, кладки верхньої будови печі, чищення шлаковиків тощо. Різноманітність робіт, які виконує машина, забезпечується за допомогою численних змінних робочих органів. На поворотну голівку стріли навішують такі робочі органи: при руйнуванні

футеровки - пряму і зворотну лопати; при віддаленні відходів цегли - одноканатні грейфери чи гідрогрейфери; для підйому вантажу - крюкову підвіску; при футеруванні блоками - вилочний захват. Більшість механізмів машини мають гідроприводи. Серед машин для ремонту футеровки плавильних агрегатів особливий інтерес викликають машини конверторних цехів. Тут використовуються машини трьох типів: кранові, навісні і наземні. Кранові і навісні машини використовують в глухондних конверторах, а наземні - в конверторах зі змінними днищами. Основними вузлами кранової машини є (рис.5.46,в): міст з механізмами переміщення, дві робочі площадки з механізмами вертикального переміщення, відкидні козирки і вертикальний платформенний підйомник. Площадки між собою і мостом з'єднуються телескопічними направляючими і рухаються за допомогою канатно-барabanної лебідки. Поворот козирків здійснюється за допомогою гідроциліндрів. Вогнетривкі матеріали подають на міст завантажувачами. Вантажопідйомність платформи 4т. Машина обслуговує декілька конверторів і переміщується по рейковій колії, яка розташована над конверторами [2].

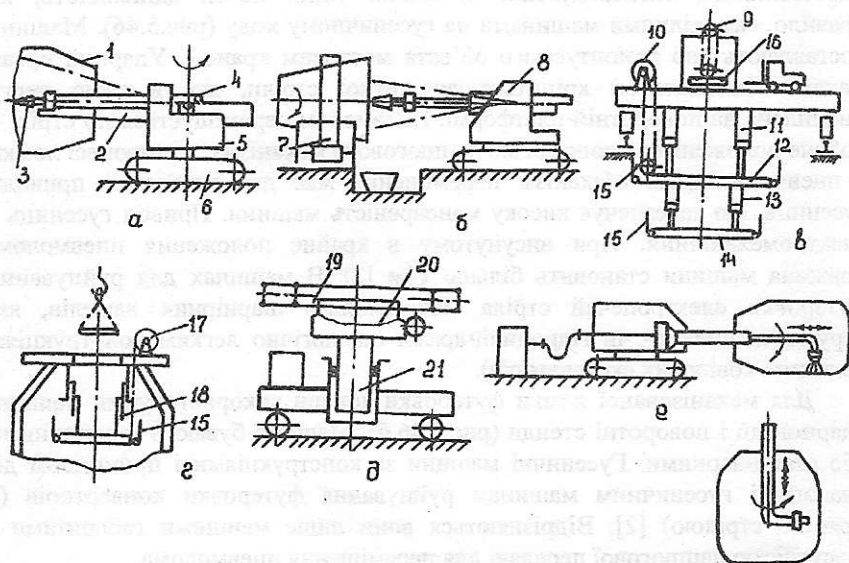


Рис. 5.46. Устаткування для ремонту і заміни футеровки: а-машина для руйнування футеровки конверторів; б-схема руйнування футеровки ковша; в-кранова машина для ремонту футеровки конвертору; г-навісна машина для ремонту футеровки; домкратний візок; е-схема факельного торкретування; 1-конвертор; 2-хитга стріла; 3-пневмолом; 4-механізм подачі і нахилу пневмолома; поворотна платформа; 5-поворотна платформа; 6-ходова частина; 7-поворотній стенд; 8-машина для руйнування футеровки; 9,10,17-лебідка; 11, 13-телескопічні направляючі стояки; 12, 14-робочі площадки; 15-відкидні козирки; 16-платформа для матеріалу; 18-телескопічна шахта; 19-робоча площадка; 20-сферичний під'ятник; 21-гідродемкрат

Навісні машини (рис.5.46,г) установлюються безпосередньо на горловині конвертора. Основні вузли машини – опорна рама, телескопічна шахта, робоча площадка з механізмом переміщення і телескопічна драбина. Вогнетривкі матеріали подають на робочу площадку мостовим краном на піддонах через телескопічну шахту [2].

Наземні машини (телескопічні підйомники) переміщуються по рейковій колії, яка прокладена на нульовій відмітці цеху [10]. Робоча площадка в цих машинах переміщується вертикально за допомогою гідравлічного телескопічного циліндра, а підйом матеріалів – канатно-барабанної лебідки. Корисна вантажопідйомність робочої площадки – 5т, хід телескопічного циліндра – 7,0м. Вантажопідйомність лебідки – 1,5т.

Зняття днища конвертора здійснюють за допомогою домкратного візка (рис.5.46,д), який переміщується по тій рейковій колії, що і телескопічний підйомник. Робоча площадка піднімається вверх за допомогою плунжерного гідроциліндра. Для полегшення монтажу днища площадка має можливість обертатися навколо вертикальної осі. Візок транспортується за допомогою приводного металовозного візка. Вантажопідйомність візка залежить від маси днища конвертора і досягає 165т.

До числа основних ремонтних робіт футеровки відносяться торкретування, нова кладка вогнетривкої цегли чи блоків, набивка футеровки. Підвищення строку служіння досягають за рахунок горячих ремонтів – торкретування, яке полягає в тому, що на футеровку наносять тонкий шар подрібнених вогнетривів. Торкретування виконують зразу ж після зливу металу. Для конверторів використовуються два способи торкретування. При першому способі торкрет-масу, яка складається із вогнетривкого порошку і зв'язуючого матеріалу, подають на поверхню футеровки в струмені стисненого повітря. При другому способі торкрет-масу, яка складається із вогнетривкого порошку і тонкоподрібненого коксу, подають на поверхню футеровки в високотемпературному факелі (факельне торкретування) (рис.5.46,г). Для торкретування використовують машини двох типів: підвісні, які переміщуються по рейках над конверторами і наземні, які переміщуються по робочій площадці [2].

Футеровку ковшів ремонтують як шляхом кладки нової вогнетривкої цегли, так і набивкою шару вогнетривкої маси. Для цієї мети використовують машини трьох типів: для механізованої кладки цегли; для виготовлення монолітної футеровки з швидкотверднучих сумішок; для піскометної набивки [2].

15.2. Задачі

1. Визначте потужність двигуна лебідки підйому платформи кранової машини для ремонту футеровки (рис.5.46,в), якщо $Q=38\text{кН}$ (вага навантаженої платформи), $Z_1=8$ (кількість канатів, на яких підвішена платформа), $Z_6=2$ (кількість канатів, які навиваються на барабан),

$D_6=0,35\text{м}$ (діаметр барабана), $n_{дв}=600\text{хв}^{-1}$, $i=50$ (передаточне число привода), $\eta_0=0,85$ (загальний ККД механізму).

2. За даними задачі 1 визначте потужність двигуна підйому робочих площадок, якщо $Q=140\text{кН}$ (вага навантаженої платформи), $i=175,6$, $\eta=0,82$, $D_6=0,6\text{м}$.
3. Визначте діаметр гідроциліндра D домкратного візка (рис.5.46,д), якщо $Q=1651\text{кН}$ (вага навантаженої площадки), $p_p=5,3\text{МПа}$ (робочий тиск, який створює насос), $p_v=0,8\text{МПа}$ (втрати тиску в трубопроводах), $\eta_n=0,85$ (ККД циліндра).
4. За даними задачі 3 визначте необхідний розхід робочої рідини $\Pi(\text{м}^3/\text{с})$ і потужність двигуна насоса, якщо $v=0,01\text{м/с}$ (швидкість переміщення робочої площадки), $\eta_n=0,88$ (ККД насоса), $n_{дв}=981\text{хв}^{-1}$, $p_n=6,5\text{МПа}$ (номінальний тиск, який розвиває насос).

15.3. Контрольні запитання

1. Назвіть і охарактеризуйте операції, які виконують при ремонті футеровки.
2. Зарисуйте схеми гусеничних машин для руйнування футеровки конверторів і ковшів, поясніть їх будову і принцип дії.
3. Зарисуйте схему кранової машини для ремонту футеровки, поясніть її будову і принцип дії.
4. Зарисуйте схему навісної машини для ремонту футеровки, поясніть її будову і принцип дії.
5. Зарисуйте схему домкратного візка, поясніть його будову і принцип дії.
6. Зарисуйте схеми обладнання для факельного торкретування, поясніть суть цього торкретування.
7. Складіть методику розрахунку привода поворотного стенда для повороту ковша при руйнуванні футеровки.

Тема 16. Устаткування електропечей для виробництва високоякісних металів і сплавів

16.1. До числа цих печей, передусім, належать: вакуумно-дугові печі (ВДП), електрошлакові печі (ЕШП), електронно-променеві печі (ЕПП) і плазмодугові печі (ПДП). ВДП є найбільш поширеними агрегатами спецелектрометалургії, які дають можливість одержувати високоякісні метали (сталь, титан, цирконій, ніобій, молібден, тантал, вольфрам, ванадій, берилій та інші) для спеціальних галузей техніки. Висока якість металів тут досягається завдяки вакууму ($0,133\text{Па}$) і мідній виливниці-кристалізатору. Вакуум сприяє активному звільненню металу від розчинених в ньому газів і твердих включень, а кристалізатор не вносить забруднення в розплав.

Джерелом тепла для розплавлення металу є електрична дуга. Вихідним матеріалом для плавки є губка, стружка, литі і спресовані штанги тощо [3,11].

На рис.5.47 показані схеми ВДП з наплавленням зливків в глуходонний кристалізатор (рис.5.47,а,б,в) і з витягненням зливків в процесі їх наплавлення (рис.5.47,г). В свою чергу печі поділяються на печі з електродани що розплавляються (рис.5.47,б) або нерозплавляються (вугільні чи графітові). Незалежно від цього струм підводиться до штока електрода і водоохолоджуваного піддона. Печі з витягненням зливків використовуються лише для плавки тугоплавких металів, якість яких дуже залежить від величини тиску виділяємих в процесі плавки газів. Для поліпшення відсмоктування газів рівень розплаву в цих печах підтримують постійно в верхній частині кристалізатора. Печі для виплавки високореакційних металів (наприклад, титану) поміщають в захисні камери тому, що при попаданні води в розплав може статись вибух.

Промисловість серійно випускає такі типи печей: ДСВ – для плавки сталей; ДТВ – для плавки титану; ДДВ – молибдену та інших тугоплавких металів; ДНВ – для плавки ніобію. Умовні позначення цих печей, наприклад типу ДТВ-14-Г26, означають: Д – дугова, Т – для плавки титану, В – вакуумна, 14 – діаметр кристалізатора 0,14м, Г – з глухим кристалізатором, 26 – максимальна маса злитка, т. Найбільш крупними є печі типу ДСВ, в яких одержують зливки масою до 80т і більше. На рис.5.47,а показана схема типової ВДП для виплавки титанових злитків шляхом переплавки електродів, які одержують пресуванням губки на спеціальних печах. Основними вузлами і механізмами печі є: вакуум-камера, кристалізатор і піддон, механізм переміщення електрода, вкатний візок, гідростоли для обслуговування кристалізатора і вакуумна система. За допомогою гідростола здійснюють опускання піддона і кристалізатора разом зі злитком на вкатний візок після закінчення плавки і підйом піддона та кристалізатора з новим електродом перед плавкою (електрод вставляють в кристалізатор за допомогою крана). Гідростолом 11 здійснюють операції витягання злитка, складання і демонтажу кристалізатора з піддоном.

В невеликих печах з електромеханічним приводом використовують гвинтові механізми, а в великих – механізми з ланцюговою підвіскою і аналогічними приводами (рис. 5.47, д). Найбільш поширеним приводом є привод з диференціальним редуктором, який дає можливість переміщувати шток з робочою регульованою швидкістю (2 – 20 мм/хв) в процесі плавки і сталою маршовою швидкістю (1,5 – 3 м/хв) при виконанні допоміжних операцій. Для реалізації робочої швидкості служить двигун постійного струму, для маршевої – двигун перемінного струму. Вимоги до механізмів витягання злитків такі ж. Вони частіше бувають з гвинтовою і рідше – з гідравлічною передачами.

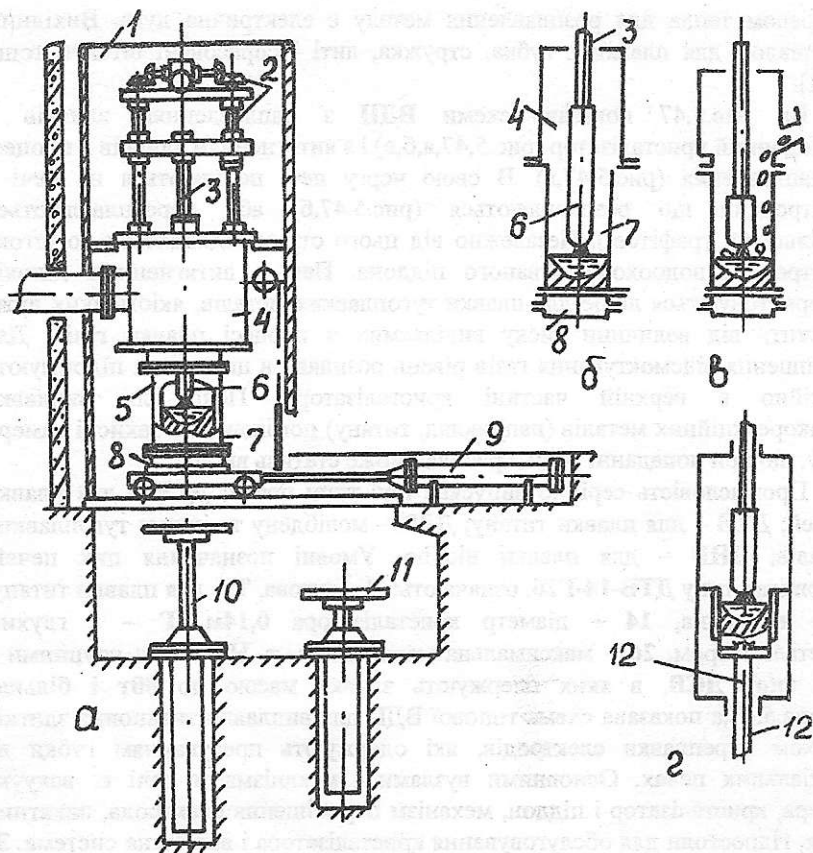
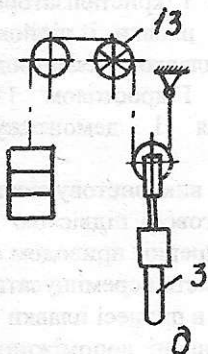


Рис. 5.47. Схеми печей ВДП (а, б, в) і механізму переміщення електрода (д): 1-захисна камера; 2-механізм переміщення електрода; 3-шток електрода; 4-вакуумкамера; 5, 7-кристалізатор; 6-електрод; 8-піддон; 9-механізм викатки кристалізатора; 10, 11-гідростоли для обслуговування кристалізаторів; 12-шток зливка; 13-приводна звездчатка



ЕШП одержали широке застосування при виробництві сталевих злитків і злитків зі сплавів на основі заліза. В цих печах одержують злитки масою 40т і більше. Суть електрошлакового процесу полягає в тому, що повторному переплаву під шаром шлаку піддається металева штанга-електрод. Тепло, яке необхідне для плавлення, виникає при проходженні

через шар шлаку електричного струму (шлак шунтує струм). Шлак захищає розплав від дії на нього зовнішнього середовища і очищає метал від домішок. Процес розроблено в інституті електрозварювання ім. Є.О.Патона, де створено також і промислові установки.

На рис. 5.48,а показана схема типової електрошлакової печі. Основними механізмами печі є механізм переміщення електрода і кристалізатора. Кожний із них має вертикально-рухомі каретки, електромеханічні приводи і рейкову передачу. Каретки зрівноважуються контрвантажем. Привод механізму переміщення електрода має дві швидкості і забезпечує робочу регульовану (20 - 200мм/хв) і сталу маршеву (до 4м/хв) швидкості. Схема привода показана на рис.5.48,б. Поряд з рейковими механізмами використовуються канатно-барабанні і рідше гвинтові механізми. Механізми переміщення кристалізатора печей без витягання злитків призначаються для роздягнення злитків після плавки. В цьому випадку кристалізатор піднімають вгору, а злиток залишається разом з піддоном на візку, який потім викочується в зону дії крана. Електрод удержується механізмом затиску (рис.5.48,в). Струм підводиться до електрода і піддона.

В останні роки спостерігаються спроби промислового освоєння печей з короткими рухомими кристалізаторами. Проте тут виникають утруднення, які пов'язані з розробкою ефективних засобів контролю рівня металу в кристалізаторі. Проводяться також роботи по промислому впровадженню печей для переплавки металізованої сировини.

ЕІШ широко використовуються як в чорній (для виробництва спецсталей і сплавів на основі заліза), так і в кольоровій металургії (для виробництва вольфраму, молібдену, ванадію та інших металів). Метод електронно-променевої переплавки поєднує можливість плавки металу в глибокому вакуумі ($1,3 \cdot 10^{-2}$ Па) з нагрівом до високої температури. Принцип методу полягає в тому, що пучок електронів з великою кінетичною енергією бомбардує шихту чи металеву заготовку, яка розплавляється і рідкий метал стікає в кристалізатор, де і формується злиток. За конструктивним втіленням принципу електронного нагріву всі печі поділяють на три типи: з використанням переплавного металу як анода; з радіальними електронними пушками; з аксіальними електронними пушками. Розповсюджені два останніх типи печей. В печах з радіальними пушками заготовка подається зверху, а в печах з аксіальними пушками - горизонтально [2,3].

На рис.5.49,а показана схема промислової печі з радіальними пушками (4 - 6шт). Для механізації завантаження заготовки і розвантаження злитка піч має спеціальний викатний візок, на якому розташовані механізми витягання злитка, завантаження заготовки, розвантаження злитка. Механізми подачі заготовки і витягання злитка мають дві швидкості переміщення робочого органу (робоча швидкість - 2 - 20мм/хв, маршева - 1,5 - 2м/хв) і гвинтову передачу. На рухомій каретці механізму подачі заготовки закріплено механізм обертання заготовки (частота обертання - 10

- 15хв^{-1}), який призначається для рівномірного розплавлення кінця заготовки. Механізми розвантаження злитка і завантаження заготовки оснащені гідроциліндрами. Маслостанція розташована на візку. Розвантажують злиток таким чином. Злиток після закінчення плавки повністю витягується із кристалізатора за допомогою механізму витягання. Далі за допомогою гідроциліндрів злиток, камера злитка і механізм витягання переміщується вниз до утворення необхідного зазора між камерою злитка і кристалізатором. Візок викочується в зону дії крана. Злиток за допомогою механізму витягання піднімають вгору до тих пір, поки піддон злитка не опиниться вище верхнього пружка камери злитка. Злиток після цього роз'єднують з піддоном і забирають краном. В гільзу механізму завантаження вставляють нову заготовку і візок закрочують під піч. Гідроциліндрами заготовку піднімають вгору, а назустріч опускають шток заготовки і підвішують на нього заготовку. Після підняття заготовки у верхнє вихідне положення за допомогою механізму розвантаження злитка піднімають камеру злитка і стикують її з камерою печі, а механізмом витягання злитка вводять в кристалізатор піддон, який на початку плавки утворює тимчасове дно.

При розрахунку механізмів витягання злитка незалежно від їх конструкції необхідно знати величину зусилля опору витягання злитка із кристалізатора, яка не піддається аналітичному розрахунку. Це пояснюється тим, що вона залежить від багатьох факторів, які важко враховувати (температура, стан кристалізатора, фізичні і хімічні властивості нагрітого металу, інтенсивність утворення корони і т.д.). Тому для її визначення користуються емпіричною формулою, яку одержали на основі математичної обробки експериментальних даних [3]. Приблизно величина зусилля опору, Н:

$$F=[29,2D^2+295,2D],$$

де D - діаметр злитка, см.

ПДП використовують як для повторної переплавки металів і сплавів в кристалізаторі (рис.5.49,б), так і для плавки і рафінування в керамічному тиглі. В першому випадку **ПДП** за конструктивним виконанням подібні **ЕПП**. Вони також мають механізми подачі заготовки і витягання злитка з двохшвидкісними приводами (рис.5.49,в). В другому випадку **ПДП** мають подобу електросталеплавильних печей з рухомою ванною [2].

Для нагріву в **ПДП** використовують плазмотрони, в яких дуга утворюється між катодом із вольфрамового стрижня і мідним водоохолоджуваним піддоном. В зону горіння дуги подають плазмоутворюючий газ (наприклад, аргон), завдяки чому відбувається його іонізація і, як наслідок, концентрація енергії дуги. Температура досягає 10000°C і більше. Це дає можливість переплавити практично будь-які метали і елементи.

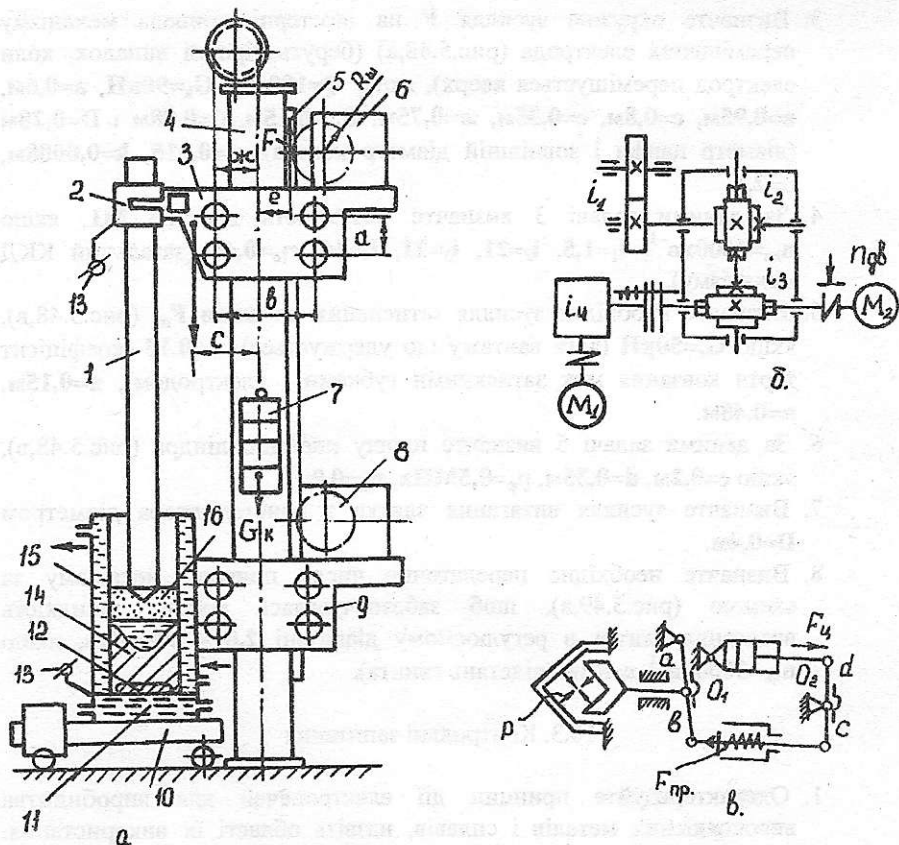


Рис. 5.48. Схема типової печі ЕШП (а), механізму переміщення (б) і затискувача електрода (в); 1-електрод; 2-механізм затиску електрода; 3-рухома каретка електрода; 4-колона; 5-рейка; 6-привод механізму переміщення електрода; 7-противага; 8-привод механізму підйому кристалізатора; 9-каретка кристалізатора; 10-вікатний візок кристалізатора; 11-піддон; 12-затравка; 13-струмопідвід; 14-злиток; 15-кристалізатор; 16-шлакова ванна

16.2. Задачі

1. Визначте зусилля тертя в вакуумному ущільненні штока (рис.5.49,а), якщо $d_{ш}=0,11\text{м}$ (діаметр штока), $h=0,12\text{м}$ (висота ущільнення), $q=0,6\text{МПа}$ (питомий тиск в ущільненні), $\mu=0,04$ (коефіцієнт тертя ковзання в ущільненні для пари сталь-фторопласт).
2. Визначте площу гідроциліндра викатки візка (рис.5.47,а), якщо $G_b=50\text{кН}$ (вага візка), $G_k=6,0\text{кН}$ (вага кристалізатора), $d=0,1\text{м}$ і $D=0,3\text{м}$ (діаметр цапф і зовнішній діаметр ходових колес), $\mu=0,014$, $k=0,0008\text{м}$, $\beta=2,5$, $p_r=0,4\text{МПа}$ (робочій тиск в циліндрі), $\eta_4=0,85$ (ККД циліндра).

3. Визначте окружне зусилля F на шестерні привода механізму переміщення електрода (рис.5.48,а) (беруть гірший випадок, коли електрод переміщується ввєрх), якщо $Q=180\text{кН}$, $G_k=90\text{кН}$, $a=0,6\text{м}$, $b=0,95\text{м}$, $c=0,8\text{м}$, $e=0,35\text{м}$, $ж=0,75\text{м}$, $R_{ш}=0,15\text{м}$, $d=0,08\text{м}$ і $D=0,28\text{м}$ (діаметр цапфи і зовнішній діаметр колеса), $\mu=0,015$, $k=0,0008\text{м}$, $\beta=2,2$.
4. За даними задачі 3 визначте потужність двигуна $M1$, якщо $n_{дв}=1500\text{хв}^{-1}$, $i_1=1,5$, $i_2=21$, $i_3=21$, $i_4=16$, $\eta_o=0,45$ (загальний ККД механізму).
5. Визначте необхідне зусилля затиснення пружини $F_{пр}$ (рис.5.48,в), якщо $G_e=50\text{кН}$ (вага вантажу що удержується), $\mu=0,15$ (коефіцієнт тертя ковзання між затискними губками і електродом), $a=0,15\text{м}$, $b=0,48\text{м}$.
6. За даними задачі 5 визначте площу пневмоциліндра (рис.5.48,в), якщо $e=0,2\text{м}$, $d=0,35\text{м}$, $p_p=0,5\text{МПа}$, $\eta_{ц}=0,9$.
7. Визначте зусилля витягання злитка з кристалізатора діаметром $D=0,4\text{м}$.
8. Визначте необхідне передаточне число привода механізму за схемою (рис.5.49,а), щоб забезпечувалась робоча швидкість витягання злитка в регулюємому діапазоні $2,0 - 20\text{мм/хв}$, якщо $n_{дв}=3000\text{хв}^{-1}$, $s=8\text{мм}$ (відстань гвинта).

16.3. Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте принцип дії електропечей для виробництва високоякісних металів і сплавів, назвіть області їх використання. Зарисуйте принципові схеми печей ВДП.
2. Зарисуйте схему типової печі ВДП, поясніть будову і принцип дії її механізмів.
3. Складіть методику розрахунку потужності двигуна механізму переміщення електрода з ланцюговою передачею.
4. Зарисуйте схему типової електрошлакової печі, поясніть будову і принцип дії її механізмів.
5. Складіть методику визначення потужності двигуна механізму підйому кристалізатора.
6. Зарисуйте і поясніть будову затиску електрода з пневмопружинним управлінням.
7. Зарисуйте принципову схему типової печі ЕПП, поясніть будову і принцип дії її механізмів.
8. Складіть методику розрахунку потужності двигуна механізму витягання злитка.
9. Зарисуйте схему печі ПДП з необхідними виконавчими механізмами.

10. Зарисуйте і поясніть принцип дії привода з диференціальним редуктором, дайте аналіз його недоліків і позитивних якостей.

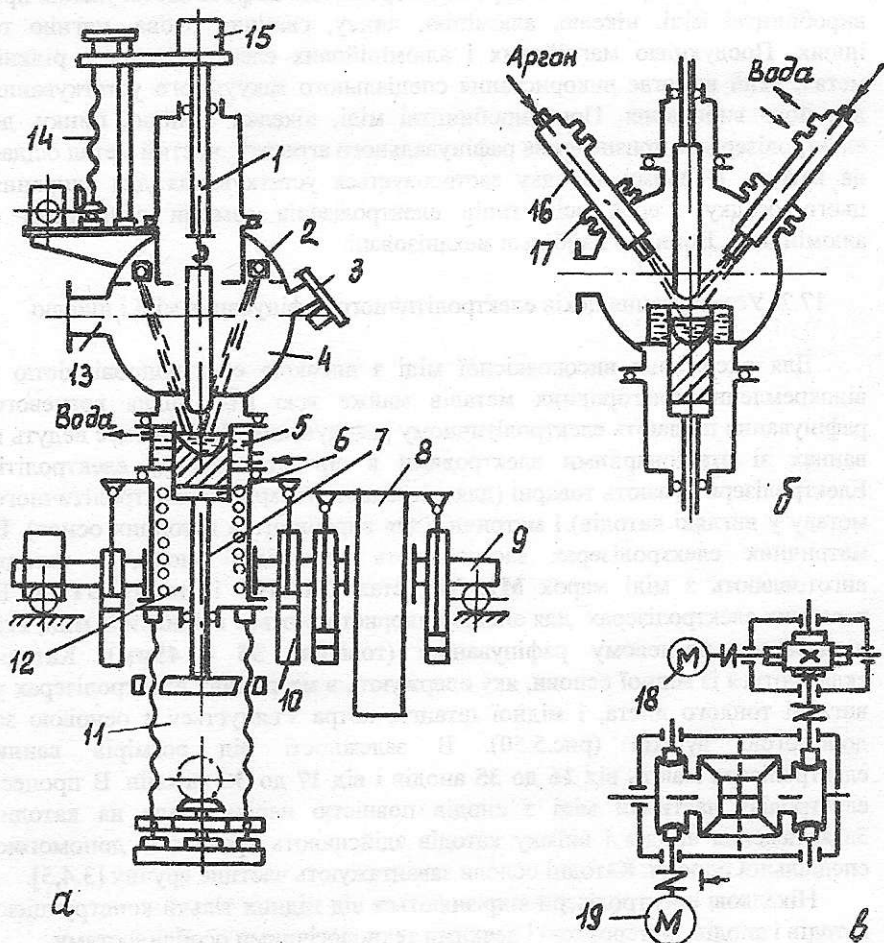


Рис. 5.49. Схеми електронно-променевої (а) і плазмодугової (б) печей, механізму переміщення електрода (в): 1-штук заготовки; 2-електронні пушки; 3-оглядове вікно; 4-вакуум-камера; 5-крізьний кристалізатор; 6-піддон; 7-штук злитка; 8-механізм завантаження заготовки; 9-вікатний візок; 10-механізм розвантаження злитка; 11-механізм витягання злитка; 12-камера злитка; 13-патрубок вакуумної системи; 14-механізм подачі заготовки; 15-механізм обертання заготовки; 16-плазматрон; 17-ушільнювач; 18, 19-двигуни робочої і маршевої швидкостей

Тема 17. Устаткування електролізного виробництва

17.1. В кольоровій металургії електроліз має широке застосування при виробництві міді, нікелю, алюмінію, цинку, свинцю, олова, магнію та інших. Продукцією магнійових і алюмінійових електролізерів є рідкий метал, який вимагає використання спеціального вакуумного устаткування для його вибирання. При виробництві міді, нікелю, свинцю, цинку, де електролізер має призначення рафінувального агрегату, чистий метал осідає на катоди. В цьому випадку застосовується устаткування для здирання цього осадку. Серед всіх типів електролізерів самими складними є алюмінійові. Вони ж - найбільш механізовані.

17.2. Устаткування цехів електролітичного рафінування міді і нікелю

Для одержання високоякісної міді з високою електропровідністю і відокремлення благородних металів майже всю мідь після вогневого рафінування піддають електролітичному рафінуванню. Цей процес ведуть в ваннах зі стаціонарними електродами в сірчато-кислому електроліті. Електролізери бувають товарні (для одержання товарного електролітичного металу у вигляді катодів) і матричні (для виробництва катодних основ). В матричних електролізерах застосовують нерозхідні аноди, а катоди виготовляють з міді марок М1, М2, сталі Х18Н9Т і титану ВТ1-1. В товарних електролізерах для анодів використовуються відливки із міді, яка піддавалась вогневому рафінуванню (товщина 35 - 45мм). Катоди складаються із мідної основи, яку одержують в матричних електролізерах у вигляді тонкого листа, і мідної штанги, котра з'єднується з основою за допомогою вушків (рис.5.50). В залежності від розмірів ванни електролізери мають від 16 до 35 анодів і від 17 до 36 катодів. В процесі електролізу частинки міді з анодів повністю переносяться на катоди. Завантаження анодів і виїмку катодів здійснюють краном за допомогою спеціальної борони. Катодні основи завантажують частіше вручну [3,4,5].

Нікельові електролізери відрізняються від мідних тільки конструкцією катодів і анодів, футеровкою і деякими технологічними особливостями.

Принципово новим напрямком розвитку електролітичного рафінування металів є впровадження автоматизованих ліній для виробництва стрічки основ і збирання катодів. Застосування автоматизованої лінії для виробництва основ (рис.5.51) дозволяє виключити дорогий і самий трудоемкий матричний переділ. Основними елементами лінії є барабанний і петлевий електролізери, агрегат для різання стрічки і укладання листів. Барабанний електролізер має футерований корпус, всередині якого розташовуються барабан-катод і два нерозчинні свинцеві аноди, які охоплюють барабан з двох боків. В цьому електролізері одержують стрічку товщиною до 0,05мм. Надалі нарощування товщини стрічки до 0,4 - 0,5мм відбувається в петлевому електролізері, який має ванну, мідні барабани з підводом струму і анодні касети з натяжними діелектричними барабанами.

Катодом тут є сама стрічка, а анодом - свинцеві пластини, які закріплюються на титанових касетах. Вся лінія приводиться в рух від центрального електромеханічного привода. Промислова лінія має дві паралельні нитки, її продуктивність становить 500 основ за добу [3,5].

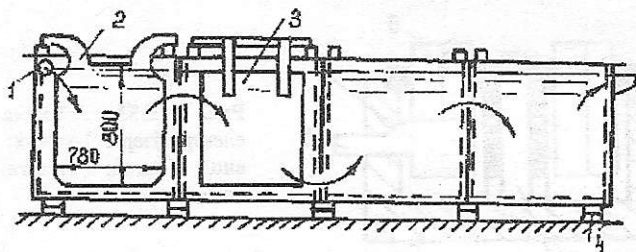


Рис. 5.50. Схема електролізера для рафінування міді: 1-колектор для електроліту; 2-анод; 3-катод; 4-ізолятор

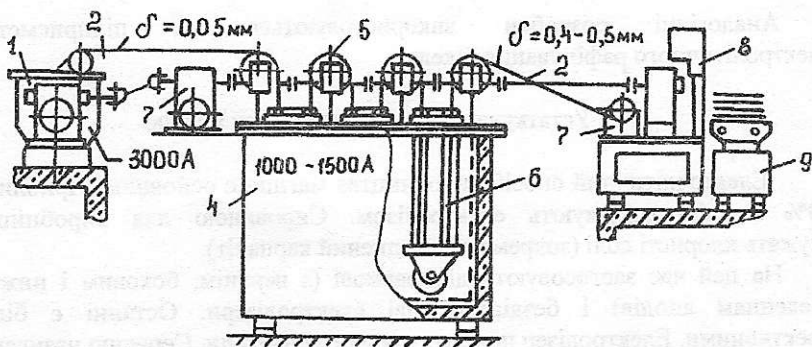


Рис. 5.51.Схема автоматизованої лінії для отримання мідної стрічки основ: 1-барабанний електролізер; 2-мідна стрічка; 3-головний привод; 4-петлевий електролізер; 5-приводні мідні барабани; 6-анодні касети; 7-емкість для промивки; 8-ножиці; 9-агрегат для укладання листів

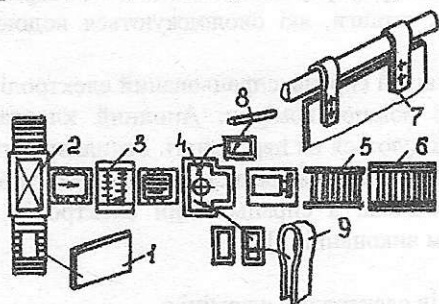


Рис. 5.52. Схема лінії для складання катодів: 1-основа; 2-установка для видачі основ; 3-зигочна машина; 4-складально-клепальний автомат; 5-транспортер завіски; 6-стелаж-накопичувач; 7-складений катод; 8-штанга; 9-вушко

Не менш важливим є створення автоматизованої лінії для складання катодів (рис.5.52). Лінія має установку для видачі основ, зигочну машину, складально-клепальний автомат, магазин для основ, штанг і вушок. Установка для видачі основ має подобу рухомого візка, на якому закріплено вакуум-присоски. Зигочна машина наносить рифлення на основу з метою

збільшення їх жорсткості. Передача основ від одного агрегату до іншого здійснюється за допомогою транспортера. Весь комплекс обслуговують два чоловіки. Продуктивність лінії становить близько 10000 катодів за добу [3, 5].

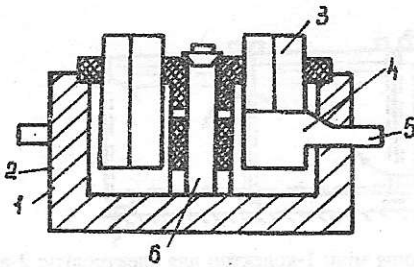


Рис. 5.53. Схема магнієвого електролізера: 1-кожух; 2-футеровка; 3-анод; 4-катод; 5-штанга катода; 6-збірна комірка

Аналогічні розробки використовуються на підприємствах електролітичного рафінування нікелю.

17.3. Устаткування цехів електролізу магнію

Електролітичний спосіб виробництва магнію є основним. Приблизно 90% магнію одержують електролізом. Сировиною для виробництва служать хлористі солі (зокрема збезводнений карналіт).

На цей час застосовують діафрагмові (з верхнім, боковим і нижнім введенням анодів) і бездіафрагмові електролізери. Останні є більш ефективними. Електролізер поділяється на три частини. Середню називають збіркою коміркою і вона призначена для збору і накопичення магнію. Дві крайні призначені для електролізу і мають назву електролітичних (рис.5.53). Аноди вводяться в електролізер зверху і закріпленні стаціонарно. Катоди вводяться через стінки, а їх штанги, які охолоджуються водою, виведені назовні.

Заливають сировину, виводять магній сирець, спрацьований електроліт і шлам через отвори в перекритті збірної комірки. Анодний хлоргаз відводиться через патрубки, які розміщуються на перекритті. Розплавлений карналіт заливають за допомогою ковша, який має візок і кантувач. Магній-сирець і шлам виводять вакуум-ковшами, а спрацьований електроліт - механічними насосами у вертикальній виконанні [5].

17.4. Устаткування цехів електролізу алюмінію

Електролізний процес є основним промисловим способом одержання алюмінію. Вихідною сировиною служить глинозем (Al_2O_3), а основою електроліту - системи кріоліт-глинозем.

Електролізери незалежно від конструкції мають анод, катод, катодну і анодну ошиновки, металоконструкцію, систему уловлювання і відводу газів. Їх класифікують за такими ознаками:

- 1) за конструкцією анода : з самоспівливими і обпаленими анодами;
- 2) за способом підводу струму до анода : з боковим і верхнім підводом;
- 3) за величиною потужності (сила струму) : малої (40 - 50кА), середньої (60 - 80кА), великої (100 - 160кА), дуже великої (200 - 250кА) потужності.

На рис.5.54,а показана схема електролізера з самоспівливим анодом і боковим підводом струму. Основними елементами електролізера є анод з канатно-барабанним механізмом підйому, катод, який складається зі сталевих штанг і подових вугільних блоків, система завантаження глинозему і шторні укриття з механізмами їх підйому. Анод закріплюється в анодній рамі і має алюмінієвий кожух, який заповнюється анодною масою. Рама за допомогою поліспастів підвішується до металоконструкції і з'єднана канатами з барабаном. В нижній частині рами розміщуються вертикальні ребра (пера) з прорізами, через які в тіло анода забивають під кутом 15 - 20° до горизонту струмопідвідні сталеві штирі. Довжина штирів - 900 - 1100мм, діаметр - 60 - 80мм. Нижні ряди штирів опираються на серезки, які закріплюються на вертикальних ребрах, і з'єднані з струмопідвідними шинами за допомогою гнучких струмопідвідних спусків (шинок). Глинозем надходить до ванни з бункерів по вертикальних трубах, які оснащені затворами. Деякі електролізери мають ще і автоматичну систему подачі глинозему (АПП) [3,4].

Основними технологічними операціями при обслуговуванні цих електролізерів є : пробивка корки електроліту, живлення глиноземом, нарощування кожуха анода, витягнення, виправлення і забивка струмопідвідних штирів, завантаження анодної маси, прибирання металу.

В електролізерах з самоспівливим анодом і верхнім струмопідводом (рис.5.54,б) анод міститься в сталевому кожусі, рама якого за допомогою гвинтових домкратів з'єднана з допоміжним підйомним механізмом. З другого боку анод утримується на струмопідвідних штирях, які закріплені через ізолятори на анодній рамі і з'єднанні за допомогою спеціальних затискачів з струмопідвідними шинами. Анодна рама переміщується по чотирьох гвинтових домкратних стояках за допомогою двох електромеханічних приводів, які розташовані по торцях електролізера. При регулюванні процесу електролізу анод переміщується за допомогою головного підйомного механізму (механізм переміщення рами). Разом з ним переміщується і допоміжний механізм, який працює тільки при перетяжці кожуха анода (при включенні головного механізму). Струмопідвідні штирі установлюють в чотири ряди. Діаметр штирів - 138мм, довжина - 2700мм [3,4].

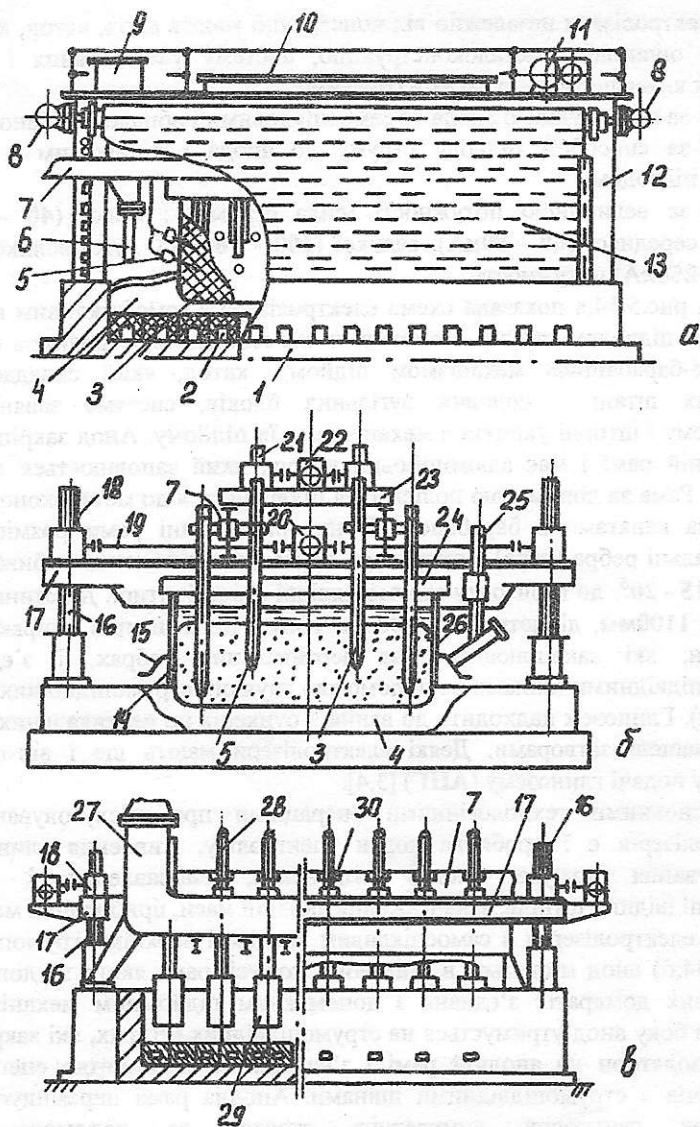


Рис. 5.54. Схеми алюмінієвих електролізерів з самоспільним анодом і боковим струмопідводом (а), з самоспільним анодом і верхнім струмопідводом (б), з обпаленими анодами (в): 1-цоколь; 2-катодні блоки; 3-анод; 4-ванна; 5-струмопідводячі штирі; 6-труба; 7-струмопідводячі шини; 8-механізм підйому штор; 9-бункер для глинозему; 10-люк для завантаження анодної маси; 11- механізм підйому анода; 12-каркас; 13-шторні укриття; 14-кожух анода; 15-газозбірний дзвін; 16-домкратні стояки; 17-анодна рама; 18-спеціальні редуктори; 19-трансмійсійний вал; 20-привод механізму переміщення анодної рами; 21-домкрати допоміжного механізму; 22-привод допоміжного механізму; 23, 24-рама; 25-пальник; 26-кожух анода; 27-газохід; 28-штанги анодів; 29-обпалені аноди; 30-затискувач штанг

При обслуговуванні електролізерів з верхнім і боковим струмопідводом здійснюються однакові технологічні операції.

Найбільш раціональними з погляду зручності експлуатації і обслуговування, економного витрачання електроенергії і поліпшення якості продукції є електролізери з попередньо обпаленими анодами (рис.5.54,в).

Конструкція їх катода не відрізняється від катодів перших двох типів електролізерів (тому вона не показана на схемі). Анод складається з 22-ох обпалених вугільних блоків. Кожний блок має сталеву траверсу і штангу з алюмінійового сплаву. Штанги за допомогою затискачів скріплені з струмопідвідними шинами, які розміщуються з двох поздовжніх боків електролізеру на анодній рамі. Піднімають аноди механізмом, який має таку ж конструкцію, що і електролізери з верхнім струмопідводом. Крім механізму підйому, на металоконструкції розміщується АПГ і обладнання для руйнування корки електроліту (в зоні між двох рядів анодів). Це обладнання має балки, які рухаються за допомогою гвинтової передачі з електромеханічним приводом [3,4].

Основними технологічними операціями при обслуговуванні цих електролізерів є: руйнування корки і завантаження електролізерів глиноземом, витягнення недогарків анодів і встановлення нових анодів, перетяжка анодної рами.

17.5. Машини і механізми для обробки алюмінієвих електролізерів

Обробкою прийнято називати комплекс робіт по руйнуванню корки електроліту і завантаженню глинозему. Корку пробивають чи руйнують для того, щоб глинозем міг поступати в ванну. Вид застосованого устаткування в значній мірі залежить від типу електролізера і простору між сусідніми електролізерами. Так, наприклад, в старих цехах з чотирьохрядним розміщенням електролізерів з самоспільними анодами і боковим струмопідводом використовуються малогабаритні і високоманеврені машини. В нових цехах, які мають сучасні електролізери, планування дозволяє застосувати високопродуктивні наземно-рейкові універсальні машини.

До першої групи машин належить гусенична машина для пробивки корки електроліту (рис.5.55,а). Всі механізми машини мають пневмопривод. Плавний рух і фіксація стріли досягаються завдяки пневмогвинтовому демпферу, який має гвинтову передачу з великим кутом гвинтової лінії. Гвинт отримує поступовий рух за допомогою пневмоциліндра, а гайка при цьому тільки обертається і має гальмовий шків. Штовхач з гальмовою колодкою приводиться в дію від пружинно-мембранного пневматичного пристрою. Стріла закріплена на поворотній колоні, завдяки чому машина з одного положення може оброблювати велику ділянку ванни. Переміщується машина за допомогою двох пневматичних двигунів (тип ДР-5А чи ДР-5У) [3,6].

До другої групи машин належить наземно-рейкова універсальна машина, яка одночасно руйнує корку і завантажує глинозем в ванну (рис.5.55,б). Машина переміщується по рейкам, які розташовані з двох боків електролізерів, і має портал, ходову частину, механізми руйнування корки і систему завантаження глинозему. Ці механізми і система розміщується на кожній опорі порталу (тобто, на кожній опорі маємо по одному механізму і одній системі). Механізм руйнування кріпиться до хитної рами, кут нахилу якої регулюється гідроциліндрами, і наділений фрезою з електромеханічним приводом (діаметр фрези - 1,6м, частота обертання - 5 - 6хв⁻¹). Система завантаження має бункер для глинозему, живильник і похилий жолоб з регулюванням кута нахилу. В машинах, які обслуговують електролізери з верхнім струмопідводом, передбачається система завантаження анодної маси [6].

В останній час в електролізерах для автоматизованого підживлення ванн глиноземом застосовуються різні конструкції пристроїв (рис.5.55,в,г). Незалежно від конструкції кожний пристрій спочатку забезпечує пробиття корки, а потім - порціонне завантаження глинозему. В першому пристрої використовується принцип вакуумного завантаження дозатору. Робочим органом слугує пружна діафрагма з клапаном. При створенні над діафрагмою розрідження (наприклад, за допомогою вихрового насоса) вона піднімається, що в свою чергу викликає розрідження в камері дозатору і туди всмоктується глинозем. При усуненні над діафрагмою вакууму вона опускається в купі з клапаном і глинозем просипається в ванну. В другому пристрої порціонна подача здійснюється завдяки наявності мірної ємкості, котра наділена двома клапанами. При верхньому положенні бойка нижній отвір ємкості закривається, а верхній - відкривається. В цьому випадку ємкість заповнюється глиноземом. При переміщенні бойка вниз верхній отвір закривається клапаном, що зупиняє подачу глинозему в ємкість, а нижній відкривається і глинозем із ємкості висипається в ванну.

17.6. Розрахунок механізмів гусеничної машини

При розрахунку механізмів переміщення машини враховують ті обставини, що втрати енергії досягають максимуму при розвороті машини. Загальну потужність двигунів механізму для цього випадку визначають за формулою, кВт:

$$N = \frac{Gv}{1000\eta} \frac{1}{2} \left(w_1 + 0,92w_2 \frac{L}{B} \right),$$

де G - вага машини, Н;
 v - швидкість переміщення машини, м/с;
 η - ККД привода;

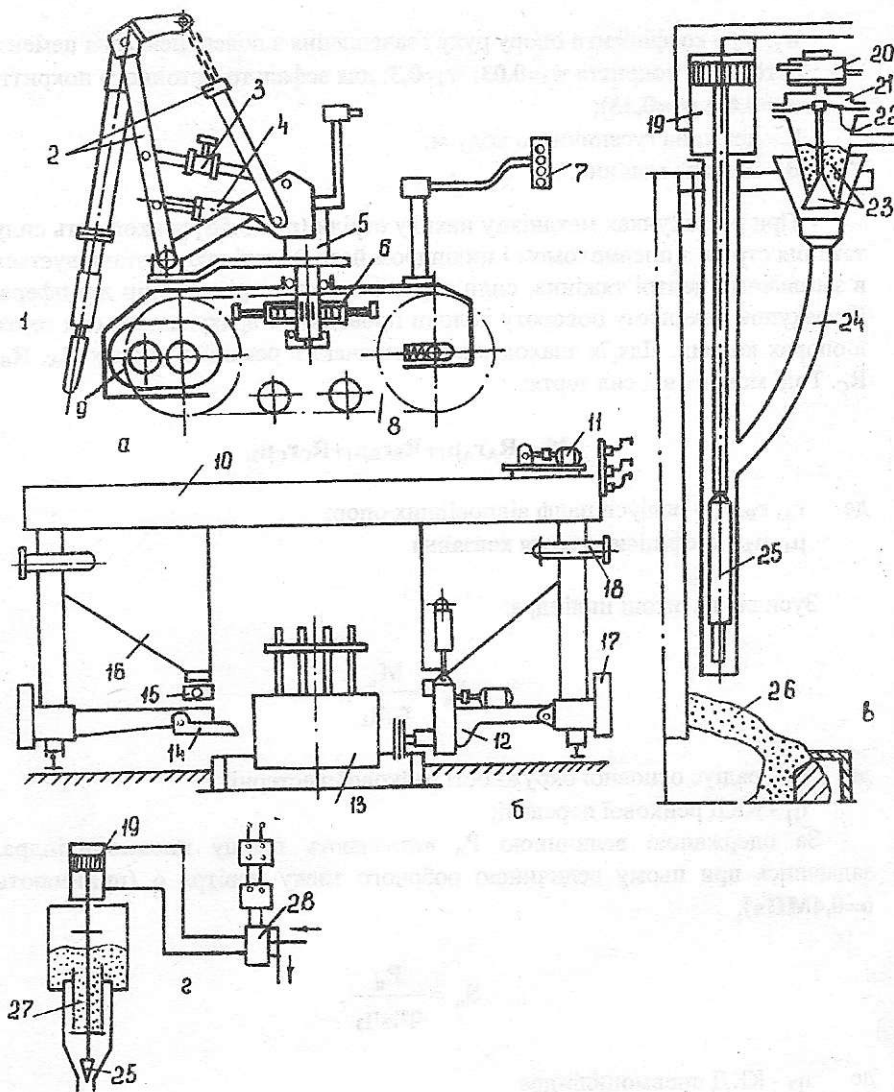


Рис. 5.55. Схеми машин і пристроїв для обслуговування алюмінієвих електролізерів: машина для руйнування корки; б-наземно-рейкова універсальна машина для руйнування корки і завантаження глинозему; в, г-пристрої для автоматичного підживлення глиноземом 1-пневмомолот; 2-стріла; 3-пневмогвинтовий демпфер; 4-пневмоциліндр нахилу стріли; поворотна колона; 6-пневмоциліндр повороту колони; 7-пульт; 8-ходова частина; пневмомотори; 10-міст; 11-маслостанція; 12-механізм руйнування корки; 13-електролізер; 14-жолоб; 15-живильник; 16-бункер; 17-механізм переміщення; 18-патрубок; 19-пневмоциліндр; 20-вихровий насос; 21-камера розрідження; 22-діафрагма; 23-дозатор; 24-труба; 25-бойок; 26-корка; 27-мірна ємкість; 28-золотник

w_1, w_2 - коефіцієнти опору руху і зачеплення з поверхнею (для цементобетонного покриття $w_1=0,03$; $w_2=0,3$; для асфальто-бетонного покриття $w_1=0,03$; $w_2=0,35$);

L - довжина гусеничного ходу, м;

B - ширина машини, м.

При розрахунках механізму нахилу стріли (рис.5.56) враховують силу тяжіння стріли з пневмоциліндром і циліндром його подачі, яка розташовується в загальному центрі тяжіння, сили тертя в ланках стріли і опір демпфера. Розрахунок механізму повороту колони проводять з врахуванням сил тертя в опорах колони. Для їх знаходження визначають реакції в опорах R_A, R_B, R_C . Тоді момент від сил тертя:

$$M_C = R_A r_A \mu_1 + R_B r_B \mu_1 + R_C r_C \mu_2,$$

де r_A, r_B, r_C - радіуси цапф відповідних опор;

μ_1, μ_2 - коефіцієнти тертя ковзання.

Зусилля на штоці циліндра:

$$P_{ц} = \frac{M_C}{r_{ш} \eta_1},$$

де $r_{ш}$ - радіус основної окружності рейкової шестерні;

η_1 - ККД рейкової передачі;

За одержаною величиною $P_{ц}$ визначають площу пневмоциліндра, задавшись при цьому величиною робочого тиску повітря q (приймають $q=0,4\text{МПа}$),

$$S_{ц} = \frac{P_{ц}}{q \eta_2 \eta_3},$$

де η_2 - ККД пневмоциліндра;

η_3 - ККД направляючих рухомого корпусу пневмоциліндра.

17.7. Машини і механізми для обслуговування анодного господарства

В електролізерах з самоспівливими анодами і боковим струмопідводом для обслуговування анодного господарства використовують також малогабаритні машини і устаткування, а в деяких випадках - навіть ручні машини (при нарощуванні кожуха анода, з'єднанні контактів шинка - штир та інші). Витягують штирі з анода машиною безударної дії (рис.5.57,а). Така машина не має механізму переміщення і опирається на двоколійний лафет.

Машина наділена пневмогідравлічним підсилювачем і робочим циліндром, поршень якого поділяє його порожнини на гідравлічну і пневматичну. Прямий хід поршня відбувається під дією масла, тиск якого створює підсилювач, а зворотній - під дією стисненого повітря, котре поступає із центральної магістралі. Підсилювач являє собою пневмодвигун зворотно-поступальної дії й спарений плунжерний гідронасос. При цьому тиск масла на виході насоса в стільки разів більший тиску стисненого повітря, в скільки разів площа поршня пневмодвигуна більша за площу плунжера. При витяганні штирів закріплені на корпусі машини крюки накидають на металевий стрижень, який в цей час вставляють в отвір головки штиря. Вмикають машину і упор, який висувається із машини при прямому русі поршня, упирається в тіло анода, а машина відкочується в зворотному напрямку, тягнучи за собою штир [3,6]. Зусилля на упорі - 300кН, тиск масла - 17МПа, діаметр робочого циліндра - 150мм.

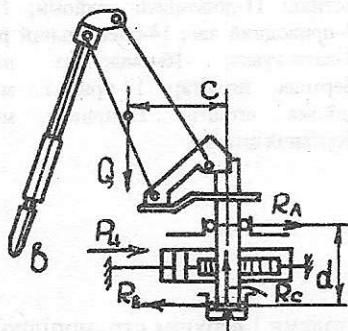


Рис. 5.56. До розрахунку механізму нахилу стріли

Штирі при їх забиванні і витяганні, як правило, деформуються і перед черговим установленням в анод піддаються правці. Вирівнюють штирі за допомогою спеціальних машин, принцип дії яких той же, що і машин для витягнення штирів. Забивають штирі за допомогою самохідних гусеничних машин (рис.5.57,б). Машини складаються з гусеничного пасі з блоком пневмодвигунів і підйомно-поворотної колони, на якій розташовані механізми для підйому і забивання штирів. Механізм для забивання має хитну стрілу з направляючими і пневмомолот з пневмоциліндром його подачі і притискання. Поворот колони і нахил стріли виконують вручну. При забиванні штиря стрілу за допомогою захвату з'єднують тимчасово з анодом. Необхідний нахил стріли досягається за допомогою пневмоциліндра, який вмонтовано в підйомно-поворотну колону і забезпечено гвинтовим демпфером. Стріла механізму може обертатися вручну незалежно від колони. Для підйому штирів використовується пневмогайковерт [3,6].

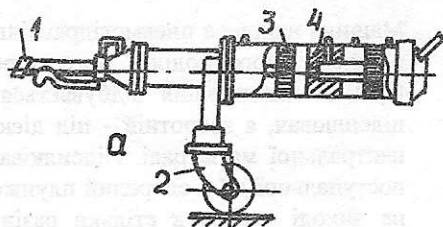
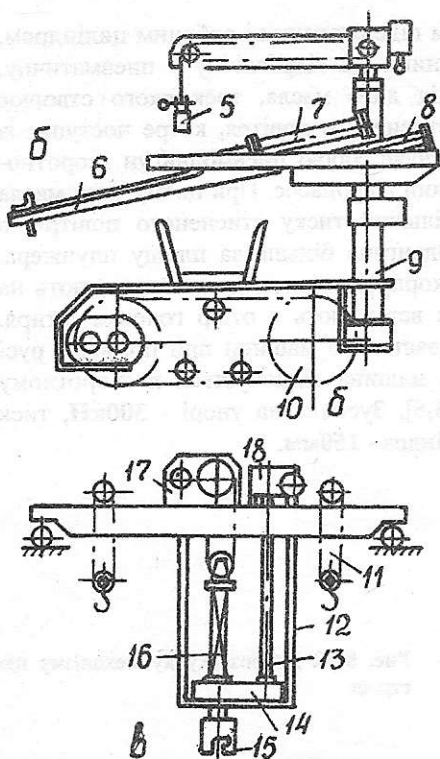


Рис. 5.57. Схеми устаткування для обслуговування анодного господарства електролізерів: а-машина для витягання штирів; б-машина для забивання штирів; в-штирьовий кран; 1-упор; 2-пасі; 3-робочий циліндр; 4-пневмогідравлічний підсилювач; 5-захват; 6-хитна стріла; 7-пневмомолот; 8-пневмоциліндр подачі пневмомолота; 9-підйомна-поворотна колона; 10-ходова частина; 11-допоміжні підйоми; 12-шахта; 13-приводний вал; 14-спеціальний редуктор; 15-затискувач; 16-квадратна підйомно-обертובה штанга; 17-привод механізму підйома штанги; 18-привод механізму обертання штанги

В електролізерах з самоскільливими анодами і верхнім струмопідводом штирі забивають і витягують штиревыми кранами. Вони відрізняються від звичайних мостових кранів тільки конструкцією візка (рис.5.57,в). На рамі візка змонтовані приводи механізмів підйому і обертання штанги, а також два допоміжні підйоми. До візка знизу кріпиться гратчаста рама-шахта, в якій розташовуються квадратна штанга зі спеціальним захватом на кінці і редуктор. Штанга проходить вільно через квадратну маточину колеса редуктора, що дає можливість їй вертикально переміщуватися і одночасно обертатися. При установці штиря захвату надається праве обертання, а при витяганні - ліве. Одночасно передача на штир крутного моменту і осьового зусилля полегшує його установлення і витягнення. Зусилля на штанзі - 80кН , крутний момент - 35Нм , частота обертання - $3,0\text{хв}^{-1}$ і швидкість підйому штанги - $0,5\text{м/с}$ [5, 6].

Електролізери з обпаленими анодами обслуговуються спеціальними анодними кранами, за допомогою яких замінюють аноди і виконують підйомно-транспортні операції. Візки цих кранів мають підйомну стрілу з захватом, ключ для розімкнення зажимів і пристрій для зачищення контактів [5, 6].

17.8. Задачі

1. Визначте потужність двигуна механізму підйому анода з канатно-барабанною передачею алюмінієвого електролізера з боковим струмопідводом (рис.5.54,а), якщо $G_a=420\text{кН}$ (вага анода), $z_1=32$ (кількість канатів, на яких утримується анод), $z_6=4$ (число канатів, які навиваються на барабан), $D_6=0,3\text{м}$, $z=32$ (загальне число канатних блоків), $\eta_6=0,99$ (ККД блока), $n_{дв}=950\text{хв}^{-1}$, $i=880$ (передаточне число привода), $\eta=0,44$ (ККД привода).
2. Визначте потужність двигуна механізму переміщення анодної рами (рис.5.45,б), якщо його вантажопідйомність має бути 40т , $n_{дв}=950\text{хв}^{-1}$, $i_1=37$ (передаточне число черв'ячного редуктора), $i_2=17$ (передаточне число редукторів домкратних стояків), $s=15\text{мм}$ (відстань гвинта), $\eta=0,2$ (загальний ККД механізму).
3. Визначте потужність пневмодвигунів механізму переміщення гусеничної машини (рис.5.55,а), якщо $m_m=890\text{кг}$ (маса машини), $v=0,7\text{м/с}$, $L=0,85\text{м}$, $B=0,48\text{м}$, $\eta_0=0,45$, $w_1=0,03$, $w_2=0,35$.
4. Визначте діаметр D пневмоциліндра механізму повороту стріли (рис.5.56), якщо $Q=2,1\text{кН}$, $s=0,65\text{м}$, $d=0,23\text{м}$, $r_A=r_B=0,06\text{м}$, $r_C=0,05\text{м}$, $\mu_1=\mu_2=0,015$, $r_m=0,06\text{м}$, $\eta_1=0,96$, $\eta_2=0,98$, $\eta_3=0,85$, $d_m=0,5D$ (діаметр штока циліндра).
5. Визначте зусилля, яке утворює машина для витягання штирів (рис.5.57,а), якщо $D_p=0,15\text{ м}$ (діаметр поршнів робочого і пневматичного циліндрів), $d_p=0,022\text{м}$ (діаметр плунжера пневмогідронасоса), $\eta_p=0,87$ (ККД робочого циліндра).

17.9. Контрольні запитання

1. Перерахуйте області використання процесів електролізу, поясніть його суть.
2. Поясніть процес електролітичного рафінування міді. Зарисуйте схему електролізера і поясніть його будову і принцип дії, перерахуйте допоміжні операції для підготування катодів і анодів.
3. Зарисуйте схему автоматизованої лінії для одержання мідної стрічки основ, поясніть її будову та принцип дії.
4. Зарисуйте схему лінії для збирання матричних катодів, поясніть її будову та принцип дії.
5. Дайте характеристику процесу електролітичного виробництва магнію. Зарисуйте схему магнієвого електролізера, поясніть його будову та принцип дії.
6. Виконайте класифікацію алюмінієвих електролізерів, поясніть процес електролізу алюмінію.

7. Зарисуйте схеми трьох типів алюмінієвих електролізерів, поясніть будову і принцип дії їх механізмів. Дайте порівняльну оцінку електролізерам.
8. Зарисуйте схему гусеничної машини для пробивки корки електроліту, поясніть її будову та принцип дії.
9. Викладіть методику розрахунків механізмів цієї машини.
10. Зарисуйте схему наземно-рейкової машини для руйнування корки і завантаження глинозему, поясніть будову і принцип дії механізмів.
11. Зарисуйте схеми і поясніть принцип дії пристроїв для автоматизованого підживлення електролізерів.
12. Дайте характеристику устаткуванню для обслуговування анодного господарства електролізерів. Зарисуйте схему машини безударної дії для витягання штирів, поясніть її будову та принцип дії.
13. Зарисуйте схему гусеничної машини для забивання штирів, поясніть її будову та принцип дії.
14. Зарисуйте схему візка штирьового крана, поясніть його будову та принцип дії.
15. Дайте відомості про будову і принцип дії анодних кранів.

Тема 18. Устаткування для транспортування металів та шлаків

18.1. Металургійні ковші

Конструкція ковша і його місткість визначаються властивостями металу, об'ємом виробництва, місткістю плавильного агрегату, видом переробки металу після його зливу і т. інш. У виробництві легких кольорових металів використовуються зварні футеровані ковші невеликої місткості (корисний об'єм до 2м^3) (рис.5.58,а). Кантування ковша виконують переносними ручним чи механічним штурвалом. Для цього на одній цапфі ковша змонтовано черв'ячний редуктор з вихідною конічною парою. В електролізних цехах виробництва алюмінію і магнію для віддалення металу із ванни використовуються вакуумні ковші. На рис.5.58,б показана схема ковша для алюмінію. При виділенні алюмінію із ванни патрубок 3 перекривається, а вакуум всередині ковша створюється вихровим насосом. За рахунок різниці тисків метал надходить в ківш через хобот 2. Для кантування ковша передбачено механізм, який має черв'ячний редуктор і електродвигун. Кантування відбувається навколо цапф. Вакуумний ківш для магнію відрізняється тим, що всмоктуючий патрубок розташовується під днищем ковша. Вакуум створюється шляхом підключення ковша до центральної (цехової) вакуумної системи. Вакуумні ковші для віддалення шламу із магнієвих електролізерів на кінці всмоктуючого патрубку мають шламосабірний пристрій.

У виробництві важких кольорових металів (наприклад, нікелю) використовуються зварні футеровані ковші (корисний об'єм до $16,5\text{м}^3$) без

несучої траверси (рис.5.58,в). Такі ковші транспортуються тільки спеціальними кранами (розливними чи заливальними), які мають головний і допоміжний підйоми. Утримується ківш за цапфи двома крюками головного підйому, а кантується крюком допоміжного підйому.

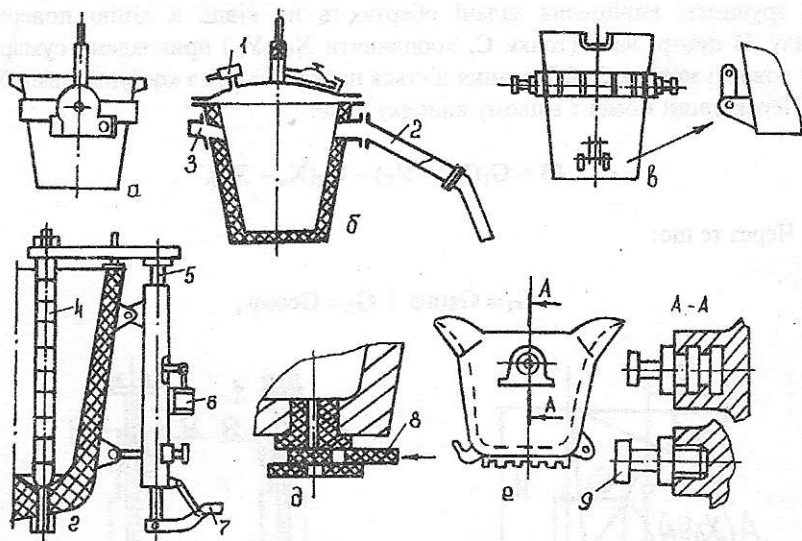


Рис. 5.58. Схеми ковшів для легких металів (а), вакуумного (б), для тяжких металів (в, г, д) і для шлаків (е): 1-вихровий вакуумний насос; 2-хобот; 3-патрубок для зливу металу; 4-стопор; 5-рухомий шток; 6-циліндр дистанційного управління; 7-ручне управління; 8-шибер; 9-цапфи

В сталеплавильному виробництві використовуються зварні ковші місткістю 50 - 480т. Ковші виконують у вигляді зрізаного конуса зі сферичним днищем. Метал в цих ковшах зливають через донні отвори. За способом перекриття випускного отвору розрізняють ковші зі стопорними (рис.5.58,г) і ковзними (рис.5.58,д) затворами. В першому випадку отвір закривається всередині ковша шляхом притиснення стопора до випускного стакану. Стопор за допомогою траверси з'єднується зі штоком, який розташовується зовні ковша, і управляється від важільної системи вручну чи гідроциліндром. В іншому випадку отвір закривається зовні шляхом горизонтального переміщення плити чи поворотного диска. В залежності від виду переміщення цих затворів їх умовно поділяють на шиберні і поворотні. Розміщення затвора зовні має декілька переваг. Головна перевага - усунення громіздкого і складного господарства для виготовлення і підготовки стопорів [2].

Ковші для шлаку, як правило, одержують із сталевого чи чавунного лиття. Сталеві ковші мають в 3 - 3,5 раза більшу стійкість. Цапфи в багатьох випадках закладають при формуванні ковша в ливарному цеху (рис.5.58,е).

Матеріал цапф - вуглецева чи легована сталь. Як правило, для підвищення ресурсу цапф заготовки для них відковують.

Одною із головних умов безпечного обслуговування ковша є його стійкість проти самоперекидання.

Розглянемо перекидний момент і стійкість конічного ковша (рис.5.59). Для зручності вирішення задачі обертають не ківш, а лінію поверхні металу. В центрі ваги (точка С, координати X_C, Y_C) прикладено сумарну вагу ковша і металу G . Обертання діється навколо осі А з координатами X_A, Y_A . Перекидний момент в цьому випадку буде:

$$M = G_1(Y_A - Y_C) - G_2(X_A - X_C).$$

Через те що:

$$G_1 = G \sin \varphi \text{ і } G_2 = G \cos \varphi ,$$

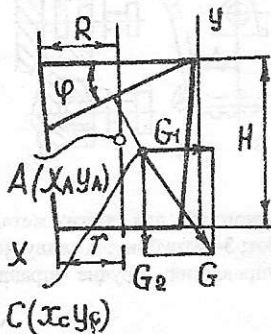


Рис. 5.59. До розрахунку ковша

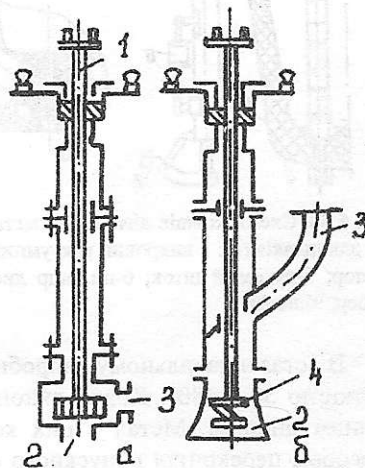


Рис. 5.60. Схеми відцентрового (а) і гвинтового (б) насосів: 1-приводний вал; 2-всмоктуючий патрубок; 3-нагнітальний патрубок; 4-робоче колесо

то:

$$M = G[(Y_A - Y_C) \sin \varphi - (X_A - X_C) \cos \varphi].$$

Стійкість ковша при підйомі його краном буде забезпечена, якщо момент від ваги G відносно осі А при будь-якому куті нахилу буде більше нуля, тобто:

$$G(Y_A - Y_C) \sin \varphi > G(X_A - X_C) \cos \varphi.$$

Тому що вісь обертання в даному випадку лежить на осі симетрії ковша ($X_A = R$), а G можна виключити з обох частин рівняння, то одержимо:

$$Y_A > Y_C + (R - X_C) \operatorname{ctg} \varphi.$$

Підставивши Y_C і X_C , які обчислюємо для декількох значень кута повороту ковша φ , одержимо значення Y_A , котре буде задовольняти прийнятій умові. За максимальним значенням Y_A визначається положення цапф.

18.2. Насоси для перекачування рідких металів

Насоси одержали найбільш поширене застосування в цехах виробництва магнію, свинцю та олова. В цехах магнію вони використовуються для віддалення відпрацьованого електроліту. В рафінувальних цехах свинцевих і олов'яних заводів їх використовують для транспортування рідкого металу, забезпечення циркуляції металу через шар реагентів, розбризування металу при вакуумному знецинкуванні. Для виконання першої та третьої задач звичайно слугують відцентрові насоси (рис.5.60,а), які дають більший напір, для виконання другої - гвинтові (рис.5.60,б), які мають велику продуктивність при малому напорі. В відцентрових насосах розплав, потрапляючи в осьовий отвір колеса, під дією створеної його крильчаткою сили надходить в завиткоподібний корпус і з нього в нагнітальний патрубок. У гвинтовому насосі розплав переміщується зусиллям гвинта до виходного патрубку. Продуктивність відцентрових насосів становить 9 - 30 м³/год, а гвинтових - 40 - 200 м³/год [3,4].

Для транспортування металів в деяких випадках застосовують електромагнітні насоси. Їх принцип дії засновано на використанні бігового поля, яке створює явище індукції в рідкому металі. Завдяки взаємодії магнітного поля й індуктивних струмів створюється зусилля, яке примушує рідкий метал рухатися вздовж осі каналу насоса. Канали виготовляють із сталей 15X25Т, 12X13Н і 08X18Н10Т. Продуктивність насосів для магнію - до 7,5 т/год, висота подачі - до 6 м [5].

18.3. Чавуновози і пересувні міксери

Використовуються два способи транспортування чавуну із доменних цехів в сталеплавильні: чавуновозами невеликої місткості (до 140 т) і пересувними міксерами великої місткості (до 600 т). Перші використовуються виключно в межах одного підприємства, а другі призначаються для транспортування на значно більші відстані (200 - 300 км).

Чавуновоз являє собою візок зі спеціальним лафетом, на який нижніми опорними цапфами (по дві з кожного боку) вільно опирається ківш конічної чи грушевидної форми. Конічні ковші використовують тільки в невеликих цехах. З візка ківш здійснюється тільки за верхні вантажні цапфи за допомогою заливального крана. При безпосередньому розливанні чавуна в чупки ківш залишається на лафеті і кантується за допомогою спеціального кантуючого пристрою. Візки транспортуються локомотивом [1].

Схема чавуновоза з ковшом міксерного типу (міксера) показана на рис.5.61. Ківш має видовжену форму і спирається на дві цапфи. Механізм повороту, який змонтовано з одного боку ковша, має електродвигун змінного струму, відкриту і закриту зубчасті передачі, гальмо. В нових конструкціях чавуновозів механізм повороту виконується навісним (подоба конверторного) [1].

18.4. Металовозні візки

Металовозні візки призначаються для транспортування ковшів всередині цеху. Розрізняють візки зі стаціонарним приводом, який розташовується безпосередньо на візку. Перші одержали широке застосування при транспортуванні легких кольорових металів. Вони мають канатно-барабанний привод, який розташовується в траншеї. Візок переміщується за рахунок руху замкненої вітки тягучого каната. В сталеплавильному виробництві і виробництві важких кольорових металів застосовуються візки другого типу. Механізм переміщення цих візків має подобу механізмів переміщення кранових візків. На рис.5.62 показана схема комплексу візків - металовозного і шлаковозного. Візки використовуються в цехах виробництва нікелю і виконують роль зв'язуючої ланки між руднотермічними печами та конверторами. Вантажопідйомність візків залежить від ваги ковша з металом.

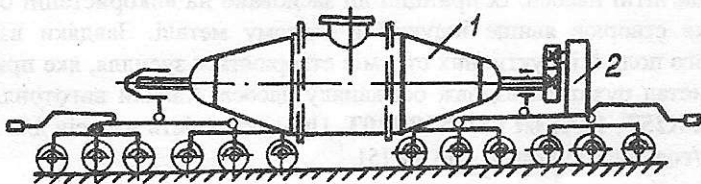


Рис. 5.61. Схема чавуновоза: 1-міксер; 2-привод повороту міксера

18.5. Шлаковози

Шлаковози широко використовуються як в чорній, так і кольоровій металургії (причому одного і того ж типу). Вони призначаються для приймання шлаку із плавильних агрегатів і транспортування його для дальшої переробки. Незважаючи на різноманітність їх конструкцій, всі вони мають такі вузли: чашу для шлаку; опорне кільце чаші; раму з лафетом; два двоосні ходові візки залізничного типу; механізм кантування чаші; пневмогальма і захвати. Шлаковози бувають з одною і двома чашами. Частіше застосовують одночашові шлаковози з електромеханічним приводом механізму кантування (рис.5.63). Об'єм чаші - 11,16 і 16,5м³. Чаша вільно входить в опорне кільце, опирається на нього чотирма лапами - напливами і фіксується замками [1].

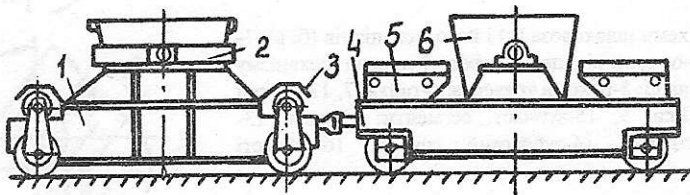


Рис. 5.62. Комплекс візків для транспортування металів і шлаків: 1-металовозний приводний візок; 2-кран для металу; 3-привод механізму переміщення; 4-шлаковозний візок; 5-шлаковня; 6-кран для шлаку

Механізм кантування чаші виконується з гвинтовою (рис.5.63,б) і зубчастою (рис.5.63,в) передачами. В першому випадку чаша при роботі двигуна за допомогою гвинтів одержує поступальне переміщення і одночасно обертальний рух завдяки зчепленню зубчастих сегментів, які жорстко закріплені на цапфах опорного кільця, з нерухомими рейками. В другому випадку чаша здійснює більш складний рух - обертальний навколо осі цапф і переносний по дузі завдяки перекочуванню шестерней 16 по зубчастих сегментах 15. Крайні положення чаші при кантуванні в той чи інший бік контролюються командоапаратом. Кут повороту чаші - 116 - 118°. При кантуванні чаші обов'язково застосовують рейкові захвати.

Перекидний момент являє собою суму моментів відносно осі обертання чаші, які створюються вагою шлаку G_1 і чаші з опорним кільцем G_2 (рис.5.64):

$$M = M_1 + M_2 = (G_1 l_1 + G_2 l_2) \sin \varphi,$$

де l_1, l_2 - відстані між центрами ваги і осями обертання ;
 φ - кут повороту чаші.

Максимальне значення M_1 буде у випадку застигання шлаку в чаші і при $\varphi = 90^\circ$. Це значення і приймають в розрахунках.

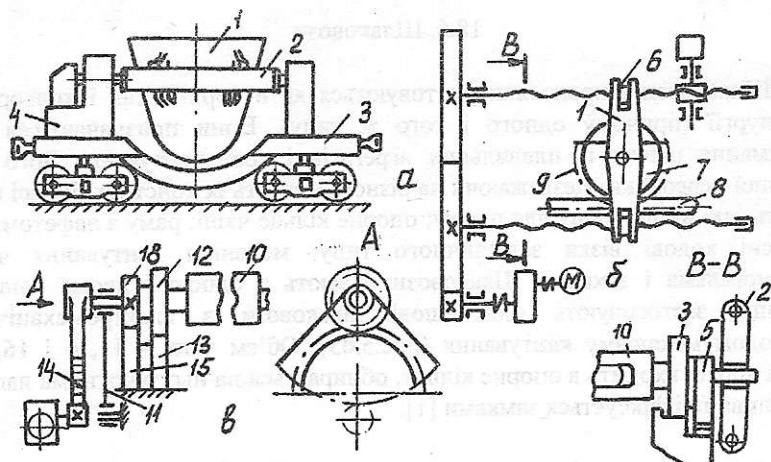
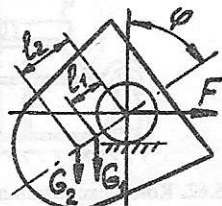


Рис. 5.63. Схеми шлаковоза (а) і його механізмів (б, в): 1-чаша; 2, 10-опорне кільце; 3-лафет; 4-привод механізму кантування чаші; 5-рухома траверса; 6-гайка; 7, 12-опорні катки; 8-рейки; 9, 15-зубчасті сегменти; 11-тяги; 13-опорні сегменти; 14-зубчастий сектор; 16-зубчасті шестерні

Рис. 5.64. До розрахунку механізму кантування чаші



Тягове зусилля, яке потрібно для створення горизонтального переміщення чаші, має бути:

$$F = 2k \frac{M}{D_1},$$

де D_1 - діаметр початкової окружності зубчастого сектора;
 k - коефіцієнт врахування допоміжних опорів від забруднення направляючих і рейок.

Крутний максимальний момент на валу двигуна:

$$M_{\max} = F_{\max} \cdot r \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \rho)}{i\eta},$$

де F_{\max} - максимальне тягове зусилля;
 α, ρ - кут підйому і тертя гвинтової передачі;
 r - середній радіус гвинта;
 i - передаточне число привода;
 η - ККД передачі.

Потужність двигуна визначають за розрахунковим моментом:

$$M_p = \frac{M_{\max}}{0,8\lambda_{\max}},$$

де λ_{\max} - максимально допустимий коефіцієнт переобтяження двигуна.

18.6. Задачі

1. Установіть величину кута φ , при якому поверхня металу зрівняється з переливним пружком ковша (рис.5.59), якщо $H = 3,6\text{м}$, $R = 1,7\text{м}$, $r = 1,4\text{м}$, $h_m = 3,35\text{м}$ (висота металу в ковші).
2. За даними задачі 1 визначте перекидний момент для цього випадку, якщо $\gamma = 70\text{кН/м}^3$, $X_A = R$, $Y_A = 2,2\text{м}$.
3. За даними задач 1,2 визначте перекидний момент при $\varphi = 45^\circ$.
4. Визначте потужність двигуна механізму кантування чаші шлаковоза, якщо: $G_1 = 165\text{кН}$, $G_2 = 117,32\text{кН}$, $\ell_1 = 0,333\text{м}$, $\ell_2 = 0,096\text{м}$, $k = 1,5$, $D = 0,96\text{м}$, $\alpha = 4^\circ$, $\rho = 6^\circ$, $r = 0,059\text{м}$, $\eta = 0,9$, $i = 23$, $\lambda_{\max} = 2$.

18.7. Контрольні запитання

1. Перерахуйте області застосування ковшів і виконайте їх класифікацію.
2. Зарисуйте схеми ковшів для легких і важких металів, а також для шлаку, поясніть їх будову.
3. Перерахуйте способи віддалення металів із електродізерів, зарисуйте схему вакуумного ковша і поясніть його будову та принцип дії.
4. Викладіть методику визначення перекидного момента конічного ковша.
5. Перерахуйте області використання насосів. Зарисуйте схеми відцентрового і гвинтового насосів, поясніть їх будову та принцип дії.
6. Дайте класифікацію чавуновозів, зарисуйте схему чавуновоза міксерного типу, поясніть будову його механізмів та вузлів.
7. Зарисуйте схему комплексів візків для металу і шлаку, поясніть будову їх механізмів та вузлів.
8. Дайте класифікацію шлаковозів, зарисуйте схему шлаковоза, поясніть його будову та принцип дії.
9. Зарисуйте схеми механізмів кантування чаші з гвинтовою і зубчатою передачами, поясніть їх будову та принцип дії.
10. Викладіть методику визначення потужності двигуна механізму кантування чаші.

11. Складіть методику визначення зусилля на рейкозахватних пристроях, які стримують шлаковоз від перекидання при кантуванні.

Тема 19. Устаткування для розливання сталі у виливниці

19.1. Устаткування для чищення і змазування виливниць

Для забезпечення якісної поверхні злитків виливниці перед подальшим розливанням чистять і змазують. Чищення виливниць виконують двома способами - гідравлічним і механічним. Гідравлічне роблять водою, яку подають під великим тиском через форсунки, а механічне - металевими щітками або дробоструменевою обробкою. Гідравлічне чищення (рис.5.65,а) в останній час застосовується надзвичайно рідко, що при цьому різко знижується стійкість виливниць.

Машини щіткового чищення поділяються на два основні типи: з обертальним і одночасно поступальним рухом щіток; з відносним поступальним рухом щіток і виливниці. В машині першого типу (рис.5.65,в) робочий орган переміщується по вертикалі канатним механізмом з барабанною лебідкою, яка розміщується на рухомому мосту. Щітки робочого органу (рис.5.65,г) закріплюють на вертикальному валі, який приводиться в обертання через двоступінчатий циліндричний редуктор від електродвигуна. Експлуатація цих машин виявила їх низьку ефективність при чищенні прямокутних виливниць. Цього недоліку не мають машини другого типу, проте при умові, що конфігурація щіток буде копіювати профіль поперечного перерізу виливниці. Щітки приводяться в поступальний рух від рейкового механізму, який розташовується на рухомому візку. Щітки виготовляють із розпущених відрізків сталевих канатів або з пучків дроту діаметром 0,6мм [2].

Машини дробоструменевого чищення, як правило, виконуються стаціонарними. Машина має колону з рухомою кареткою, на якій закріплено порожнисту штангу з дробометальною головкою (рис.5.65,д). Чавунний дріб фракції 0,5 - 2мм подають в штангу стисненим повітрям із спеціальної камери. При обертанні головки дріб під дією відцентрових сил відкидається з великою швидкістю до стінок виливниці і відбиває з її поверхні приліплені частинки шлаку і металу. Продукти чищення разом з дробом відсмоктуються знову в камеру з попереднім очищенням дробу. Дріб подається автоматично при обертанні головки і закритій зонтом виливниці. Після чищення виливниці надходять на дільницю змазування, де на їх внутрішню поверхню наносять шар захисного покриття (спеціальні лаки). Лак розпиляють за допомогою відцентрових розпилювачів, котрі приводяться в обертання від пневмопривода з частотою $6000 - 8000 \text{ хв}^{-1}$. Змазують за один цикл руху штанги вниз і вгору (рис.5.65,б). Застосовують взагалі машини двох типів: кранові і візкові. Машина кранового типу являє собою подобу кранової щіткової машини для чищення виливниць. В

перспективі передбачається широке застосування комбінованих машин для чищення і змазування виливниць [2].

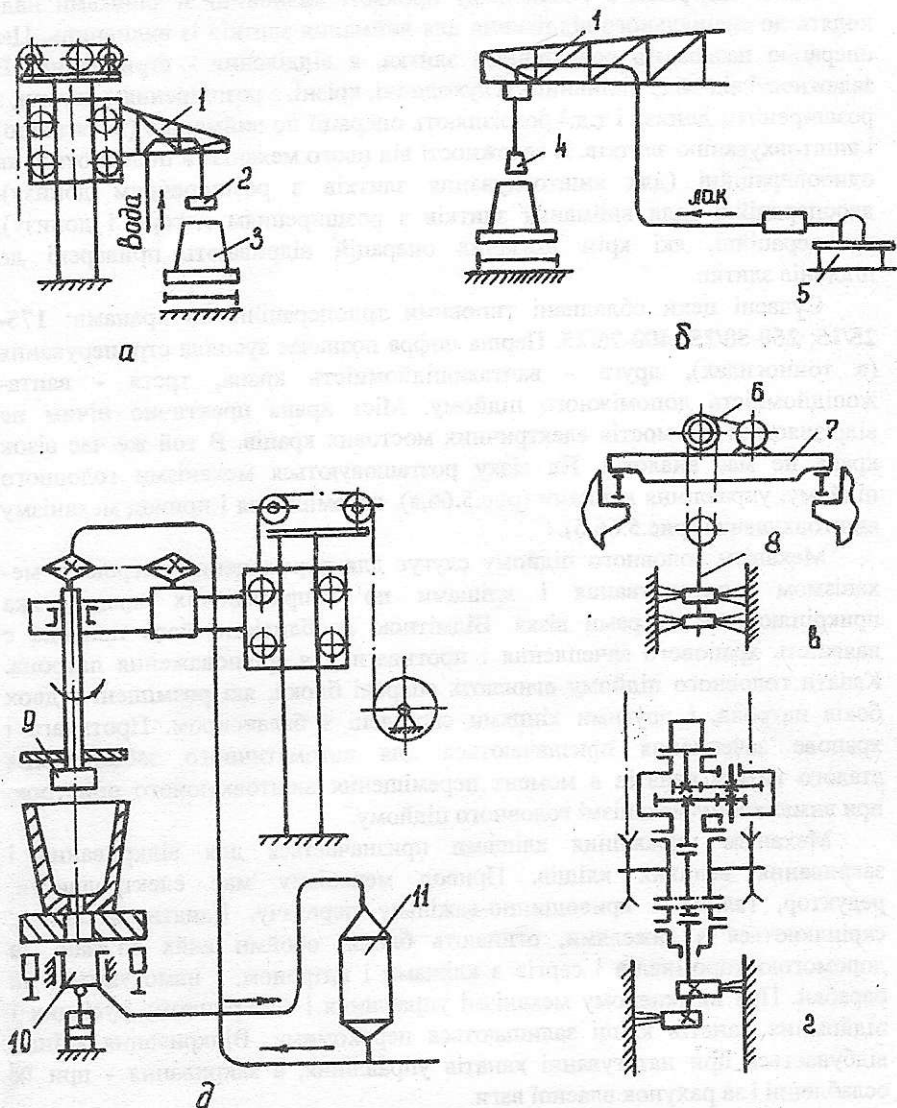


Рис. 5.65. Схеми устаткування для чищення і змазування виливниць: а-гідралічна установка для чищення; б-установка для змазування; в-машина для механічного щіткового чищення; г-робочий щіточний орган; д-установка дробоструменевого чищення; 1, 6-механізм переміщення робочого органу; 2-голівка з форсунками; 3-виливниця; 4-розниловач; 5-напірна станція; 7-міст; 8-робочий орган; 9-дробострумнева голівка; 10-відсмоктуючий патрубок; 11-камера для подрібнення

19.2. Устаткування для роздгання злитків

Після видержки в розливному прольоті виливниці зі зливками надходять до спеціального відділення для виймання злитків із виливниць. Цю операцію називають роздганням злитка, а відділення - стриперним. В залежності від виду виливниць (глуходонні, крізні, з розширенням догори, з розширенням донизу і т.д.) розрізняють операції по вийманню (витяганню) і виштовхуванню злитків. В залежності від цього механізми поділяються на одноопераційні (для виштовхування злитків з розширенням донизу), двоопераційні (для виймання злитків з розширенням догори і донизу), триопераційні, які крім вказаних операцій відривають приварені до піддонів злитки.

Сучасні цехи обладнані типовими триопераційними кранами: 175-25/15; 250-50/25; 400-75/25. Перша цифра позначає зусилля стриперування (в тонносилах), друга - вантажопідйомність крана, третя - вантажопідйомність допоміжного підйому. Міст крана практично нічим не відрізняється від мостів електричних мостових кранів. В той же час візок крана не має аналогів. На візку розташовуються механізми головного підйому, управління кліщами (рис.5.66,а), переміщення і привод механізму виштовхування (рис.5.66,б).

Механізм головного підйому слугує для переміщення патрона з механізмом виштовхування і кліщами по направляючих шахти, яка прикріплюється до рами візка. Відмітною особливістю його привода є наявність храпового зачеплення і противаги для зрівноваження патрона. Канати головного підйому огинають спарені блоки, які розміщені з двох боків патрона, і другими кінцями скріплені з балансиrom. Противага і храпове зачеплення призначаються для автоматичного забезпечення сталого натягу канатів в момент переміщення виштовхуючого пристрою при вимкненому механізмі головного підйому.

Механізм управління кліщами призначається для відкривання і закривання великих кліщів. Привод механізму має електродвигун, редуктор, гальмо і кривошипно-важільну передачу. Канати механізму скріплюються з важелями, огинають блоки, обойми яких зв'язані за допомогою коромислів і сергів з кліщами і патроном, і намотуються на барабан. При вимкненому механізмі управління і синхронному русі цих і підйомних канатів кліщі залишаються нерухомими. Відкривання кліщів відбувається при натягуванні канатів управління, а закривання - при їх ослабленні і за рахунок власної ваги.

Механізм виштовхування виконує всі основні операції роздгання злитків. Його привод має електродвигун, гальмо, квадратний вал, черв'ячний спеціальний редуктор, а вхідна і вихідна шестерні цього редуктора мають порожнисті квадратні маточини. Завдяки такій конструкції сам привод виконується стаціонарним і може передавати рух на механізм при будь-якому положенні і стані (рухомий чи нерухомий) патрона. Спеціальний редуктор переміщується разом з патроном. Сам

виштовхуючий механізм змонтовано в литому корпусі-патроні (рис.5.66,б). Основною частиною механізму, який створює зусилля при роздяганні злитків, є гвинтова система. Вона має порожнистий приводний гвинт 7 з зовнішньою правою і внутрішньою лівою нарізками. До внутрішнього гвинта з двома заходженнями 9 кріпиться штемпель 11 з наконечником 12. При обертанні гвинта 7 одночасно вигвинчується гвинт 9 з подвоєною швидкістю. При реверсуванні привода штемпель з наконечником втягується в патрон. На патроні вільно закріплена обойма 18. В її похилі прорізи входять ролики 17 малих кліщів 15, які з'єднані шарнірно з рухомою траверсою 16. Обойма переміщується вздовж патрона. Вгору вона піднімається штемпелем, який через прорізи в патроні захоплює її своїми буртиками. При цьому верхні кінці кліщів розводяться, а нижні з кернами зводяться. Якщо штемпель буде підніматись ще вище, то разом з ним буде переміщатись вгору і рухома траверса з малими кліщами. Вниз обойма переміщується під дією власної ваги (при опусканні штемпеля) і розводить нижні кінці кліщів.

На рис.5.66,в показані три операції, які виконуються краном. Перша поміж них - роздягання злитків з розширенням донизу. Цю операцію виконують великими кліщами і наконечником. Кліщами захоплюються вушки виливниці і вмикається виштовхуючий механізм. Коли наконечник штемпеля упреться в злиток, то почнеться зворотний рух патрона з кліщами і завдяки цьому відбудеться зняття виливниці зі злитка. Слабина, яка виникає в підйомних канатах при вимкненому приводі головного підйому, вибирається противагою. Зусилля стриперування замикається в системі виливниця-кліщі-патрон-гвинтовий механізм-штемпель-злиток. Друга операція - виймання злитка з розширенням догори. В цьому випадку великі кліщі опускають вниз до упирання їх напливів в верхні вінця виливниці. Вмикають гвинтовий механізм на переміщення штемпеля вниз, що викликає в свою чергу опускання малих кліщів з одночасним розведенням їх кінців. Після переміщення кліщів в потрібне положення гвинтовий механізм реверсується і штемпель одержує зворотний рух, що викликає зведення нижніх кінців малих кліщів. Вони захоплюють приливну частину злитка і при подальшому русі штемпеля вгору разом з траверсою також переміщуються вгору, що приводить до виймання злитка з виливниці.

Третя операція - відривання привареного злитка від піддона. Операцію відривання злитка виконують аналогічно другій операції. Тільки в цьому випадку великі кліщі опускають вниз до упирання їх в піддон.

Основними даними для розрахунку механізмів виштовхування є: сила виштовхування F ; максимальна вага злитка чи виливниці Q_1 ; вага тієї частини виштовхуючого механізму, яку піднімають G_1 ; вага противаги G_2 ; швидкість переміщення штемпеля (швидкість виштовхування) $v_{ш}$.

Розрахункове навантаження при виштовхуванні злитка:

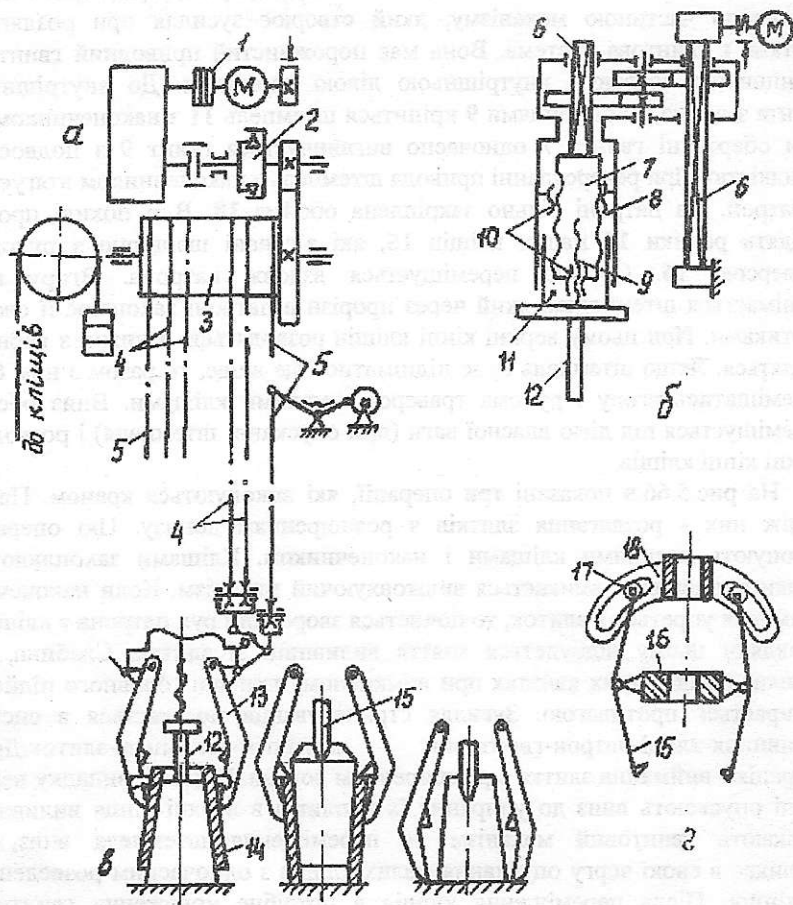


Рис. 5.66. Схеми механізмів триопераційних стріперних кранів: а-механізм головного підйому; б-механізм виштовхування; в-механізм управління великими кліщами і операцією по роздяганню злитків; г-малі кліщі; 1-муфта граничного моменту; 2-храпове зачеплення; 3-барaban; 4-підйомні канати; 5-канати управління кліщами; 6-квадратний вал; 7-порожнистий гвинт; 8-патрон; 9-гвинт; 10-гайка; 11-штемпель; 12-наконечник; 13-великі кліщі; 14-виливниця; 15-малі кліщі; 16-траверса; 17-ролик; 18-обойма

$$F_p = F + Q_1 + G_1 - G_2 \eta_n \eta_b^2,$$

де η_n - ККД направляючих противаги;
 η_b - ККД блоків.

Через те, що зусилля виштовхування діє вельми короткочасно, то потужність двигуна механізму виштовхування визначають за максимальним навантаженням з урахуванням допустимого переобтяження:

$$N = \frac{F_p v_{ш}}{1000 \lambda \eta_0},$$

де λ - коефіцієнт допустимого переобтяження двигуна;
 η_0 - загальний ККД механізму.

Більш докладний розрахунок приведено в літературі [2].

Поряд з кранами, на заводах експлуатуються стаціонарні машини з зусиллям виштовхування 6; 7; 10МН з електромеханічним і гідравлічним приводами [2].

На рис.5.67 показана схема машини з гідравлічним приводом. Вона має механізм виштовхування і повороту кліщів, а також гідросистему. Для прискорення процесу виштовхування головний плунжерний гідроциліндр діаметром 800мм за допомогою траверси з'єднано з двома допоміжними поршневыми гідроциліндрами. Цими циліндрами прискорено переміщується штемпель вгору і повертається в вихідне положення. Тиск в циліндрах механізму виштовхування - 20МПа, в циліндрах управління кліщами - 6,5МПа.

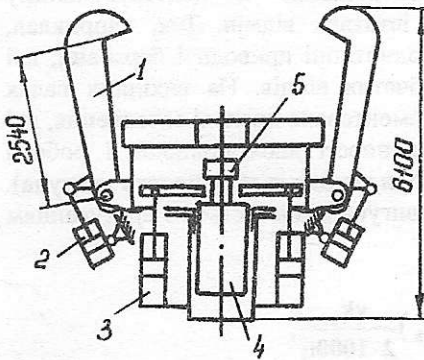


Рис. 5.67. Схеми стаціонарної машини для виштовхування злитків: 1-кліщі; 2, 3, 4-гідроциліндри; 5-штемпель

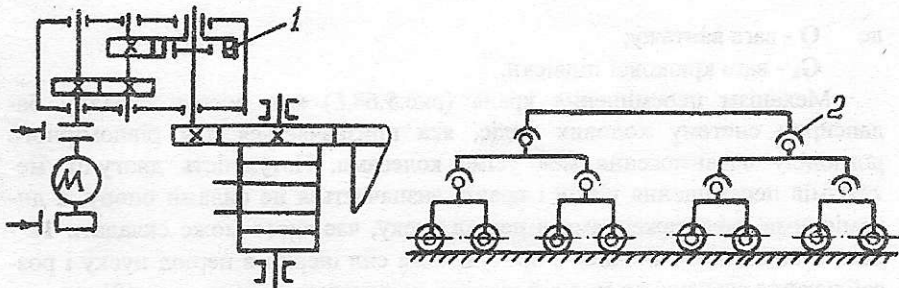


Рис. 5.68. Схема механізмів підйому (а) і переміщення (б) розливного крана: 1-храпове зачеплення; 2-сферичні опори

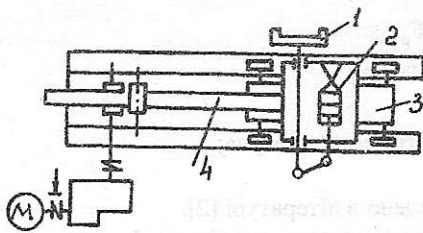


Рис. 5.69. Схема штовхача поїздів візків з виливницями: 1-захват; 2-циліндр; 3-каретка; 4-рейка

19.3. Розливні крани

Основною характеристикою кранів є їх вантажопідйомність, яка визначається місткістю сталеплавильних агрегатів. Застосовуються розливні крани такої вантажопідйомності, т: 260-75/15; 350-75/15; 450-100/20; 630-90/16. Перша цифра позначає вантажопідйомність головного візка, друга і третя - вантажопідйомність великого і малого підйомів допоміжного візка.

Від звичайних мостових кранів розливні крани відрізняються більш складною конструкцією, наявністю двох візків і малими швидкостями руху головного підйому (2 - 3м/хв), високою плавністю підйому вантажу і роботою механізмів з малими прискореннями. В конструктивному відношенні вони також мають низку істотних відмін. Так, наприклад, механізм підйому (рис.5.68,а) має два однотипні приводи і барабани, які з'єднані між собою за допомогою зубчатих вінців. На вихідних валах спеціальних двоступінчатих редукторів змонтовано храпові зачеплення, які призначаються для забезпечення синхронності двох приводів і роботи одного привода при аварійній ситуації (при виходу із ладу одного двигуна). В цьому випадку потужність кожного двигуна визначається з врахуванням коефіцієнта запасу $k_3 = 1,4 - 1,7$

$$N = (Q + G_k) \frac{vk_3}{2 \cdot 1000\eta}$$

де Q - вага вантажу;
 G_k - вага крюкової підвіски.

Механізм переміщення крана (рис.5.68,б) має досить складну балансірну систему ходових коліс, яка призначається для рівномірного розподілу навантаження між усіма колесами. Потужність двигунів механізмів переміщення візків і кранів визначається не силами опору, а динамічними навантаженнями в період пуску, час якого може складати 10 - 20с. В загальному випадку з врахуванням сил інерції в період пуску і розгойдування вантажу на гнучкій підвісці користуються формулою [2]:

$$N = (Q + G)v \frac{w + a \frac{\gamma + \beta}{g}}{1000 \lambda_{cp} \eta},$$

де Q - вага вантажу;

G - вага крана (візка);

v - номінальна швидкість;

w - коефіцієнт опору чи тяги ($w = 0,007 - 0,01$);

γ - коефіцієнт, який характеризує інерційність системи ($\gamma = 1,1 - 1,4$);

$$\beta = \frac{Q}{Q + G}.$$

При розрахунках враховують ті обставини, що допустиме прискорення для кранів, які мають справу з розплавленим металом, не повинно перевищувати $0,1 \text{ м/с}^2$.

19.4. Штовхачі поїздів візків з виливницями

Це устаткування призначається для переміщення візків при заливанні виливниць з нерухомого стенда. При розливанні краном ця необхідність відпадає. Найбільше застосування одержали рейкові штовхачі (рис.5.69). Основним їх елементом є рухома каретка з захватом, яка переміщується за допомогою рейки. Зусилля штовхання складає близько 100 кН (в залежності від ваги состава), переміщення каретки - до $6,5 \text{ м}$.

Максимальна вага візків з залитими виливницями:

$$G_c = (Q + G)z,$$

де Q - вага металу на візку;

G - вага візка з виливницями;

z - кількість візків в поїзді.

Опір переміщенню візків:

$$W = G_c w,$$

де $w = 1,5 w_n$ - коефіцієнт опору переміщенню (коефіцієнт тяги);

w_n - питомий опір переміщенню (приймають $w_n = 60 - 80 \text{ Н/т}$).

Потужність двигуна визначається звичайним шляхом.

19.5. Задачі

1. Визначте величину відцентрової сили інерції, яка діє на дріб машини дробоструменевого чищення виливниць (рис.5.65,д), якщо $m_d = 0,5 \text{ гр}$ (маса однієї дробини), $n_{дв} = 1500 \text{ хв}^{-1}$, $i = 2$ (передаточне

число ланцюгової передачі), $D = 0,4\text{м}$ (діаметр дробоструменевої головки).

2. Визначте потужність електродвигуна механізму виштовхування стріперного крана (рис.5.66,б), якщо $F = 2500\text{кН}$, $Q_i = 150\text{кН}$, $G_1 = 299\text{кН}$, $G_2 = 142\text{кН}$, $v_{ш} = 0,05\text{м/с}$, $\eta_n = 0,98$, $\eta_6 = 0,98$, $\eta_0 = 0,77$, $\lambda = 2,8$.
3. Визначте потужність електродвигуна механізму головного підйому розливного крана (рис.5.68,а), якщо $Q = 4500\text{кН}$, $G_k = 554\text{кН}$, $k_3 = 1,5$, $v = 0,035\text{м/с}$, $\eta = 0,83$.
4. Визначте потужність двигуна механізму переміщення візка крана, якщо $Q = 4500\text{кН}$, $G = 1966\text{кН}$, $v = 0,333\text{м/с}$, $\eta = 0,92$, $\lambda_{ср} = 1,8$.
5. Визначте потужність двигуна штовхача поїзда з виливницями (рис.5.69), якщо $Q = 1600\text{кН}$, $G = 210\text{кН}$, $z = 5$, $v = 0,146\text{м/с}$, $\eta = 0,85$.

19.6. Контрольні запитання

1. Дайте характеристику устаткуванню для чищення і змазування виливниць. Зарисуйте схеми устаткування, поясніть їх будову та принцип дії.
2. Складіть методику визначення потужності двигуна механізму підйому дробоструменевої головки.
3. Дайте характеристику устаткуванню для виймання злитків. Зарисуйте схеми механізмів підйому і управління кліщами стріперного крана, поясніть їх будову та принцип дії.
4. Зарисуйте схему механізму виштовхування злитка, поясніть будову та принцип дії.
5. Зарисуйте схему стаціонарної машини для виштовхування злитків, поясніть її будову та принцип дії.
6. Викладіть методику розрахунку виштовхування стріперного крана.
7. Зарисуйте схеми механізмів головного підйому розливного крана і його переміщення. Викладіть методику визначення потужності двигунів головного підйому і переміщення.
8. Зарисуйте схему рейкового штовхача поїздів з виливницями, поясніть його будову та принцип дії.
9. Викладіть методику визначення потужності двигуна штовхача.

Тема 20. Устаткування для розливання металів в чущки і аноди

Розливка металу в чущки і аноди здійснюється на розливних карусельних і стрічкових машинах. Карусельні машини застосовуються при розливанні свинцю, міді, цинку і нікелю. Ці машини бувають з переривчастим і неперервним рухом виливниць. Стрічкові машини

використовують при розливанні в чупки алюмінію, магнію, нікелю, чавуну і феросплавів.

20.1. Карусельні машини для розливання свинцю в чупки

Схема машини показана на рис.5.70. Назву карусельних ці машини одержали із-за наявності циліндричного обертального корпусу-каруселі. На корпус вільно навішуються кронштейни (24шт) з виливницями. Кожна виливниця має п'ятеро комірок для відливок масою 40кг кожна. Матеріал виливниць - сірий чавун. Обертання каруселі передається через відкриту зубчасту передачу і черв'ячний редуктор від електродвигуна потужністю 11кВт. Частота обертання каруселі (при безперервній роботі) становить 1хв^{-1} , діаметр каруселі - близько 4м, діаметр машини - 6м, продуктивність машини - 23т/год [3,4].

Знімання чупок здійснюється спеціальною машиною (рис.5.71) за допомогою вилочного захвату. Його зуб'я при опусканні з великою швидкістю впинаються в чупки. Транспортуються чупки візком, який має ланцюгову передачу зі стаціонарним приводом, до поворотного столу, де їх складають навхрест.

20.2. Карусельні машини для розливання металу на аноди

На аноди, які потім йдуть на електролітичне рафінування, розливають мідь і нікель. Машини мають таке ж конструктивне вирішення і принцип дії, що і машини для розливання свинцю. Відрізняються тільки більшими розмірами (діаметр каруселі - 7м, діаметр машини - 10м), наявністю двох приводів каруселі, способом розвантаження анодів. Маса мідного анода становить 240 - 250кг. Машини працюють за преривчастим циклом руху.

Для розвантаження анодів застосовуються спеціальні пристрої - анодознімачі (рис.5.72). Задача виймання анодів спрощується за рахунок виштовхувачів, які має кожна виливниця. Штовхач має ролик і потайну головку. На ділянці розвантаження штовхач піднімає анод, який після цього захоплюється анодознімачем і подається на ланцюговий конвеєр охолодної ванни. Наявність в конверторі храпового зачеплення забезпечує його односторонній преривчастий рух [5].

20.3. Карусельні машини для розливання катодного цинку

На рис.5.73 показана схема автоматизованої лінії плавлення і розливання катодного цинку в чупки на карусельній машині. Карусельна машина для розливання цинку істотно відрізняється від розглянутих вище машин. В ній замість циліндричної каруселі на рамі і в підшипникових вузлах змонтована колона, на якій жорстко закріплені кронштейни для виливниць. В той же час для механізації розвантаження чупок виливниці з'єднуються з кронштейнами за допомогою шарнірів. Заливають метал в виливниці

автоматично без зупинки за допомогою мірчої ложки. Остання приводиться в рух від загального привода, який має чотириохвистковий двигун і спеціальний черв'ячний редуктор. Додатково ложка оснащена ланцюговою і важільною передачами, а також копіром, який забезпечує рух ложки по необхідній траєкторії. Управління рухом ложки здійснюється автоматично від шупа, кінець якого упирається в поверхню виливниці. При порожній виливниці шуп дає команду приводу на рух ложки із печі. Якщо чушка після операції розвантаження залишилась у виливниці і пішла на друге коло, то ложка залишається у ванні до підходу порожньої виливниці. Метал із ложки виливається через її другий кінець. Діаметр машини по виливницях - 3,5м, продуктивність - 4 - 12т/год, кількість виливниць - 22, маса чушок - 22кг, частота обертання каруселі - 0,14 - 0,343хв⁻¹ [5].

20.4. Механізована лінія розливання чорнової міді

На лінії розливають чорнову мідь на злитки масою 500кг. Схема машини показана на рис.5.74. Мідь з міксеру надходить у виливниці. Кожна виливниця має шарнірне кріплення з рамами рухомих візків. Візки з'єднуються між собою у вигляді замкнутого кола і рухаються по направляючим. Привод цього умовного конвейєру має електродвигун, варіатор, редуктор і зубчасту передачу. Рух візкам передається через кулачки приводного ланцюга, які зачіплюються з роликми тягового ланцюга. Натяжна станція являє собою закруглену ділянку рейкової колії, яка розташовується на верхній рамі. Виливниця на ділянці розвантаження підхоплюється крюком кантувача, обертається навколо шарнірів і злиток падає на буферну площадку кантувача злитків. Кантувач передає злиток на відповідний рольганг [5].

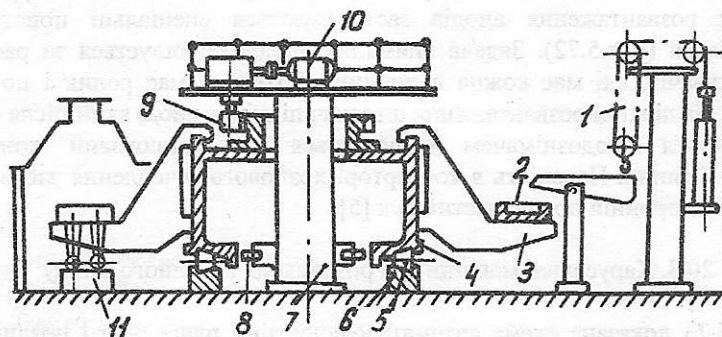


Рис. 5.70. Схема карусельної машини для розливки свинцю: 1-заливний устрій; 2-виливниці; 3-кронштейни; 4-карусель; 5-опорні ролики; 6-кругові рейки; 7-колона; 8-центрувальні ролики; 9-приводна шестерня; 10-привод; 11-система зрошення

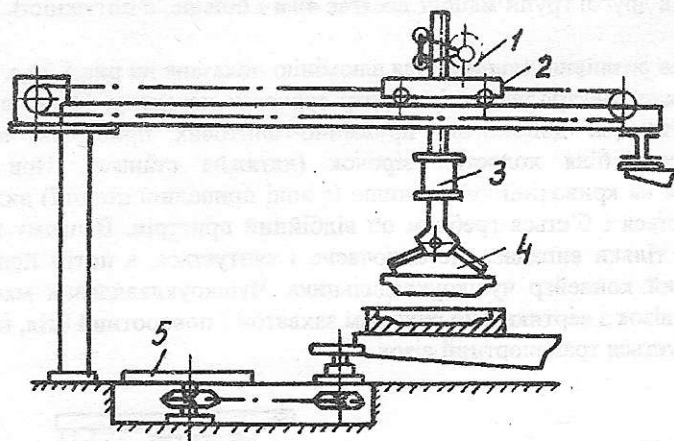


Рис. 5.71. Схема машини для зйому і укладення свинцевих чушок: 1-рейкова передача; 2-вिकатний візок; 3-пневмоциліндр; 4-вилочний захват; 5-поворотний стіл

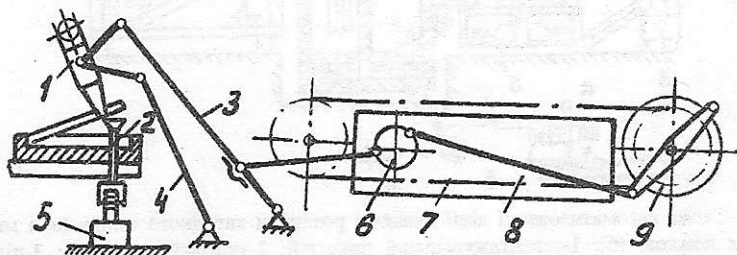


Рис. 5.72. Схема анодознімача: 1-захват; 2-шттовхач з роликом; 3-підтримуючий важіль; 4-приводний важіль; 5-копір; 6-приводний кривошип; 7-ланцюгова передача; 8-ванна; 9-храпове зачеплення

20.5. Стрічкові розливні машини

Ці машини застосовуються при розливанні алюмінію, магнію, цинку, чорнової міді, нікелю, чавуну і феросплавів в чушки. Всі стрічкові машини, незважаючи на деякі конструктивні відміни, являють собою горизонтальний чи похилий і неперервно рухомий конвейер з приводною і натяжною станціями. На двох паралельних ланцюгах кріпляться чавунні виливниці. В машинах для легких кольорових металів використовуються пластинчато-роликіві ланцюги і виливниці до них кріпляться шарнірно з можливістю кантування на розвантажувальній ділянці. Ролики ланцюгів переміщуються по направляючим. В машинах для розливання нікелю, чавуну і феросплавів ланцюги пластинчаті і переміщуються по стаціонарних направляючих роликах. Виливниці до ланок ланцюгів кріпляться жорстко. Довжина конвейерів першої групи машин не перевищує 15м, а потужність двигуна - 6кВт. В той же час довжина

конвейерів другої групи машин досягає 40м і більше, а потужність двигуна - 30кВт.

Схема розливної машини для алюмінію показана на рис.5.75,а. Привод машини має електродвигун і закриту зубчасту передачу. Натяг ланцюговий здійснюється за допомогою пружинно-гвинтових пристроїв, які розташовуються біля холостих зірочок (натяжна станція). При виході виливниць на криволінійну дільницю (в зоні приводної станції) виливниця перекидається і б'ється гребнем об відбійний пристрій. В цьому випадку чушка не тільки випадає, але одночасно і кантується, а потім попадає на ланцюговий конвейер чушкоукладальника. Чушкоукладальник має також викатний візок з вертикально рухомим захватом і поворотний стіл, на якому розташовується транспортний візок.

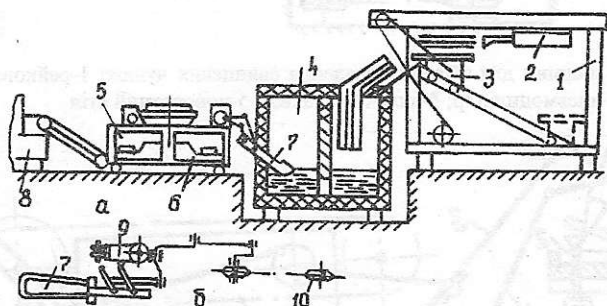


Рис. 5.73. Схема автоматизованої лінії плавки і розливки катодного цинку (а) і механізму управління ложкою (б): 1-завантажувальний пристрій; 2-зптовхувач листів; 3-підйомний стіл; 4-плавильна піч; 5-розливна машина; 6-кронштейн з виливницями; 7-заливна ложка; 8-укладальник чушок; 9-копір; 10-приводна зірочка

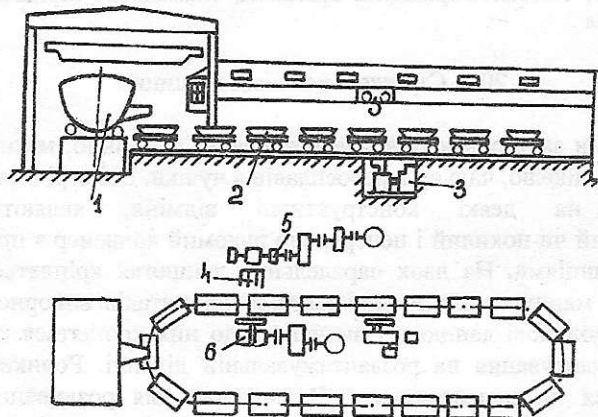


Рис. 5.74. Схема механізованої лінії розливу чорнової міді: 1-піч; 2-візкі з виливницями; 3-механізм подачі візків; 4-кантувач злитків; 5-система транспортування злитків; 6-кантувач виливниць

В машинах для розливання нікелю, чавуну і феросплавів для виймання чушок із виливниць передбачено пристрої для вибивання, які мають хитний двоплечий важіль. На одному кінці його кріпляться диски, а на другому - ролики. Важіль приводиться в рух від зірочки приводної станції. При цьому важіль відхиляється і диски піднімаються на певну висоту, а потім, коли ролики вийдуть із зачеплення з зірочкою, диски вільно падають і б'ють по чушці. Чушки завантажуються на транспортні платформи насипом по жолобам. Жолоби для їх перекидання з одного положення в друге мають електромеханічні лебідки.

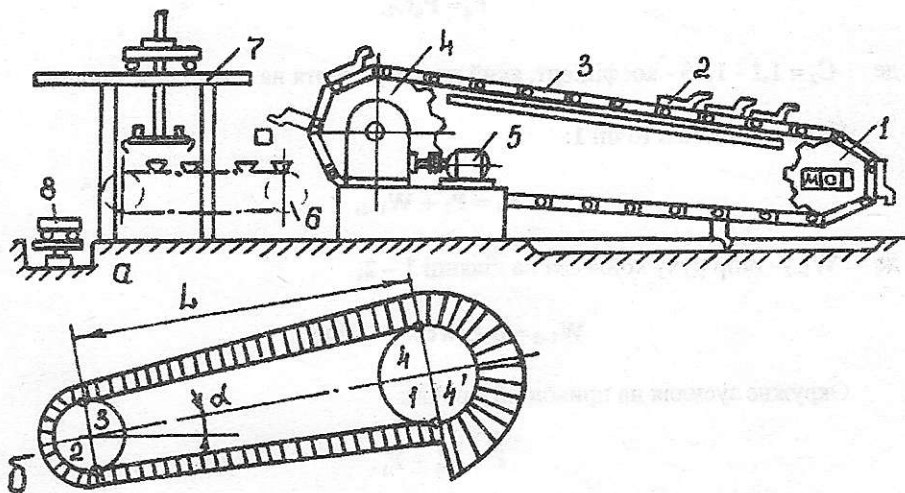


Рис. 5.75. Принципова (а) і розрахункова (б) схеми стрічкової розливної машини: 1, 4 - натяжна і приводна станції; 2-виливниця; 3-ланцюговий конвейєр; 5-привод; 6-конвейєр чушкоукладальника; 7-чушкоукладальник; 8-поворотний стіл

Для визначення потужності двигуна машини застосовують метод обходу за контуром (рис.5.75,б). Спочатку приймають зусилля натягу ланцюга в точці 2 (з міркувань усунення провисання). Приймають $P_2 = 3,0 - 5,0 \text{ кН}$. Це зусилля є мінімальним в контурі конвейєра. Тоді з врахуванням сил опору на ділянці 2 - 3 натяг ланцюга в точці 3 буде:

$$P_3 = P_2 C_1,$$

де $C_1 = 1,08 - 1,1$ - коефіцієнт, який враховує тертя на холостій зірочці.

Натяг ланцюга в точці 4:

$$P_4 = P_3 + W_{3-4},$$

де W_{3-4} - опір руху конвейєра на ділянці 3 - 4.

$$W_{3-4} = (q_1 + q_2)L(\sin\alpha + w\cos\alpha),$$

де q_1, q_2 – відповідно питома вага конвейера з виливницями і металу в виливницях;

L - довжина конвейера;

w - коефіцієнт опору (тяги);

α - кут нахилу конвейера.

Натяг ланцюга в точці 4':

$$P'_4 = P_4 C_2,$$

де $C_2 = 1,1 - 1,15$ - коефіцієнт, який враховує тертя на приводній зірочці.

Натяг ланцюга в точці 1:

$$P_1 = P_2 + W_{1-2},$$

де W_{1-2} - опір руху конвеєра на ділянці 1 - 2,

$$W_{1-2} = q_1 L(w\cos\alpha - \sin\alpha).$$

Окружне зусилля на приводній зірочці:

$$P = P'_4 - P_1.$$

Потужність двигуна:

$$N = \frac{C_3 P v}{1000 \eta},$$

де $C_3 = 1,5 - 2$ - коефіцієнт резерву потужності.

20.6. Кантувачі стрічкових машин

Існують різноманітні конструкції кантувачів. В чорній металургії застосовуються кантувачі з електромеханічним приводом і канатно-баранними передачами. Схема одного із таких кантувачів показана на рис.5.76,а. Кантування ковша ведеться безпосередньо з лафета транспортного візка. Додатково біля кантувача установлюються кантувальні стояки. Кантування проходить таким чином. Крюком захоплюють ківш і вмикають барабанну лебідку, яка розташовується стаціонарно на рамі. При піднятті крюка ківш обертається відносно нижніх опорних цапф до тих пір, поки його лапи не обіпруться на цапфи кантувальних стояків. В цьому випадку ківш починає кантуватися відносно цих цапф. Відповідно до

кантування ковша візок, який несе на собі верхні блоки вантажного поліспасти, зміщується в бік нахилу ковша, що відвертає зривання крюка з серги ковша. Регулювання величини зміщення візка проходить автоматично за рахунок регулювального поліспасти. Тобто, візок буде зміщуватися тільки в тому випадку, якщо в канатах регулювального поліспасти з'явиться слабкість, а це можливо лише при рухомому становищі крюкової підвіски. Вантажопідйомність лебідки становить близько 80т, потужність двигуна - 46кВт, число ступенів переключення швидкостей двигуна при кантуванні - 19 [1].

Крім цих кантувачів, використовуються також кантувачі, в яких механізми кантування ковша і переміщення візка розташовуються безпосередньо на рамі візка. Для відвернення проковзування коліс в деяких кантувачах механізм переміщення візка забезпечується рейковою передачею. Рейка в цьому випадку кріпиться до естакади.

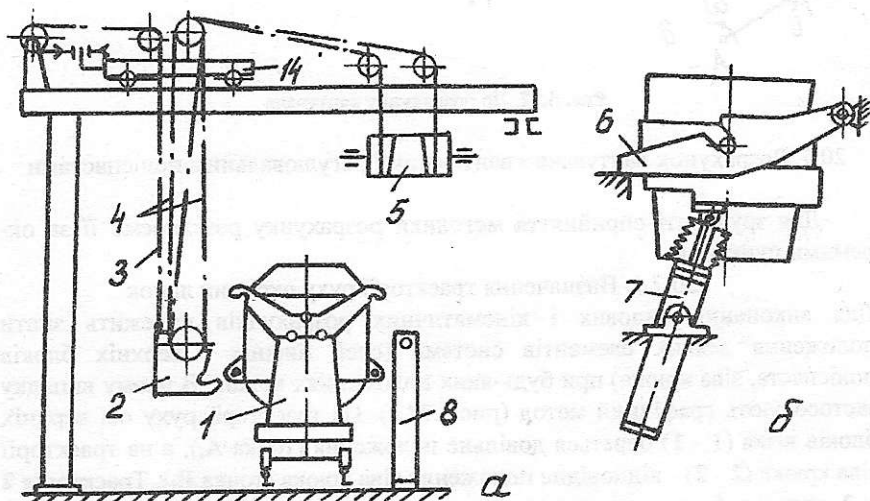


Рис. 5.76. Схема електромеханічного (а) і гідравлічного (б) кантувачів: 1-чавуновоз; 2-крюкова підвіска; 3, 4-канати регулювального і вантажного поліспасти; 5-барaban; 6-люлька; 7-гідроциліндри; 8-кантувальні стояки

При розливанні нікелю застосовуються кантувачі з гідроприводом (рис.5.76,б). Такий кантувач має просту конструкцію і можливість широкого діапазону регулювання швидкості кантування ковша. Основними елементами кантувача є люлька з пазами для цапф ковша і два поршневі гідроциліндри. Для відвернення самовільного виходу цапф із пазів в кінці кантування передбачено спеціальні накидні замки.

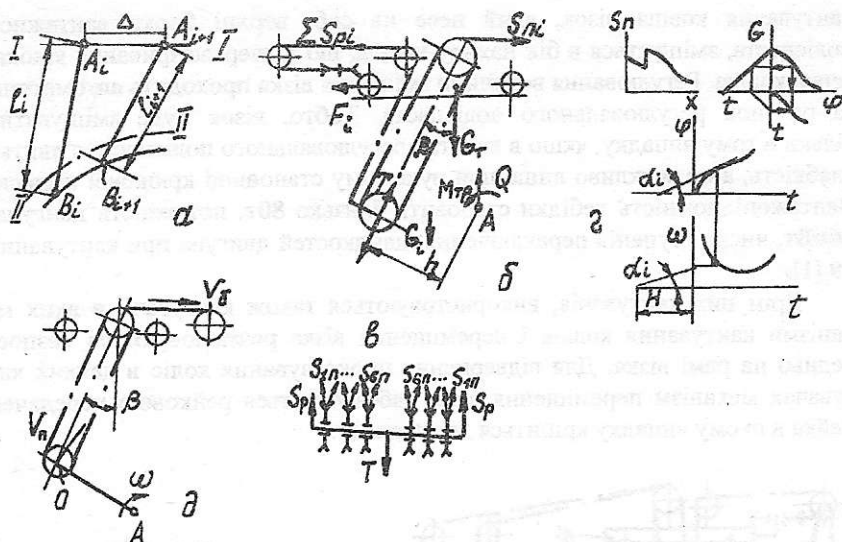


Рис. 5.77. До розрахунку кантувача

20.7. Розрахунок кантувача з вантажним і регулювальним поліспастами

Для зручності сприйняття методики розрахунку розглянемо її за окремими пунктами.

20.7.1. Визначення траєкторії руху окремих ланок

Для виконання силових і кінематичних розрахунків належить знати положення деяких елементів системи (осей нижніх і верхніх блоків поліспаста, зіва крюка) при будь-яких положеннях ковша. В цьому випадку застосовують графічний метод (рис.5.77,а). На траєкторії руху осі верхніх блоків візка (1 - 1) береться довільне положення (точка A_i), а на траєкторії зіва крюка (2 - 2) - відповідне положення зіва крюка (точка B_i). Траєкторія 2 - 2 являє собою коло з центром на осі нижніх цапф ковша спочатку кантування і на осі цапф кантувальних стояків при подальшому кантуванні. Спочатку задаються величиною переміщення візка Δ . Якщо відстань l_i відома (визначається за кресленням), то:

$$l_{i+1} = l_i - i_p \Delta,$$

де i_p - кратність регулювального поліспаста.

Положення точки B_{i+1} відшукують засічкою циркуля на траєкторії 2 - 2. Положення осі нижніх блоків визначають за кресленням.

20.7.2. Зусилля натягу в канатах

Перекидний момент визначається за формулою:

$$M_i = G_i[(y_A - y_C)\sin\varphi - (x_A - x_C)\cos\varphi].$$

Тиск на вісь нижніх блоків T_i можна визначити, виходячи з рівності моментів відносно точки А (рис.5.77,б) $M_i + M_{T_{pi}} - T_i h = 0$ і рівності суми проекції сил на вертикальну вісь $G_i - T_i \cos \beta_i + Q_i = 0$,

де G_i - сумарна вага ковша і металу;

Q_i - реакція в опорах А;

$M_{T_{pi}} = Q_i \mu r$ - момент від сил тертя в опорі А;

μ - коефіцієнт тертя ковзання;

r - радіус цапфи.

З врахуванням цих виразів одержимо:

$$T_i = \frac{(M_i + Q_i \mu r)}{h + \mu r}.$$

Для визначення зусиль натягу в канатах розглянемо проекцію сил на горизонтальну вісь:

$$2S_{pi} - \sum S_{pi} - F_i - T_i \sin \beta_i = 0,$$

де $\sum S_{pi}$ - сумарне зусилля натягу в канатах регулювального поліспасти;

S_{pi} - зусилля натягу одної вітки канатів вантажного поліспасти;

$F_i = w(G_b + T_i \cos \beta_i)$ - сила опору руху візка;

w - коефіцієнт опору (тяги);

G_b - вага візка.

Із схеми регулювального поліспасти виходить, що $\sum S_{pi} = 2(S_{1p} + S_{2p})$. Якщо позначити через S_p зусилля натягу в канатах регулювального поліспасти в точці їх кріплення до крюкової підвіски, то:

$$S_{1p} = \frac{S_p}{\eta_p}, S_{2p} = \frac{S_p}{\eta_p^2}, \sum S_{pi} = 2k_p S_p,$$

де
$$k_p = \frac{1}{\eta_p} + \frac{1}{\eta_p^2};$$

η_p - ККД блока регулювального поліспасти.

З врахуванням одержаних виразів рівняння рівноваги сил на горизонтальну вісь буде мати вигляд:

$$2S_{pi} - 2k_p S_{pi} - w(G_b + T \cos \beta_i) - T_i \sin \beta_i = 0$$

В цьому рівнянні невідомими є S_{pi} і S_{pi} .

Для їх визначення необхідно скласти додаткове рівняння з умов рівноваги сил, які діють на крюкову підвіску (рис.5.77,в):

$$T_i - 2S_{pi} - \sum S_{ni} = 0 \quad \text{тут} \quad \sum S_{ni} = 2k_n S_{ni}$$

де $k_n = \eta_n + \eta_n^2 + \eta_n^3 + \eta_n^4 + \eta_n^5 + \eta_n^6$;

η_n - ККД блоків вантажного поліспасти.

Тоді $T_i - 2S_{pi} - 2k_n S_{ni} = 0$.

При сумісному розв'язанні двох рівнянь сил одержимо:

$$S_{ni} = \frac{T_i (k_p + w \cos \beta_i + \sin \beta_i) + wG_n}{2(1 + k_p k_n)},$$

$$S_{pi} = \frac{T_i - 2k_n S_{ni}}{2}.$$

На рис.5.77,г показано графік змінювання S_{ni} для різних положень ковша. Різкий стрибок на графіку відображає момент переходу ковша з опорних цапф на кантувальні стояки.

20.7.3. Швидкість кантування

Для забезпечення рівномірного зливання металу з ковша швидкість його кантування має змінюватися за означеним законом. Маючи на меті його визначення, спочатку знаходять графічним шляхом залежність між часом кантування t і кутом повороту ковша ϕ (рис.5.77,г). При цьому необхідно знати залежність ваги металу в ковші від кута повороту. Після знаходження залежності між ϕ і t приступають до графічного визначення кутової швидкості ω повороту ковша (рис.5.77,г).

Маючи ω , визначають швидкість руху осі зівя крока (рис.5.77,д):

$$v = \omega OA, \quad v_n = v \cos \beta_i.$$

Окружну швидкість на барабані можна визначити за формулою:

$$v_b = v_n - \frac{(i_p i_{n+1})}{i_p + \sin \beta_i},$$

де i_p, i_n - кратність регульовального і вантажного поліспастів.

20.7.4. Потужність двигуна

Потужність двигуна визначається за максимальним зусиллям натягу в канаті та з урахуванням здатності двигуна на переобтяження:

$$N = \frac{2S_{\max} v_b}{1000 \eta \lambda},$$

де η - ККД привода [1];

λ - допустимий коефіцієнт переобтяження двигуна.

20.8. Задачі

1. Визначте зусилля натягу ланцюга конвейєра розливної машин в точці 4 (рис.5.75,б), якщо $P_2 = 5,0\text{кН}$, $C_1 = 1,09$, $q = 4,7\text{кН/м}$, $q_2 = 1,505\text{кн/м}$, $L = 43\text{м}$, $\alpha = 9^\circ 21'$, $w = 0,067$.
2. За даними задачі 1 визначте зусилля натягу ланцюга конвейєра в точці 1.
3. За даними задач 1,2 визначте потужність двигуна конвейєра, якщо $C_2 = 1,12$, $C_3 = 1,75$, $v = 0,2\text{м/с}$, $\eta = 0,848$.
4. Визначте силу T_i , яка діє на нижню вісь вантажного поліспасти кантувача при $\varphi = 23^\circ$ (рис.5.77), і значення k_p і k_n , якщо $M_i = 2040\text{кНм}$, $Q = 1111\text{кН}$, $\mu = 0,15$, $r = 0,06\text{м}$, $h = 3,83$, $\eta_p = 0,98$, $\eta_n = 0,98$.
5. За даними задачі 4 визначте для зазначеного положення зусилля натягу в вітці вантажного поліспасти S_{ni} , якщо $\beta_i = 7^\circ$, $G_n = 240\text{кН}$, $w = 0,01$.
6. За даними задач 4, 5 визначте зусилля натягу в вітці регулювального поліспасти.

20.9. Контрольні запитання

1. Дайте класифікацію устаткування для наповнюючого лиття і назвіть області його використання.
2. Зарисуйте схему карусельної машини для розливання свинцю в чушки, поясніть будову та принцип дії її механізмів.
3. Зарисуйте схему машини для зняття свинцевих чушок, поясніть її будову та принцип дії.
4. Складіть методику розрахунку потужності двигуна карусельної машини.
5. Вкажіть на особливості карусельної машини для розливання мідних анодів. Зарисуйте схему анодознімача, поясніть його будову та принцип дії.
6. Зарисуйте схему автоматизованої лінії плавлення катодного цинку, більш докладно поясніть будову розливної машини.
7. Зарисуйте схему механізованої лінії розливання чорної міді, поясніть будову і роботу її механізмів.
8. Дайте класифікацію стрічкових розливних машин. Зарисуйте схему машини і поясніть її будову.
9. Викладіть методику розрахунку стрічкової розливної машини.
10. Зарисуйте схему кантувача з приводним візком, поясніть його будову і принцип дії.
11. Зарисуйте схему кантувача зі стаціонарною лебідкою, дайте докладні пояснення.

12. Опишіть методику визначення траєкторії характерних точок кантувача.
13. Опишіть методику визначення зусиль натягу і потужності двигуна лебідки кантувача.
14. Зарисуйте схему гідравлічного кантувача, складіть методику його розрахунку.

Тема 21. Устаткування установок переривчастого лиття

21.1. На установках переривчастого лиття одержують алюмінієві, цинкові, мідні і сталеві злитки. У випадку розливання цинку над кристалізаторами установлюють ковпаки, під якими створюється захисна атмосфера.

Установки переривчастого лиття бувають з гідравлічним і електромеханічним (з гвинтовою, ланцюговою і канатною передачею) приводами. Установки з гідроприводом (рис.5.78,а) застосовують для лиття злитків з перерізом до 500см^2 . В початковому положенні піддони, які розташовуються на вертикально рухомому столі 5, перебувають в кристалізаторі 4, що створює тимчасове днище. Після закінчення розливання верхні кінці злитків виводяться за межі кристалізатора, а поворотний стіл відвертається в бік. Злитки віддаляють краном. Для настройки необхідної швидкості в гідросистемі передбачено дросельні клапани. Швидкість лиття становить $180 - 200\text{мм/хв}$. Робочий тиск в гідроциліндрах - $0,6 - 1\text{МПа}$ [5].

Установка з електромеханічним приводом і ланцюговою передачею застосовується для лиття крупногабаритних злитків масою до 20т . Основою машини слугує металева прямокутна кліть. По її направляючих переміщується каретка з піддоном (рис.5.78,б), яка приводиться в рух через ланцюгову передачу від електромеханічного привода. Вона зрівноважена противагою, завдяки якій зменшується навантаження на робочий орган. Кристалізатор розташовується на приводному візку, який відкочується в бік при розвантаженні злитка. Швидкість лиття залежить від перерізу злитків, що відливають, і виду металу і становить $50 - 160\text{мм/хв}$. Переріз злитків - до $300 \times 1500\text{мм}$, довжина - до 6000мм [5].

Установка з електромеханічним приводом і канатною передачею (рис.5.78,в) застосовується для одержання злитків невеликих чи середніх розмірів і мас. Механізм переміщення злитків являє собою канатно-поліспапну систему з барабанною лебідкою. Стіл з піддонами, як і в установках з рейковою передачею, змонтовано на рухомій каретці, до якої прикріплені з кожного боку по два блоки. Розвантаження злитків здійснюється після повороту стола з кристалізаторами в бік.

При розрахунку привода лебідки потрібно враховувати ті обставини, що кратність поліспасти створюється тільки рухомими блоками, а сама кратність являє собою відношення числа канатів, на яких підвішується

вантаж, до числа канатів, які намотуються на барабан. Потужність двигуна визначається за статичним навантаженням.

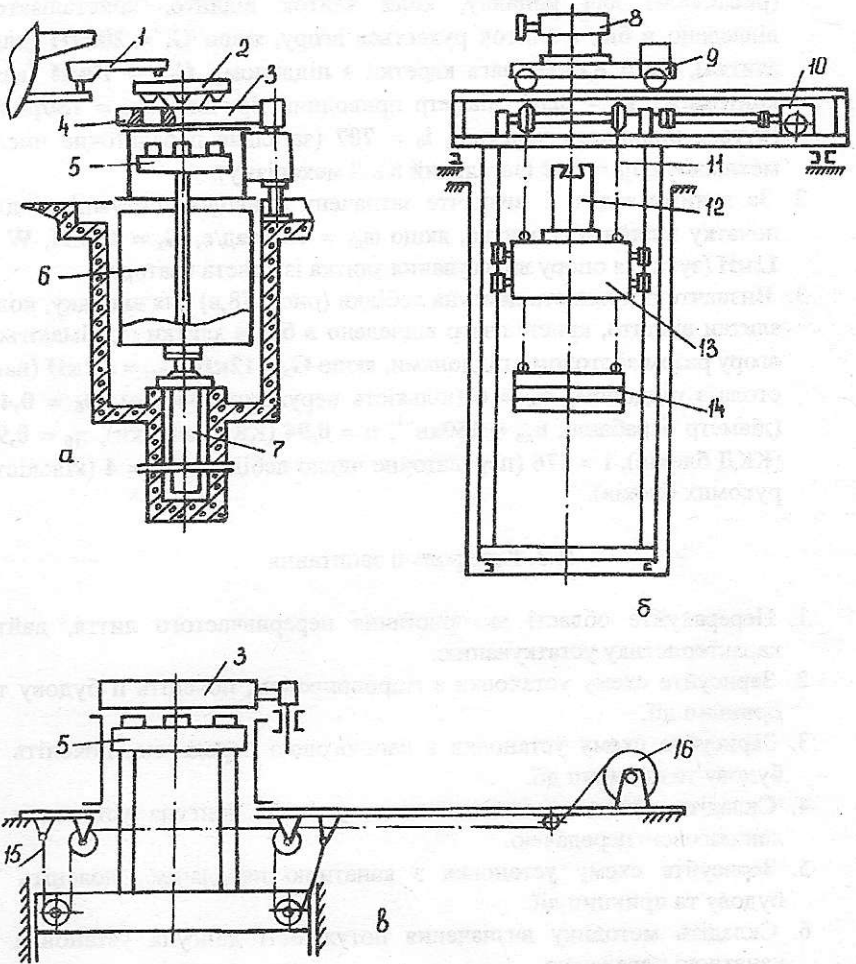


Рис. 5.78. Схеми з гідравлічним (а) і електромеханічним (б, в) приводом установок переривчастого лиття заготовок: 1-залівальний жолоб; 2-розподільна чаша; 3-поворотний стіл з кристалізаторами; 4, 8-кристалізатор; 5-стіл з піддонами; 6-колодязь; 7-гідроциліндр; 9-вікатний візок; 10-привод; 11-ланцюгова передача; 12-піддон; 13-каретка; 14-противага; 15-канатна передача; 16-лебідка

21.2. Задачі

1. Визначте затрачену приводом потужність механізму витягування (рис.5.78,б) для випадку, коли злиток відлито, кристалізатор відведено в бік, а злиток рухається вгору, якщо $G_3 = 200\text{кН}$ (вага злитка), $G_k = 8,6\text{кН}$ (вага каретки з піддоном), $G_{кв} = 10\text{кН}$ (вага контрваги), $D_3 = 0,3\text{м}$ (діаметр приводних зірочок), $\omega_{дв} = 150\text{рад/с}$ (кутова швидкість двигуна), $i_0 = 707$ (загальне передаточне число механізму), $\eta_0 = 0,82$ (загальний ККД механізму).
2. За даними задачі 1 визначте затрачену приводом потужність для початку відливання злитка, якщо $\omega_{дв} = 15,7\text{рад/с}$, $G_3 = 1,0\text{кН}$, $W = 12\text{кН}$ (зусилля опору витягування злитка із кристалізатора).
3. Визначте потужність двигуна лебідки (рис.5.78,в) для випадку, коли злитки відлито, кристалізатор відведено в бік, а злитки піднімаються вгору разом зі столом і піддонами, якщо $G_3 = 12\text{кН}$, $G_{ст} = 4,2\text{кН}$ (вага стола з піддоном), $z_n = 6$ (кількість нерухомих блоків), $D_b = 0,4\text{м}$ (діаметр барабана), $n_{дв} = 150\text{хв}^{-1}$, $\eta = 0,94$ (ККД лебідки), $\eta_b = 0,98$ (ККД блоків), $i = 476$ (передаточне число лебідки), $Z_p = 4$ (кількість рухомих блоків).

21.3. Контрольні запитання

1. Перерахуйте області використання переривчастого лиття, дайте характеристику устаткуванню.
2. Зарисуйте схему установки з гідроприводом, поясніть її будову та принцип дії.
3. Зарисуйте схему установки з ланцюговою передачею, поясніть її будову та принцип дії.
4. Складіть методику визначення потужності двигуна установки з ланцюговою передачею.
5. Зарисуйте схему установки з канатною передачею, поясніть її будову та принцип дії.
6. Складіть методику визначення потужності двигуна установки з канатною передачею.
7. Коротко висвітліть технологію демонтажу установки з гідроприводом.

Тема 22. Устаткування машин (установок) неперервного лиття заготовок

22.1. В кольоровій металургії машини неперервного лиття застосовуються при розливанні мідних злитків квадратного (вайєрбарсів) і круглого перерізів, а також лиття труб з міді і мідних сплавів.

Для лиття злитків служать двострумкові машини, а для труб - однострумкові [3,5]. Найбільш складними і одночасно досконалими є машини для розливання сталей, які застосовують переважно в конверторних, електросталеплавильних цехах.

Машини неперервного лиття заготовок (МНЛЗ) поділяються на такі основні типи: вертикальні (рис.5.79,а), вертикальні зі згином злитка (рис.5.79,б), радіальні (рис.5.79,в), криволінійні і горизонтальні [2]. Найбільш раціональними з погляду висотних габаритів є радіальні МНЛЗ. Вони і використовуються в сучасних цехах. До складу такої машини входять сталерозливний стенд для двох ковшів, проміжний ківш, який розташовується на самохідному візку, мідний кристалізатор, що охолоджується водою, з механізмом його качання, неприводна роликів криволінійна проводка, роликів секції радіальної ділянки приводної проводки, роликів секції горизонтальної ділянки приводної проводки, машина для вводу затравки в кристалізатор, машина для газового різання заготовки.

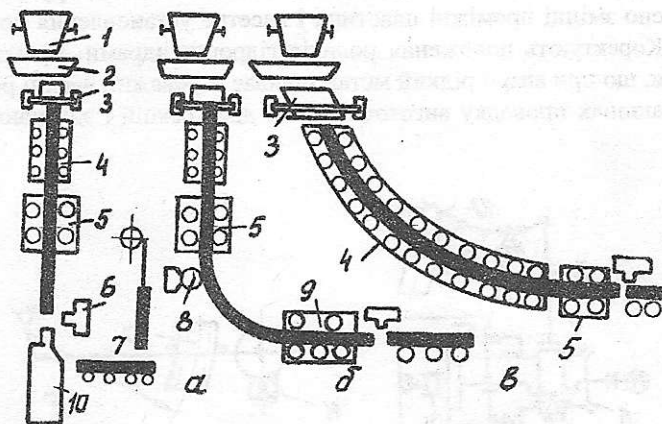


Рис. 5.79. Схема вертикальної (а), зі згином злитка (б) і радіальної (в) машин неперервного лиття: 1-розливний ківш; 2-проміжний ківш; 3-кристалізатор; 4-зона вторинного охолодження; 5-тягнуча кліть; 6-газоріз; 7-рольганг; 8-згибний пристрій; 9-прямильний пристрій; 10-кантувач

Механізми качання кристалізатора призначені для усунення приварювання металу до стінок кристалізатора за рахунок надання останньому коливальних рухів. Особливістю механізмів качання радіальних МНЛЗ є забезпечення зворотно-коливального руху кристалізатора по ділянці кругової траєкторії з радіусом, який дорівнює радіусу кривизни кристалізатора. На рис.5.80 показані схеми важільного (а) і важільно-кулачкового (б) механізмів качання. Перші механізми, незважаючи на їх простоту, не одержали широкого застосування із-за неможливості точного виконання закону руху і надання коливань з високою частотою. В другому механізмі коливальний рух задається чотириланковим ексцентриковим

механізмом коромислового типу (привод має умовне зміщення на 90°). Частота коливань регулюється шляхом зміни частоти обертання електродвигуна постійного струму, а амплітуда - поворотом ексцентрика 4 відносно ексцентричного вала 5. В робочому стані пружини 3 притискують конічну фрикційну напівмуфту 7 ексцентрика 4 до напівмуфти 6, яка закріплена на ексцентричному валі 5. При регулюванні величини ексцентриситету напівмуфти роз'єднуються за допомогою гідроциліндра 2, який, стискаючи при цьому пружини 3, рухає траверсу 1. Діапазон регулювання частоти коливань - 5 - 10 кол/хв, діапазон регулювання амплітуди - 2,5 - 12,5 мм, частота обертання двигуна - 0 - 100 хв⁰¹ [2]. Для попередження розриву корки злитка при виході його із кристалізатора застосовують неприводні роликіві проводки, які одночасно виконують функції корсета і допоміжного джерела відводу тепла. Проводка має повздовжні і поперечні ролики, які розташовують в роз'ємному сталевому корпусі напроти чотирьох граней злитка. Регулювання положення корпусу відносно осі розливання здійснюють за допомогою пружинно-гвинтових пристроїв. Для можливості переходу на лиття заготовок других розмірів передбачено змінні проміжні пластини і касетне установалення поперечних роликів. Коректують положення роликів гідроциліндрами. Враховуючи ті обставини, що при аварії рідкий метал заливає переважно верхні ролики, на деяких машинах проводку виготовляють із двох секцій і здимають тільки верхню.

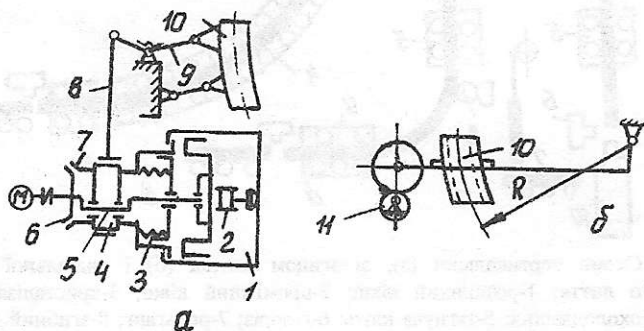


Рис. 5.80. Схеми механізмів качання кристалізатора: 1-траверса; 2-гідроциліндр; 3-пружини; 4-ексцентрик; 5-ексцентриковий вал; 6-напівмуфта; 7-фрикційна муфта; 8-шатуни; 9-чотириланковий механізм; 10-кристалізатор; 11-кулачок

Приводні проводки одночасно виконують функції неприводних, але основне їх призначення - витягання злитка і його виправлення на горизонтальній ділянці. Вони складаються із двох-трьох типорозмірів роликівих секцій, або із однієї секції трьох-чотирьох видів. Основними елементами проводок є ролики, які поділяються на притискні, приводні і неприводні. Притискні ролики розташовуються зверху і мають гідравлічні чи пружинно-гвинтові механізми притиску, а їх опори - рухому траверсу. В гідравлічних механізмах для притиску використовуються поршневі

гідроциліндри. Привод пружинно-гвинтового механізму має електродвигун постійного струму, планетарний і черв'ячно-гвинтовий редуктори. Ролики з'єднуються з приводами за допомогою шпинделів з універсальними шарнірами, що дає можливість компенсувати їх перекося, а також винести привод за межі безпосередньої теплової дії.

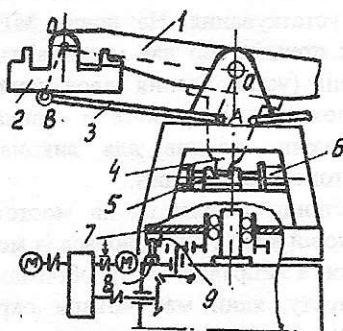


Рис. 5.81. Схема поворотного розливного стенда: 1-несуча рама; 2-підвіски; 3-тяги; 4-зуб евольвентного профілю; 5-повзун; 6-плунжерні гідроциліндри; 7-поворотна платформа; 8-кругова рейка; 9-ролики

Подачу і введення затравки в кристалізатор, її роз'єднання зі злитком і віддалення виконують спеціальними машинами, які поділяються на дві групи: машини для введення затравки зверху і машини для введення затравки знизу. Машина для введення затравки (конструкції УЗТМ) складається з приводного візка, який рухається по рейковій колії, похилої стріли з гідравлічним механізмом її нахилу, канатно-барабанного механізму підйому затравки і маслостанції. Такі машини доцільно застосовувати при розливанні сталі окремими ковшами, коли виникають паузи в розливанні. Тоді створюються умови для введення затравки зразу після виходу злитка з першої секції роликової проводки. Однак у випадку розливання сталі «плавка на плавку», коли пауза між циклами лиття досягає 180 хв, доцільніше використання стаціонарних машин з введенням затравки знизу. Машина складається із хитного стола з гідравлічним механізмом його нахилу і неприводним рольгангом, каретки з двома крюками, яка переміщується по направляючим за допомогою канатно-барабанної лебідки, і маслостанції [2].

Для різання злитків на мірні довжини в процесі розливання застосовують машини газового крайня і ножиці. Частіше використовуються перші. Машина складається з візка з неприводними колесами, якими він обпирається на рейки естакади, канатно-барабанного механізму повернення в вихідне положення, двох кареток з захватами і пневматичними циліндрами для їх переміщення, двох супортів з гвинтовими механізмами їх горизонтального переміщення (перпендикулярно руху візка), двох різаків, які закріплені на супортах і мають черв'ячно-гвинтові механізми їх вертикального переміщення. В процесі різання машина рухається під дією рухомого злитка завдяки захватам, які захоплюють злиток. При цьому канати сходять з барабана,

який розташовується на візку в розгальмованому стані. Повертається машина в вихідне положення при намотуванні канатів на барабан. Швидкість різання злитків при поперечному перерізі $250(350) \times 1150$ (2200)мм становить $0,06 - 0,6$ м/хв [2].

Розливання сталі на МНЛЗ перших конструкцій проводять за допомогою розливних кранів, що є недоцільним із-за довгочасного затримання цього складного і дорогого устаткування. На нових МНЛЗ застосовують різні конструкції розливних стендів, що дає можливість не тільки здійснювати всі необхідні операції (установлення двох ковшів, переведення ковшів із резервного положення в робоче і навпаки, зважування металу, вертикальне переміщення ковшів для виконання допоміжних операцій), але і створювати автономність машин.

За конструкцією і принципом дії стенди поділяють на мостові і поворотні. Мостові переміщуються по рейковій колії і складаються із мосту з приводними балансирними візками, колон з направляючими обоймами і механізму вертикального переміщення мосту, який має чотири окремі гвинтові механізми. Кожний з них в свою чергу має електродвигун, гальмо, черв'ячний редуктор і гвинтову пару з обертально і поступально рухомими гвинтом і гайкою [2].

Поворотний стенд (рис.5.81) складається з основи, поворотної платформи з механізмом її повороту, несучої рами з підвісками, механізму підйому і опускання ковшів і вагової системи. Поворотна частина платформи - звичайна. Механізм вертикального переміщення ковшів складається із двох плунжерних гідроциліндрів, повзуна з трапецієвидною і горизонтально-рухомою траверсою і важіля, який прикріплено до несучої траверси і має зуб евольвентного профілю. Підвіски з'єднано з важілями на рамі за допомогою тяг, що створює умовний паралелограм, а це в свою чергу забезпечує плоскопаралельне переміщення підвісок з ковшами. Підйом і опускання ковшів відбувається при переміщенні в той чи інший бік повзуна, який повертає евольвентний зуб, а отже і несучу раму [2].

22.2. Задачі

1. Визначте потужність двигуна тягнучої чотиривалкової кліті (рис.5.79), якщо $G_c = 310$ кН (максимальна вага злитка, який утримує кліть), $W = 45$ кН (опір витяганню злитка із кристалізатора), $D_b = 0,4$ м (діаметр валків), $n_{дв} = 650$ хв⁻¹, $i = 414$ (передаточне число редуктора), $\eta_0 = 0,85$.
2. Визначте потужність двигуна механізму качання кристалізатора (рис.5.80,б), якщо $F_k = 44$ кН (сила нормального тиску на кулачок), $e_k = 0,0125$ м (ексцентриситет кулачка), $n_k = 75$ хв⁻¹ (частота обертання кулачка), $\eta_0 = 0,85$.

22.3. Контрольні запитання

1. Перерахуйте області застосування неперервного лиття. Дайте порівняльну оцінку переривчастого і неперервного лиття.
2. Зарисуйте принципові схеми машин неперервного лиття, поясніть їх будову та принцип дії, дайте порівняльну оцінку трьом типам машин.
3. Складіть методику розрахунку потужності двигуна механізму витягання злитка вертикальної установки.
4. Зарисуйте схеми механізмів качання кристалізаторів, поясніть їх будову та принцип дії.
5. Поясніть будову і призначення роликів провідок.
6. Поясніть будову і принцип дії машин для введення затравки.
7. Перерахуйте і охарактеризуйте допоміжне устаткування машин неперервного лиття.
8. Зарисуйте схему поворотного розливного стенда, поясніть його будову та принцип дії.
9. Складіть методику розрахунку потужності двигуна механізму поворотної системи платформ.

Тема 23. Специфічне устаткування гідрометалургійного виробництва

23.1. Гідрометалургійні процеси широко використовуються у виробництві глинозему, цинку, нікелю. Основним процесом гідрометалургії є вилуговування - процес видобування одного чи декількох складових твердого матеріалу шляхом розчинення його в рідкому лужному чи кислотному розчиннику. Для вилуговування матеріалів при температурі не більше 110°C застосовують мішалки, дифузори, агітатори, вилуговувачі та інші, а при температурах вище 110°C (для прискорення процесу) - автоклави.

Найбільшого поширення серед мішалок набули ланцюгові, які мають циліндричний кожух і розмішувачий пристрій. Він складається з привода, траверси і ланцюгової підвіски зі сталевими балками [4,5].

Дифузори (рис.5.82,а) застосовують для вилуговування крупнозернистих пористих матеріалів. Їх використовують як апарати періодичної і неперервної дії (з'єднують послідовно у батареї) [4,5].

Автоклави (рис.5.82,б) поділяються на дві основні групи: з обігріванням пульпи паром, яку подають безпосередньо в пульпу, і з обігріванням глухою паром (через змійовики). В першому випадку перемішувачий пристрій не потрібен тому, що перемішування відбувається завдяки дії самої пари. В другому випадку перемішувачий пристрій має бути. Об'єм автоклавів становить від 25 до 100 м^3 , діаметр - $1,6 - 4\text{ м}$, висота - до 15 м , робоча температура - до 240°C , тиск пульпи - $2 - 4\text{ МПа}$. До числа основних елементів автоклавних батарей належать сепаратори (для зниження тиску нагрітого розчину на виході із автоклава)

і випарні апарати (для збільшення концентрації розчину шляхом випарювання розчинників) [4,5].

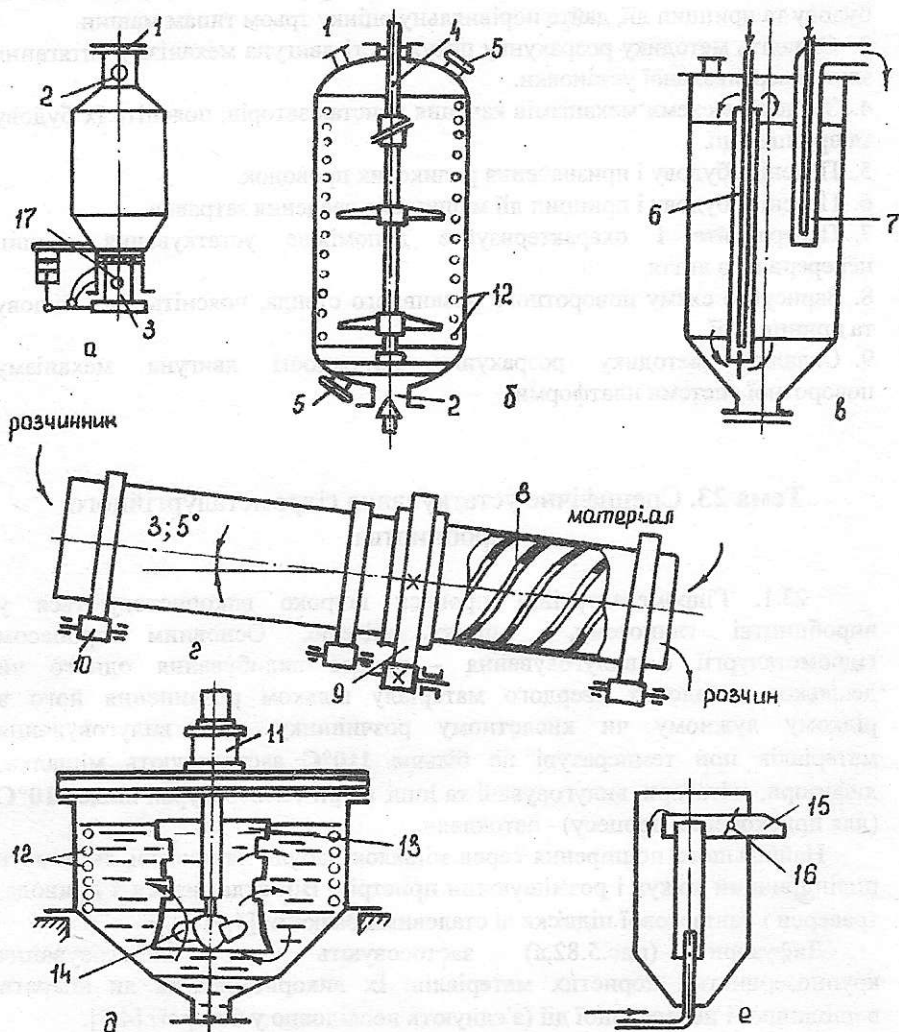


Рис. 5.82. Схеми специфічного устаткування гідрометалургії: а-дифузор; б-автоклав; в-пневматичний декомпозер; г-трубчастий вилуговувач; д-агітатор; е-пневматичний агітатор; 1-завантажувальний лок; 2-зливний патрубок; 3-відкидне днище з решіткою; 4-перемішуючий пристрій; 5-ремонтні локи; 6-перемішуючий аероліфт; 7-транспортуючий аероліфт; 8-спіраль; 9-зубчастий вінець; 10-опорні ролики; 11-привод; 12-підігрівник; 13-дифузор; 14-гвинт; 15-зливний лоток; 16-перекидна заслінка; 17-патрубок для подачі розчинника

У виробництві глинозему для викручування (декомпозиції) лужно-алюмінатних розчинів з виділенням гідрату окису алюмінію

застосовуються механічні і пневматичні декомпозери (рис.5.82,в). Механічні являють собою подобу ланцюгових мішалок великого об'єму (до 800 м^3). Пневматичні застосовуються на нових підприємствах. Їх об'єм досягає 3000 м^3 . Для перемішування і транспортування розчинів в цих декомпозерах використовуються аероліфти, які мають дві труби: зовнішню (з більшим діаметром) і внутрішню (з меншим діаметром). При подаванні стисненого повітря по внутрішній трубі на її виході розчин насичується повітрям, що зменшує його питому вагу і він витісняється більш густим навколишнім середовищем розчину в простір між трубами. На схемі (рис.5.82,в) показано стрілками рух розчину при перемішуванні і розвантаженні [4,5].

Ряд підприємств використовує для вилуговування перколяційні і трубчасті вилуговувачі (рис.5.82,г). Перші являють собою подобу ланцюгового конвейєра з закріпленими на ланках його ланцюгів призматичними ємкостями-перколяторами. Другі мають подобу трубчастих обертальних печей. Різниця полягає в тому, що внутрішня поверхня корпусу вилуговувача має спіральні сталеві полоси. Довжина барабана становить 46 м , діаметр - $3,6 \text{ м}$, частота обертання - до $0,4 \text{ хв}^{-1}$, потужність двигуна - 125 кВт [4,5].

Для вилуговування недогарків (при періодичному способі) застосовують агітатори (рис.5.82,д), які являють собою подобу пропелерних мішалок. Об'єм агітаторів становить $85 - 150 \text{ м}^3$. Наявність в них дифузора дає можливість інтенсифікації процесу [4,5].

В цинковому і нікельовому виробництві застосовують пневматичні агітатори, які ще називаються пачуками. Вони являють собою подобу декомпозерів і мають аналогічний принцип дії (рис.5.82,е). Діаметр їх чана становить $3 - 4 \text{ м}$, висота - $6 - 10 \text{ м}$ [4,5].

23.2. Задачі

1. Визначте питому вагу насиченого повітрям розчину, при якому він буде підніматися вгору і переливатися через вінця зовнішньої труби аероліфта (рис.5.82,в), якщо $H_p = 10 \text{ м}$ (висота зануреної частини труби в розчин), $h = 0,1$ (висота труби над поверхнею розчину), $\gamma = 12 \text{ кН/м}^3$ (питома вага розчину).
2. Визначте потужність двигуна механізму обертання трубчастого вилуговувача, якщо $G_b = 3200 \text{ кН}$ (вага вилуговувача), $Q = 600 \text{ кН}$ (вага матеріалу), $n = 6$ (кількість роликкоопор), $D_p = 0,7 \text{ м}$ і $d_p = 0,2 \text{ м}$ (зовнішній діаметр і діаметр цапфи ролика), $D_6 = 2,8 \text{ м}$ (діаметр бандажа), $n_b = 0,4 \text{ хв}^{-1}$ (частота обертання барабана), $\psi = 60^\circ$ (кут розміщення двох протилежних роликкоопор), $\mu = 0,015$, $k = 0,0008 \text{ м}$, $\beta = 2,2$, $\eta_0 = 0,66$.

23.3. Контрольні запитання

1. Перерахуйте області застосування гідрометалургійних процесів. Охарактеризуйте гідрометалургійне устаткування.
2. Зарисуйте схему дифузора, автоклава, декомпозиера механічного і пневматичного, поясніть їх будову та принцип дії.
3. Зарисуйте схему трубчастого (барабанного) вилуговувача, поясніть його будову та принцип дії, складіть методику розрахунку потужності двигуна механізму його обертання.

Тема 24. Специфічне устаткування цехів для виробництва титану і магнію

24.1. До числа специфічного устаткування титанового виробництва можна віднести: печі неперервного коксування брикетів; шахтні хлоратори; установки відновлення і сепарації; пристрої для виймання і переробки блоків губчатого титану та інші.

Печі неперервного коксування (ПНК) брикетів із титаномісткої сировини являють собою подобу шахтних плавильних печей і мають три зони (завантаження, коксування і охолодження) (рис.5.83,а). Завантажують печі саморозвантажними к'юбелями (циліндричні бункери з конічним рухомим днищем). В зоні нагрівання, футерованій вогнетривкою цеглою, необхідна температура створюється газовими пальниками, які розташовують під кутом 30° до вертикалі. Холодильник складається із декількох труб, об'єднаних в одну конструкцію, між стінками якої циркулює вода. Коксовані брикети розвантажуються на двоярусний віброконвейер, який є одночасно грохотом для відсівання дріб'язку [5].

Для хлорування титаномістких шлаків застосовують різні конструкції хлораторів, серед яких поширення набули шахтні хлоратори (ШХ) (рис.5.83,б). Брикети завантажують зверху спеціальним герметичним живильником золотникового типу. Знизу за допомогою фурм подається хлор. Реакція взаємодії проходить з виділенням великої кількості тепла. При цьому, за винятком першого пуску, не має потреби застосовувати допоміжні джерела тепла. Внутрішня поверхня кожуху захищається від дії високих температур спеціальною футеровкою. Внаслідок реакції одержують чотирихлористий титан ($TiCl_4$), який має різні домішки. Для вивантаження непрохлорованих залишків застосовують герметичні гвинтові розвантажники [5].

Очистку $TiCl_4$ ведуть в декілька стадій в ректифікаційних колонах і дистиляційних кубах [5].

Губчатий титан одержують, переважно, магнієтермічним відновленням $TiCl_4$ з подальшою вакуумною сепарацією. Установка для відновлення (рис.5.83,в) складається із двох основних частин: апарата відновлення і електрпечі. Апарат має ретору із сталі X18H9T, кришку,

фальшиве днище і зливний пристрій. В кришці є патрубки для завантаження $TiCl_4$ і рідкого магнію, а також патрубков з магнієвою заглушкою. Зливний отвір призначається для періодичного зливу хлористого магнію, який утворюється в процесі реакції (магній є більш активним по відношенню до хлору, ніж титан), і перекривається конічним клапаном. Процес ведуть в середовищі нейтрального газу (аргону). Внаслідок відновлення утворюється титанова губка і хлористий магній, який періодично зливають [5].

Після відновлення губку очищають від залишків магнію і хлористого магнію методом вакуумної сепарації, суть якої полягає в тому, що при температурі $950 - 1000^\circ C$ і залишковому тиску $1 \cdot 10^{-3}$ мм.рт.ст. магній інтенсивно випаровується, титан при цій температурі залишається в твердому стані. Апарат сепарації (рис.5.83,г) являє собою компоновку двох реторт - нижньої і верхньої з кришками, між якими розташовується набір екранів. Внутрішні об'єми реторт до початку сепарації роз'єднані магнієвою заглушкою. Верхня реторта є конденсатором. Після підігрівання нижньої реторти за допомогою електропечі магнієва заглушка розплавляється і об'єми обох реторт з'єднуються. Конденсатор осідає на стінках верхньої реторти [5].

Після сепарації реторти з губкою ідуть у відділення, яке має устаткування для виймання титанових блоків. На рис.5.84,а показана схема установки для витрушування. Принцип її дії полягає в тому, що піднята пневмоциліндром на обумовлену висоту реторта з блоком падає вниз з наступною різкою зупинкою внаслідок удару корзини об амортизатор. В цьому випадку виникають великі сили інерції, які ведуть до випадання блоків із реторт. Проте, в деяких випадках блок не витрушується і причиною тому є міцна гарнісажна корка, яка утворюється в середині реторти над блоком. Тому виникає необхідність в підрізанні гарнісажної корки. Для здійснення цієї операції і одночасно виштовхування блоків застосовуються спеціальні установки (рис.5.84,б). Підрізання корки провадять ножем, який має управління від гідроциліндра, при періодичному обертанні реторти. Виштовхують блок гідроциліндром через зливний патрубок, діючи штемпелем на фальшиве днище [5].

Для одержання товарного губчатого титану вийняті блоки роздрібнюють до необхідної фракції і сортують. На деяких підприємствах для крупного дрібнення блоків використовують ексцентрикові преси, які пристосовані для цього, а для середнього і дрібного подрібнювання - щоківі дробарки. В той же час в нових цехах для крупного дріблення застосовують гідравлічні установки рис.5.85,а, які являють собою гідравлічний прес двуколонної конструкції з рухомим столом і нижнім розміщенням робочих гідроциліндрів. Ріжучій ніж кріпиться на верхній траверсі рухомої рами, яка утворюється двома колонами і траверсами (верхньою і нижньою). При робочому русі гідроциліндрів (головного і двох допоміжних) рама опускає ніж, який послідовно руйнує блок.

Положення блока коректують за допомогою рухомого стола. Стіл може переміщатися вперед на 500 мм і назад на 1200 мм. Головний циліндр розвиває зусилля 8,9 - 13,3 МН, допоміжні - 1,25 - 1,85 МН. Для усунення горизонтальних зусиль під час різання передбачено переміщення стола в горизонтальному напрямку [5].

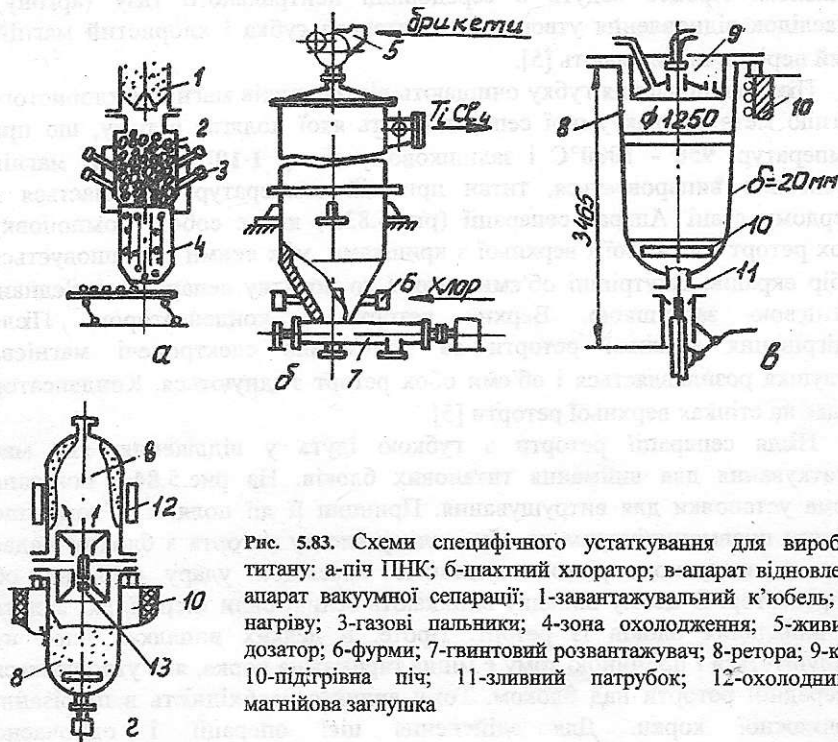


Рис. 5.83. Схеми специфічного устаткування для виробництва титану: а-піч ПНК; б-шахтний хлоратор; в-апарат відновлення; г-апарат вакуумної сепарації; 1-завантажувальний к'юбель; 2-зона нагріву; 3-газові пальники; 4-зона охолодження; 5-живильник-дозатор; 6-фурми; 7-гвинтовий розвантажувач; 8-ретора; 9-кришка; 10-підігрівна піч; 11-зливний патрубок; 12-охолодник; 13-магнійова заглишка

Для середнього і дрібного дріблення в нових цехах застосовують клинові та дискові дробарки, які мають однакову принципову схему (рис.5.85,б). Кожна дробарка має два вали, на яких закріплено зубчасті колеса і ріжучі елементи (клинові ножі чи диски) в шаховому порядку. Ріжучі елементи виготовляють із сталі 2ХВ2С. Залежно від крупності дріблення на валки насаджують три чи п'ять ножів (дисків). Для крупної фракції застосовують три ножі (диски): два на одному і один на другому валках; для більш дрібної - п'ять ножів (дисків): два на одному і три на другому валках. Діаметр ножів: клинових - 900 мм, дискових - 980 мм, частота обертання валків - $1,075 \text{ хв}^{-1}$, потужність двигуна - 75 кВт.

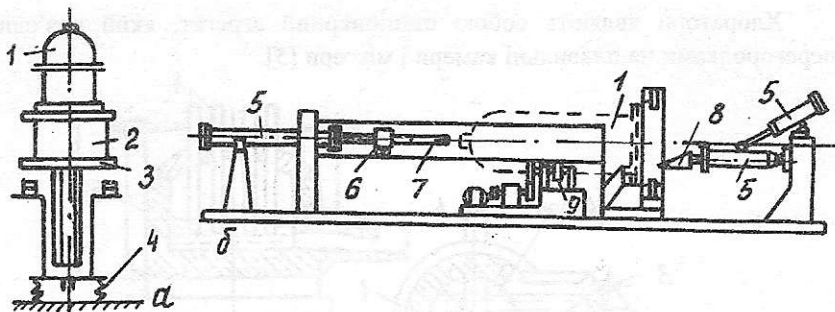


Рис. 5.84. Схеми установки для витрупування (а) і гідралічного преса для підрізування гарнісажної корки і виштовхування блоків губки (б): 1-реторта з блоком; 2-корзина; 3-підійомно-падаючий стіл; 5-гідроциліндри; 6-каретка; 7-штемпель; 8-ножі; 9-приводні ролики

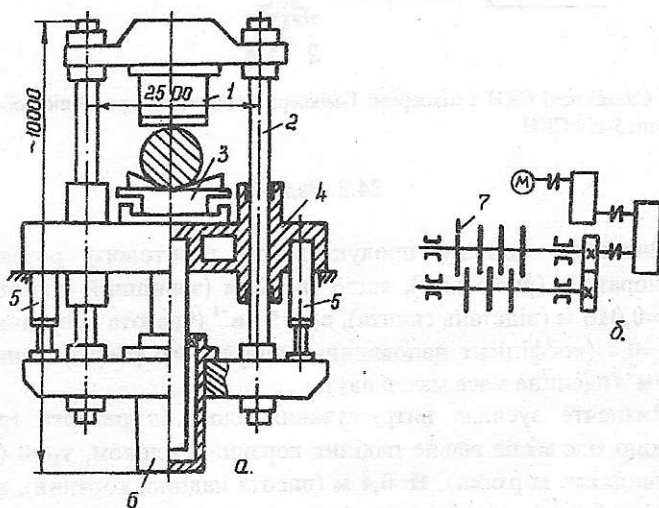


Рис. 5.85. Схеми устаткування для роздрібнювання титанової губки: а-гідропрес для крупного роздрібнювання; б-дискова (чи клинова) дробарка для середнього і дрібного роздрібнювання; 1-ніж; 2-колони; 3-рухомий стіл; 4-нерухома траверса; 5-допоміжні гідроциліндри; 6-головний гідроциліндр; 7-вал з дисками (чи клиноподібними ножами)

До числа специфічного устаткування магнієвого виробництва належать агрегати для останньої третьої стадії обезводнювання карналіту. Процес обезводнювання ведуть в електричних печах СКН (стаціонарні, карналітові, неперервної дії) і хлораторах. Піч СКН являє собою агрегат (рис.5.86), який складається із власної печі і одного чи двох електроміксерів, з'єднаних з піччю переливним пристроєм. Піч - стаціонарна, а міксер має можливість обертатись відносно цапф, які розташовують біля зливного носика льотки. Нахил міксера ведеться двома хитними гідроциліндрами [5].

Хлоратори являють собою стаціонарний агрегат, який роз'єднано перегородками на плавильні камери і міксери [5].

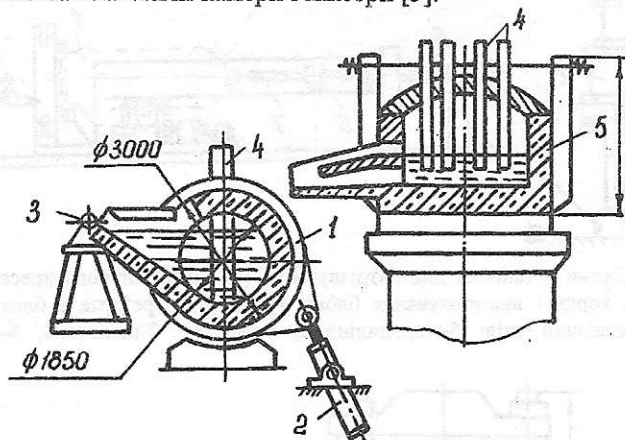


Рис. 5.86. Схема печі СКН з міксером: 1-міксер; 2-гідроциліндри; 3-вісь обертання міксера; 4-електроди; 5-піч СКН

24.2. Задачі

1. Визначте годинну продуктивність гвинтового розвантажувача хлоратора (рис.5.83,б), якщо $D=0,2$ м (зовнішній діаметр гвинта), $S=0,016$ м (відстань гвинта), $n_r=15$ хв⁻¹ (частота обертання гвинта), $\psi=0,4$ (коефіцієнт наповнення поперечного розрізу гвинта), $\gamma=2,1$ т/м³ (насипна маса матеріалу).
2. Визначте зусилля витрушування блока із реторти (рис.5.84,а), якщо має місце вільне падіння корзини з блоком, $v_{п}=0$ (початкова швидкість корзини), $H=0,4$ м (висота падіння корзини), $m_k=800$ кг (маса блока), $t_r=0,1$ с (час гальмування корзини після удару).
3. Визначте площу гідроциліндра механізму виштовхування преса (рис.5.84,б), якщо $D=1,0$ м (діаметр реторти), $H=0,25$ м (висота гарнісажної корки), $q=127,5$ кН/м² (питоме зчеплення корки з ретортою), $p_p=10$ МПа (робочий тиск в циліндрі), $d_{шт}=0,5D_{ц}$ (діаметр штока), $\eta_{ц}=0,85$ (ККД циліндра), $\eta=0,9$ (ККД каретки).

24.3. Контрольні запитання

1. Зарисуйте схему печі ПНК, поясніть її будову та принцип дії.
2. Зарисуйте схему шахтного хлоратора, поясніть будову та принцип його дії.
3. Зарисуйте схему агрегатів відновлення і вакуумної сепарації, поясніть їх будову та принцип дії.

4. Зарисуйте схему устаткування для виймання титанових блоків з реторт, поясніть його будову та принцип дії.
5. Зарисуйте схеми преса і дробарки для дріблення титанової губки, поясніть їх будову та принцип дії.
6. Складіть методику визначення параметрів гідроциліндрів дріблення губки преса.
7. Зарисуйте схему печі СКН з міксером, поясніть їх будову та принцип дії.

Тема 25. Устаткування для очищення газів і виробничих стічних вод

25.1. Устаткування для очищення газів від пилу умовно можна поділити на дві групи: устаткування для сухого очищення і устаткування для мокрого очищення. До першої групи належать пилові камери, циклони, батарейні циклони, електрофільтри, рукавні фільтри, до другої - прямоточні циклони, скрубери ударної дії, скрубери з насадком, порожнисті скрубери, електрофільтри, ежекційні розпилювачі та інші [3,7].

Застосування пилових камер (рис.5.87,а) обмежено із-за великих габаритів і низької ефективності (частки пилу менш 5мкм не уловлюються). Як самостійні апарати, пилові камери застосовуються лише в окремих випадках. Принцип уловлювання полягає в тому, що частки, які переносяться потоком газу, при входженні в розширену зону камери втрачають швидкість і випадають із потоку [3,7].

Циклони - найбільш поширені серед пилоуловлюючих апаратів. Принципова схема циклона показана на рис.5.87,б. Запилений газовий потік вводиться в циклон по дотичній, завдяки чому утворюється зовнішній і внутрішній вихори. Із зовнішнього вихору частки випадають на дно. Висока ефективність циклонів досягається при уловлюванні часток пилу за розміром не менше 15 - 20 мкм [3,7].

Батарейні циклони (рис.5.87,в), які з'єднуються у великі групи, відрізняються від звичайних наявністю на виході направляючого апарата. Останній має вигляд розетки чи гвинта. Ці циклони більш складні, чим звичайні, і застосовуються там, де необхідна їх висока продуктивність [3,7].

Рукавні фільтри (рис.5.87,г) є найбільш поширеними уловлювачами надзвичайно дрібних часток пилу. Головними елементами цих фільтрів є рукави, які виготовляються із тканин натуральних (шерсть, бавовна, льон), скляних (скляне волокно) і синтетичних (капрон, нейлон, силон, лавсан, декрон, нітрон, орлон, пан). Для очищення рукавів від пилу їх періодично струшують і продувають чистим газом [3,7].

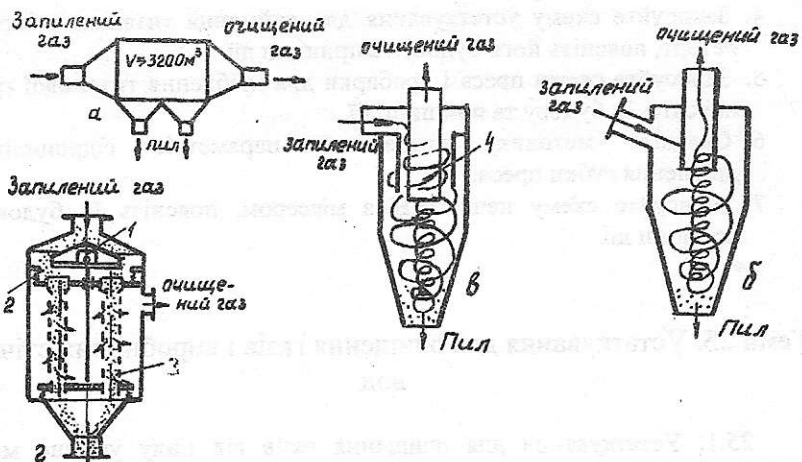


Рис. 5.87. Схеми апаратів сухої очистки газів від пилу: а-пилова камера; б-циклон; в-батареяний циклон; г-рукавний фільтр; 1-струшувачий пристрій; 2-пружні стінки; 3-рукав; 4-направляючий апарат

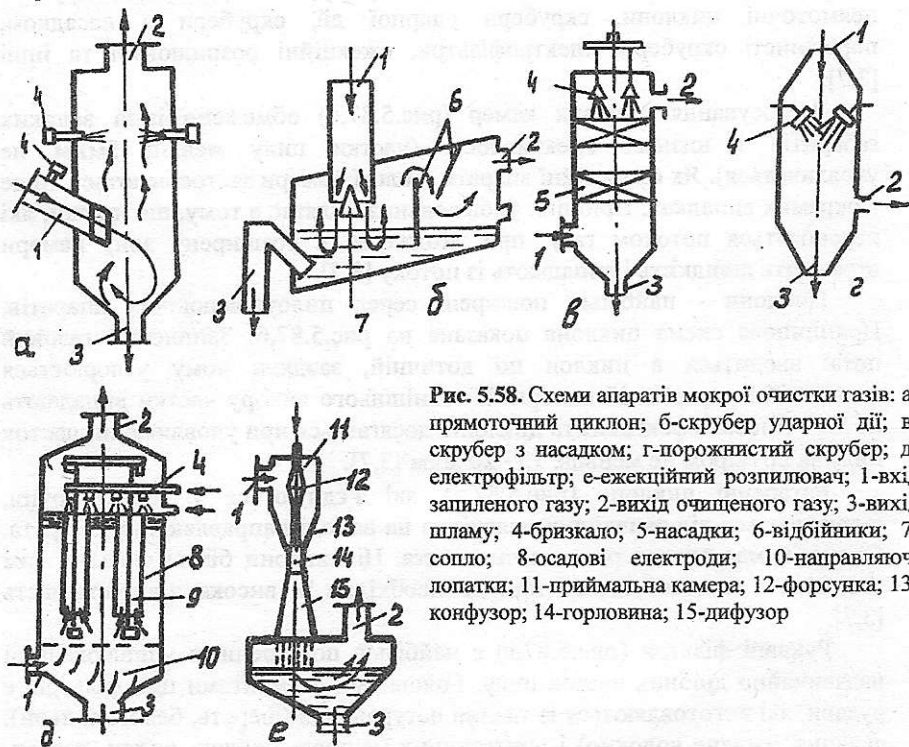


Рис. 5.58. Схеми апаратів мокрої очистки газів: а-прямоточний циклон; б-скрублер ударної дії; в-скрублер з насадком; г-порожнистий скрублер; д-електрофільтр; е-ежекційний розпилювач; 1-вхід запиленого газу; 2-вихід очищеного газу; 3-вихід пламу; 4-бризкало; 5-насадки; 6-відбійники; 7-сошло; 8-осадкові електроди; 10-направляючі лопатки; 11-приймальна камера; 12-форсунка; 13-конфузор; 14-горловина; 15-дифузор

Принцип дії прямоточних циклонів (рис.5.88, а) такий же, як і принцип дії звичайних циклонів. Відміна полягає в тому, що прямоточні циклони мають водяне зрошення, завдяки чому зростає ефективність уловлювання ними надзвичайно дрібних часток [7].

Скрубери ударної дії (рис.5.88,б) характеризуються більш високим ККД уловлення (98 - 99 %). Принцип їх дії полягає в тому, що газовий потік, рухаючись з великою швидкістю (35 - 55 м/с), б'ється об поверхню рідини. В цьому випадку утворюється завіса із крапель, в якій і відбувається уловлювання пилу [3,7].

Серед апаратів мокрого очищення найбільш поширені скрубери з насадком (рис.5.88,в) і порожнисті (рис.5.88,г). В скруберах з насадком, який призначається для утворення більшої поверхні взаємодії пилу з водою, гази вводяться знизу і виводяться зверху. Для насадків застосовуються кускові матеріали (кокс, кварц та інші), керамічні кільця, дерев'яні рейки і т. інш. В порожнистих скруберах гази вводяться зверху і виводяться знизу. Їх ефективність істотно нижча і вони застосовуються частіше для охолодження газів перед їх подачею в рукавні фільтри [3,7].

Електрофільтри виконуються для сухого і мокрого очищення (рис.5.88,д). Принцип їх очищення один і той же (пил осідає на електроди), але у них застосовуються різні способи віддалення пилу з осадкових електродів. В першому випадку пил віддаляють шляхом нанесення ударів по електродам, в другому випадку пил зливається водою. Електрофільтри мають високу продуктивність і в той же час можливість застосування при очищенні газів з більш високими температурами, ніж рукавні фільтри [3,7].

Ежекційні розпилювачі входять до складу швидкісних турбулентних пилоуловлювачів (рис.5.88,е). Тут вода, яка подається з потоком запиленого газу, рухається з великою швидкістю (70 - 100 м/с) і розбивається на дрібні краплі, а вони активно взаємодіють з частками пилу і спричиняють їх випадання з потоку. Апарати мають високий ККД (97 - 99 %) [3,7].

При очищенні промислових стічних вод застосовуються три основні методи: механічний, фізико-хімічний, біологічний.

При механічному очищенні воду проціджують, відстоюють, фільтрують чи використовують ефект відцентрового розділення в центрифугах і циклонах.

Фізико-хімічне очищення стає одним із основних методів знешкодження стічних вод, а флотація, екстракція і сорбція - найбільш поширеними операціями. В основі процесу флотації лежить молекулярне злипання часток домішок і дрібних бульбашок повітря у воді. Забруднену воду насичують бульбашками повітря, які тягнуть на поверхню тверді частки домішок. Екстракція ґрунтується на переважному розчиненні (екстракції) забруднюючої речовини в одній із двох взаємонерозчинних рідин при їх контакті. Як екстрагенти використовують бензол, чотирихлористий вуглець і бутилацетат. Метод сорбції полягає в тому, що

в стічну воду подають сорбенти (тирса, попіл, торф, глина, кокс, активні вуглі), які поглинають домішки.

Біологічні методи застосовуються для віддалення з води розчинних органічних речовин. Тут використовують ґрунти, проточні і замкнуті водоймища і спеціальні споруди (біофільтри, аеростінки та інші) [3,8].

25.2. Контрольні запитання

1. Поясніть роль устаткування для очищення газів і промислових стічних вод у виробничій і соціальній сферах, виконайте його класифікацію.
2. Зарисуйте схеми апаратів сухого очищення газів (пилова камера, циклон, батарейний циклон, рукавний фільтр), поясніть їх будову та принцип дії, дайте порівняльну оцінку.
3. Зарисуйте схеми апаратів мокрого очищення газів (прямоточний циклон, скруббер, електрофільтр, ежекційний розпилювач), поясніть їх будову і принцип дії, дайте порівняльну оцінку.
4. Перерахуйте і охарактеризуйте методи очищення стічних промислових вод.

6. КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

6.1. Контрольні завдання на тему «Визначення потужності двигуна скіпової лебідки»

Величини і їх розмірність	Варіанти					
	1	2	3	4	5	6
Місткість скіпа, $V, \text{ м}^3$	5,5	7	8	10	14	17
$G, \text{ кН}$	60	75	95	100	175	232
$D, \text{ м}$	0,45	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7
$d, \text{ м}$	0,1	0,1	0,11	0,11	0,15	0,18
μ	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
k	0,0009	0,00085	0,0008	0,0008	0,00075	0,00072
β	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
$D_{ш}, \text{ м}$	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,4
$d_{ш}, \text{ м}$	0,18	0,2	0,2	0,2	0,24	0,3
μ_k	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
β_k	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
$\varphi, \text{ град}$	170	170	170	170	170	170
$d_k, \text{ м}$	0,039	0,039	0,039	0,043	0,047	0,052
$q, \text{ Н/м}$	51	51	51	61	74	90
$D_6, \text{ м}$	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,4
$\alpha, \text{ град}$	59	56	55	53,5	54	50
$L_{II}, \text{ м}$	70	80	85	90	95	100
$L_{III}, \text{ м}$	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
$L_{23}, \text{ м}$	2,5	2,7	2,8	2,9	3,2	3,5
$L_{34}, \text{ м}$	30	32	36	40	48	52
$L_{45}, \text{ м}$	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,5
$L_{56}, \text{ м}$	10	12	12	16	18	20
$v_m, \text{ м/с}$	3,1	3,2	3,3	3,55	3,6	3,6
$v_p, \text{ м/с}$	0,6	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0
$a_1, \text{ м/с}^2$	0,5	0,45	0,42	0,35	0,3	0,3
$a_2, \text{ м/с}^2$	0,85	0,8	0,7	0,65	0,6	0,6
$a_4, \text{ м/с}^2$	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
$a_6, \text{ м/с}^2$	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
$\ell_p, \text{ м}$	6,0	6,5	6,5	7	8	9
$\ell_1, \text{ м}$	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
i	27,3	25,3	25,8	18,6	18,6	18,6
i_1	6,8	6,8	6,8	7,1	7,1	7,1
i_2	4,0	3,72	3,79	2,62	2,62	2,62
$GD_m^2, \text{ Нм}^2$	48	55	60	65	75	86

$GD_r^2, \text{Нм}^2$	80	108	120	150	170	190
$\dot{I}_1, \text{кгм}^2$	3	3,5	4	5	8	10
$\dot{I}_2, \text{кгм}^2$	260	300	370	415	550	700
$\dot{I}_3, \text{кгм}^2$	5,5	7	10	12	14	18
$\dot{I}_4, \text{кгм}^2$	4,5	6	9	11	13	17
$\dot{I}_5, \text{кгм}^2$	2800	3400	3800	4040	5100	8000
$\dot{I}_6, \text{кгм}^2$	5120	6150	6200	6700	7100	8000
$\dot{I}_{ш}, \text{кгм}^2$	450	480	520	560	600	620
η	0,88	0,89	0,9	0,9	0,9	0,9

Підваріанти	Подача і час завантаження скіпів
А	(2руди + 1агломерату + 2коксу), $t_p=7c, t_k=10c, t_a=9c$;
Б	(1руди + 1скрапу + 2коксу), $t_p=7c, t_k=10c, t_c=8c$;
В	(1руди + 1скрапу + 1коксу), $t_p=7c, t_c=8c, t_k=10c$;
Г	(1руди + 1агломерату + 1коксу), $t_p=7c, t_a=9c, t_k=10c$;
Д	(2руди + 1агломерату + 1коксу), $t_p=7c, t_a=9c, t_k=10c$;
Е	(2скрапу + 1агломерату + 1коксу), $t_c=8c, t_a=9c, t_k=10c$;

6.2. Контрольні завдання на тему «Визначення потужності двигуна механізму обертання колони кранової завальної машини»

Величини і їх розмірність	Варіанти					
	1	2	3	4	5	6
$v_B, \text{м/с}$	0,5	0,55	0,55	0,6	0,65	0,7
$t_{PB}, \text{с}$	1,5	1,5	1,75	2,0	2,2	2,5
$v_M, \text{м/с}$	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45
$t_{PM}, \text{с}$	4	4,5	5,0	5,5	6	6,5
$n_{K2}, \text{ХВ}^{-1}$	3,5	3,55	3,6	3,65	3,7	3,75
$t_{PK2}, \text{с}$	1,65	1,7	1,75	1,85	2,0	2,15
$z_c, \text{м}$	2,45	2,5	2,55	2,6	2,75	2,8
$h, \text{м}$	1,85	1,9	1,95	2,0	2,1	2,15
$R_0, \text{м}$	0,65	0,67	0,68	0,7	0,75	0,8
$R_1, \text{м}$	0,4	0,4	0,45	0,5	0,5	0,5
$R_2, \text{м}$	0,4	0,4	0,45	0,5	0,5	0,5
μ_1	0,102	0,103	0,105	0,106	0,107	0,108
μ_2	0,014	0,0145	0,0148	0,015	0,0155	0,016
$d_1, \text{м}$	0,2	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26
$u_c, \text{м}$	0,08	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16

$x_c, \text{ м}$	0,78	0,8	0,83	0,85	0,87	0,89
i	168	174	178	185	192	198
η	0,72	0,72	0,74	0,74	0,76	0,76
$\dot{I}_{\text{гш}}, \text{ кгм}^2$	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25

Підваріанти	Значення Q і $\Sigma \dot{I}_i$	
А	$Q=260\text{кН},$	$\Sigma \dot{I}=230000\text{кгм}^2$
Б	$Q=270\text{кН},$	$\Sigma \dot{I}=240000\text{кгм}^2$
В	$Q=280\text{кН},$	$\Sigma \dot{I}=250000\text{кгм}^2$
Г	$Q=290\text{кН},$	$\Sigma \dot{I}=260000\text{кгм}^2$
Д	$Q=300\text{кН},$	$\Sigma \dot{I}=270000\text{кгм}^2$
Е	$Q=310\text{кН},$	$\Sigma \dot{I}=280000\text{кгм}^2$

6.3. Контрольні завдання на тему «Визначення потужності двигуна механізму качання хобота наземної завальної машини»

Величини і їх розмірність	Варіанти					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
$G_1, \text{ кН}$	68	68	70	70	72	75
$G_2, \text{ кН}$	53	55	55	56	56	56
$G_3, \text{ кН}$	3,12	3,14	3,16	3,2	3,25	3,3
$G_4, \text{ кН}$	17,0	17,1	17,15	17,15	17,3	17,5
$G_5, \text{ кН}$	48	52	51	52	53	53
$G_6, \text{ кН}$	18,2	18,35	18,15	18,3	18,5	19
$G_7, \text{ кН}$	23	24	22	24	24	25
$l, \text{ м}$	7,0	7,0	7,05	7,1	7,15	7,2
$l_1, \text{ м}$	3,05	3,08	3,11	3,11	3,12	3,14
$l_2, \text{ м}$	0,87	0,87	0,88	0,89	0,9	0,91
$l_3, \text{ м}$	2,165	2,17	2,18	2,18	2,19	2,2
$l_4, \text{ м}$	1,31	1,15	1,16	1,18	1,18	1,19
$l_5, \text{ м}$	1,6	1,62	1,64	1,66	1,67	1,68
$l_6, \text{ м}$	2,29	2,3	2,32	2,35	2,37	2,39
$l_7, \text{ м}$	3,37	3,374	3,376	3,38	3,382	3,384
$L, \text{ м}$	3,4	3,4	3,4	3,4	3,41	3,41
$a, \text{ м}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$b, \text{ м}$	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
$c, \text{ м}$	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28

e, м	0,03	0,026	0,024	0,02	0,028	0,026
r, м	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435	0,435
i_0	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3
η	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
\dot{I}_r , кгм ²	14,5	14,8	15,1	15,2	15,3	15,5
\dot{I}_m , кгм ²	2,6	2,7	2,75	2,8	2,85	2,9
δ	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15

Підваріанти	Значення Q, n _к , t _{p(r)}		
А	Q=140кН,	n _к =15 хв ⁻¹	t _{p(r)} =2с
Б	Q=142кН,	n _к =14 хв ⁻¹	t _{p(r)} =2,2с
В	Q=145кН,	n _к =13 хв ⁻¹	t _{p(r)} =2,4с
Г	Q=150кН,	n _к =12 хв ⁻¹	t _{p(r)} =2,6с
Д	Q=155кН,	n _к =11 хв ⁻¹	t _{p(r)} =2,8с
Е	Q=160кН,	n _к =10хв ⁻¹	t _{p(r)} =3,0с

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т.1. Машины и агрегаты доменных цехов. Учебник для вузов / Целиков А.И., Полухин П.М., Гребеник В.М. и др. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Металлургия, 1987.- 440 с.
2. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т.2. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов. Учебник для вузов / Целиков А.И., Полухин П.М., Гребеник В.М. и др. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Металлургия, 1988.- 432 с.
3. Механическое оборудование заводов цветной металлургии: Учебник для вузов. В 3-х частях. Ч.2. Кохан Л.С., Сапко А.И., Жук А.Я., Механическое оборудование цехов для производства цветных металлов.- М.: Металлургия, 1988.- 328 с.
4. Басов А.И., Ельцев Ф.П. Справочник механика заводов цветной металлургии.- М.: Металлургия, 1981.- 496 с.
5. Основы металлургии.- Т.7 /Под ред. А.И Басова.-М.: Металлургия, 1975.- 1008 с.
6. Механизация производства алюминия /Таненбаум Л.И., Беляев А.С., Капустин М.И. и др.- М.: Металлургия, 1982.- 136 с.
7. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве.- М.: Металлургия, 1990.- 400 с.
8. Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод.- М.: Стройиздат, 1977.-204 с.

Допоміжна

9. Щиренко Н.С. Механическое оборудование доменных цехов.- М.: Металлургия, 1962.- 524 с.
10. Иванченко Ф.К., Павленко Б.А. Механическое оборудование сталеплавильных цехов.- М.: Металлургия, 1964.- 440 с.
11. Сапко А.И. Механическое оборудование цехов спецэлектрометаллургии.- М.: Металлургия, 1983.- 200 с.

ЗМІСТ

1. Короткий словник	3
2. Рекомендації по вивченню дисципліни	10
3. Загальні відомості про механічне устаткування	12
4. Основні теоретичні положення при розрахунку потужності двигунів механізмів і машин	14
5. Механічне устаткування, його будова, принцип дії, характеристика та методи розрахунків	30
Тема 1. Загальні відомості про плавильне устаткування. Ресурсозбереження	30
Тема 2. Визначення центрів тяжіння емкостей з металом і розплавом	33
Тема 3. Розрахунок важільних механізмів	38
Тема 4. Устаткування відбивних і шахтних печей	42
Тема 5. Устаткування міксерного відділення	53
Тема 6. Устаткування горизонтальних конверторів. Агрегати конверторного типу	56
Тема 7. Устаткування вертикальних конверторів	59
Тема 8. Устаткування руднотермічних печей	73
Тема 9. Устаткування дугових електропечей	78
Тема 10. Устаткування для подачі шихти на колошник шахтних печей.	
Скіпові підйомники	93
Тема 11. Устаткування для завантаження відбивних, мартенівських і електричних дугових печей	111
Тема 12. Устаткування для завантаження конверторів скрапом	127
Тема 13. Устаткування для обслуговування льоток	130
Тема 14. Устаткування для обробки колошника руднотермічних печей	133
Тема 15. Устаткування для ремонту і заміни футеровки	135
Тема 16. Устаткування електропечей для виробництва високоякісних металів і сплавів	138
Тема 17. Устаткування електролізного виробництва	146
Тема 18. Устаткування для транспортування металів та шлаків	158
Тема 19. Устаткування для розливання сталі у виливниці	166
Тема 20. Устаткування для розливання металів в чушки і аноди	174
Тема 21. Устаткування установок преривчастого лиття..	186
Тема 22. Устаткування машин (установок) неперервного лиття заготовок	188
Тема 23. Специфічне устаткування гідрометалургійного виробництва	193
Тема 24. Специфічне устаткування цехів для виробництва титану і магнію	196
Тема 25. Устаткування для очищення газів і виробничих стічних вод	201
6. Контрольні завдання	205
Література	209