

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з виконання лабораторних робіт

**з навчальної дисципліни “ Фінішні операції при виготовленні
відливок ”**

для студентів денної та заочної форми

для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка

Затверджено редакційно-
видавничою радою
університету, протокол
№ 1 від 15.02.2024 р.

Харків
НТУ «ХП»
2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Фінішні операції при виготовленні відливок» » для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю 131 Прикладна механіка рівня магістр / Уклад. : Берлізева Т. В., Масалітіна О.В.. – Харків: НТУ «ХП», 2024. – 44 с.

Укладач: Берлізева Т. В.

Рецензент: Акімов О. В.

Кафедра ливарного виробництва

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальності 131 Прикладна механіка рівня магістр.

Лабораторні роботи являють собою невеликі дослідження, що дозволяють студентам більш детально ознайомитися з основними видами фінішних операцій при виготовленні виливок.

Кожна лабораторна робота містить перелік матеріалів, короткий виклад теоретичних відомостей і методів дослідження, порядок виконання, що допомагає студентам правильно і усвідомлено виконати практичну частину роботи і зробити висновки.

Мета методичних вказівок – допомогти студентам більш глибоко вивчити особливості методів та технології фінішних операцій при виготовленні виливок, розвинути навички самостійної роботи та наукового дослідження.

1. РОЗРАХУНОК ЕКСЦЕНТРИКОВОЇ ВИБИВНОЇ РЕШІТКИ

Мета роботи – вивчити роботу й освоїти методики розрахунку електромеханічних (ексцентрикових) решіток.

1.1. Загальні положення

Вибивка – технологічна операція, пов'язана з руйнуванням піщаної форми, в результаті існування якої з'являється продукт ливарного цеху – відливка [1].

Щоб уникнути спотворення конфігурації, утворення тріщин та інших дефектів виливків, вибивання слід проводити тільки після завершення процесів кристалізації розплаву і формування виливків у формі.

Вибивання форми з опок і вибивання виливків з форми - найважчі за своїми санітарно-гігієнічними умовами операції з усього циклу виготовлення виливків, оскільки супроводжується великим пило-, газо- і тепловиділенням і високим рівнем шуму.

Зважаючи на велику різноманітність форм, що піддаються вибиванню, в ливарних цехах застосовують широку номенклатуру обладнання для вибивання виливків. Найпоширенішим видом вибивного обладнання, застосовуваного для вибивання форм будь-якої маси, в цехах з різним характером виробництва є електромеханічні решітки ексцентрикового та інерційного типів.

Робочий процес вибивних решіток полягає в такому. Форму, що вибивається, в зборі або окрему опоку з напівформою після попереднього розбирання форми встановлюють на полотно решітки, якому повідомляють коливальний рух.

За відповідного вибору параметрів системи в момент, коли її прискорення досягає величини прискорення сили тяжіння, відбувається відрив опоки від решітки, і подальший рух системи супроводжується послідовними зіткненнями опоки з полотном решітки. У момент зіткнень на опоку з боку решітки діють інерційні ударні сили, що чинять руйнівну дію на ущільнену суміш у формі й зумовлюють ефект вибивання. Робота вибивних установок буде ефективнішою, якщо в момент падіння і удару по вибивній установці опока має максимальну швидкість. Вдарившись об решітку, вона знову піднімається вгору, цикл руху повторюється. Згідно з досвідченими даними значення коефіцієнта відновлення швидкості (або коефіцієнта відбиття) під час удару опоки перебуває в межах $R = 0,12 - 0,25$. Певному ступеню пружності удару і відповідному коефіцієнту відбиття відповідає кілька режимів роботи з різними фазовими кутами ϕ . Однак не за кожного його значення може бути стійким режим періодичного руху системи "опока – решітка" (рис. 1.1).

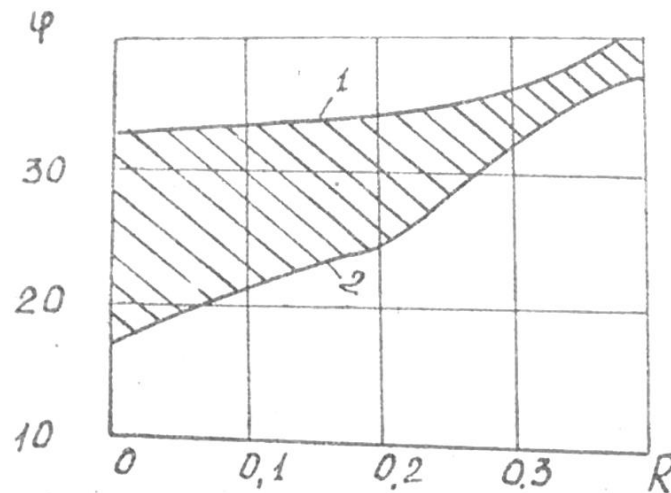


Рис. 1.1 Взаємозв'язок фазового кута зіткнення φ і коефіцієнта відбиття R : 1 – верхня межа стійких режимів. 2 – лінія оптимальних режимів.

Продуктивність вибивних решіток також залежить від ступеня ущільнення форми, складу формувальної суміші, розмірів опоки, а в разі опок із хрестовинами – від розмірів комірок.

1.2. Розрахунок ексцентрикової вибивної решітки

Вибивна ексцентрикова решітка (рис. 1.2) являє собою корпус решітки, що має зверху робоче полотно, на яке встановлюють опоки з фермою, що вибивається. Ексцентриковий вал, що обертається в підшипниках рами, піднімає корпус решітки на величину ексцентриситету a .

Обертання передається або безпосередньо від електродвигуна через муфту, або через клиноремінну передачу. Амплітуда і частота коливань корпусу визначається ексцентриситетом і кутовою швидкістю приводного вала. Причому амплітуда є постійною величиною, що дорівнює ексцентриситету.

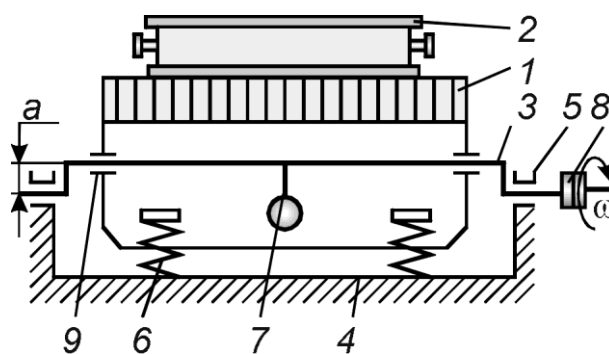


Рис. 1.2. Схема вибивної ексцентрикової решітки: 1 – корпус решітки; 2 – опока; 3 – ексцентриковий вал; 4 – рама; 5, 9 – опори валу; 6 – амортизатори; 7 – дебаланс; 8 – муфта

Дебаланс, що встановлюється на ексцентриковому валу, служить для динамічного балансування і зменшення навантаження на підшипники рами. Під час руху корпусу решітки вгору опока відкривається від нього, а потім падає, зіштовхуючись із робочим полотном. У результаті зіткнення форма руйнується

і суміш просипається крізь отвори в робочому полотні, а вилівка і опока залишаються на ньому.

Удари корпусу решітки об фундамент пом'якшуються атомізаторами.

Розрахунок параметрів ексцентрикових решіток ведеться в такій послідовності:

Число обертів ексцентрикового валу визначається за формулою, об/хв,

$$N = \frac{30r}{1+R} \sqrt{\frac{2q}{E_0}} \quad (1.1)$$

де N – число обертів ексцентрикового валу.

r – повторення величини зіткнень через N – обертів ексцентрикового валу

q – прискорення сили тяжіння, $q = 9810$ мм/с

R – коефіцієнт відновлення швидкості (для чавунних опок $R = 0,15 - 0,25$; для сталевих $R = 0,2 - 0,3$);

E_0 – питома енергія дару на одиницю ваги.

Рекомендується значення E_0 приймати в залежності від величини μ - відношення маси решітки до маси форми. При $\mu \geq 1$ $E_0 = 25 - 30$ кг мм/кг, якщо $0,75 \leq \mu \leq 1$, то $E_0 = 35 - 40$ мм/кг.

При $r = 1$, формула (1) набуває наступний вид, об/хв,

$$N = \frac{4400}{1+R} \sqrt{\frac{1}{E_0}}$$

Залежно від числа обертів підбирається електромотор і розраховується кутова швидкість, 1/с.

$$\omega = \frac{\pi N_1}{30}$$

де N_1 – число обертів валу по каталогу.

1.2. Величина ексцентриситету визначається за формулою, мм

$$E = \frac{\pi q}{\omega^2 + \cos \varphi} \frac{1-R}{1+R} \quad (1.2)$$

де φ – фазовий кут, який забезпечує стійкий рух і відповідний відносній швидкості форми і решітки.

По графіку (див. рис. 1) визначається кут φ і значення його косинуса, відповідно до стійкому режиму роботи ексцентриковій вибивній решітці.

1.3. Потужність двигуна решітки розраховується на основі n – коефіцієнта корисної дії решітки, яким зараються, кВт,

$$M = \frac{\pi q G_{\varphi}}{102\omega n} \frac{1-R}{1+R} \quad (1.3)$$

де $q = 0.81 \text{ мс/с}^2$.

1.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з основними відомостями про вибивання форм.
2. Замалювати схему обладнання та описати сутність способу вибивки форм за допомогою ексцентрикових решіток.
3. Зазначити перевагами і недоліками вибивки форм за допомогою ексцентрикових решіток.
4. Розрахувати основні параметри ексцентрикових решіток.

1.4. Зміст звіту лабораторної роботи

1. Тема і мета роботи.
2. Перелік матеріалів та обладнання.
3. Опис способу вибивки за допомогою ексцентрикових решіток, переваги і недоліки ексцентрикових решіток.
4. Схема ексцентрикових решіток.
5. Розрахунок основних параметрів ексцентрикових решіток;
 - 5.1. Задаємо вихідну інформацію для розрахунку;
 - 5.2. Визначаємо число обертів ексцентрикового вала, питому енергію удару на одиницю ваги;
 - 5.3. Спеціальною підпрограмою вибираємо електромотор за каталогом;
 - 5.4. Розраховуємо спеціальною підпрограмою фазовий кут, що забезпечує стійкий рух вибивної решітки;
 - 5.5. Визначаємо величину ексцентриситету.
 - 5.6. Визначаємо потужність двигуна.
6. Висновки.

Питання для самоперевірки

1. Дати основне визначення вибиванню виливок.
2. Описати робочий процес вибивних решіток.
3. Розкажіть про процес вибивки за допомогою ексцентрикових решіток..
4. Назвіть переваги і недоліки ексцентрикових вибивних решіток.

2. РОЗРАХУНОК ІНЕРЦІЙНОЇ ВИБИВНОЇ РЕШІТКИ

Мета роботи – вивчити роботу й освоїти методики розрахунку електромеханічних (інерційних) решіток.

2.1. Загальні відомості

Вибивна інерційна решітка (рис. 2.1) являє собою корпус, встановлений на пружинну підвіску заданої жорсткості. На обертовому в підшипниках інерційному валу, що обертається, встановлено закріплені та змінні вантажі, що утворюють дебаланс. Завдяки відцентровій силі, що виникає під час обертання інерційного вала, і пружній силі підвіски корпус решітки та форма, що вибивається, отримують сили підвіски корпус решітки, і форма, що вибивається, отримують коливальний рух.

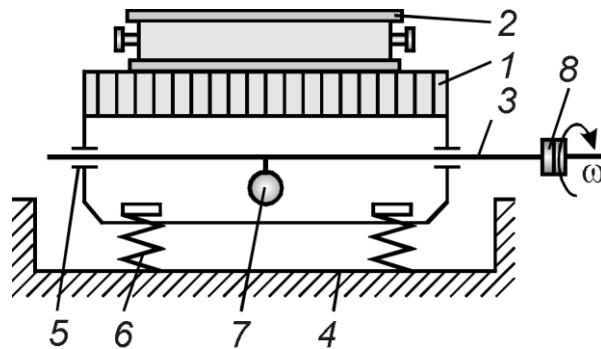


Рис. 2.1. Схема вибивної інерційної решітки: 1 – корпус решітки. 2 – опока. 3 – приводний вал. 4 – рама. 5 – опори вала. 6 – пружинна підвіска. 7 – грузи. 8 – муфта.

Процес вибивання на цих решітках так само, як і на ексцентрикових, здійснюється внаслідок зіткнень опоки і решітки. Однак амплітуда тут не є постійною і залежить не тільки від параметрів решітки, а й від маси форми, що вибивається [2].

Принцип роботи ексцентрикових та інерційних решіток різний. Перші отримують рух від вала з постійним ексцентриситетом, а другі – від вала з дебалансом.

В ексцентрикових решітках (рис 2.2, а) відбуваються прості гармонійні коливання з постійною амплітудою та частотою без зміни характеру руху опоки під час удару.

Інерційні решітки (рис. 2.2, б) не мають жорсткого приводу, тому неврівноважена відцентрова сила змушує їх коливатися на своїх опорах. Вертикальна складова сили, що обурює, змінюється за періодичним законом гармонійного коливального руху і має постійні період та амплітуду. Збуджувані коливання інерційної решітки складаються з власних і вимушених коливань із частотою, відмінною від частоти збуджувальної сили,

і за фазою зсунутих щодо синусоїди зміни цієї сили. Їхня частота, амплітуда і фаза залежать від маси решітки та жорсткості її опор.

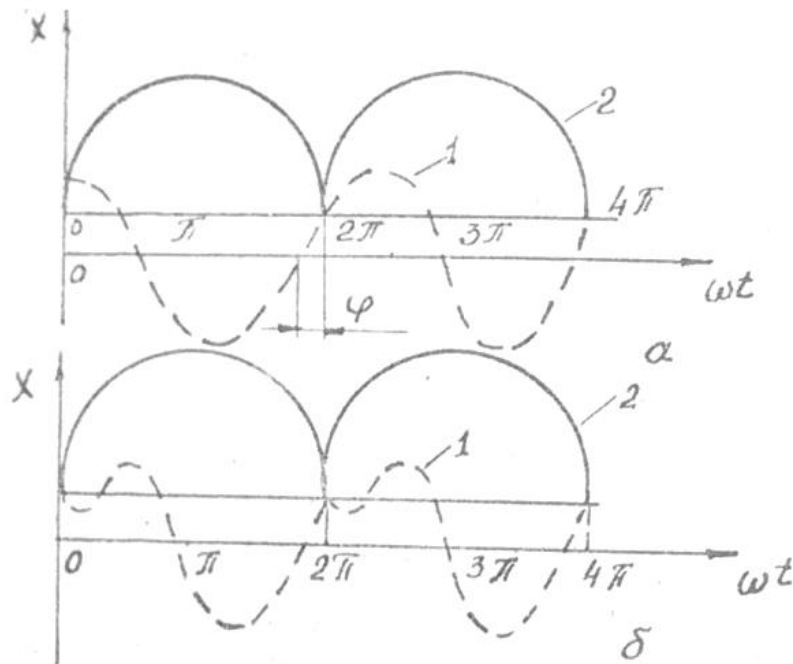


Рис. 2.2. Графіки коливання систем з ексцентриковою (а) та інерційною (б) решітками: 1 – решітка. 2 – форма

Характер коливань інерційних решіток нестійкий. У початковий момент форма переміщається разом із решіткою вгору. Під час уповільнення руху опока під дією сил інерції, повідомлюваних формі, відділяється від решітки, між ними утворюється зазор. Повертаючись у вихідне положення, опока зустрічається з решіткою, що піднімається вгору. Відбувається зіткнення і форма руйнується [3].

2.2. Розрахунок інерційної решітки

Розрахунок інерційної решітки полягає у визначенні кутової швидкості вала вібратора, сили, що обурює, жорсткості опорних пружин і потужності електропроводу.

2.1. На початку обчислення кутова швидкість вала вібратора за формулою,

$$\omega = \frac{2(\mu+1)}{\mu(1+R)} \pi \sqrt{\frac{q}{2E_0}} \quad (2.1)$$

де ω – кутова швидкість вала. μ – відношення маси решітки до маси форми.

R – коефіцієнт відновлення швидкості (для чавунних опок $R = 0,15-0,25$. Для сталевих $R = 0,2-0,3$);

$q = 9810 \text{ мм/с}^2$;

E_0 – питома енергія удару на одиницю ваги;
 Рекомендується значення E_0 приймати в залежності від величини μ :
 Якщо $\mu \geq 1$, то $E_0 = 25 \dots 30$ кг * мм/кг.
 Якщо $0,75 \leq \mu < 1$, то $E_0 = 35 - 40$ кг мм/кг,

Число обертів валу вібратора за хвилину, об/хв,

$$n_{\text{в}} = \frac{30\omega}{\pi}$$

2.2. Величина збурень сили, кг,

$$F_0 = (G_p + G_{\text{ф}})\pi \frac{(1-R)}{(1+R)} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}\right) \quad (2.2)$$

де $G_p, G_{\text{ф}}$ – маса решітки і форми, відповідно, кг.

ω_p – частота особистих коливань решітки ($\omega_p = 20 - 60$ 1/с)

$G_p = \mu: G_{\text{ф}}$

2.3. Маса неуврівноваженого вантажу, кг,

$$G_0 = \frac{F_0 q}{\omega^2 r} \quad (2.3)$$

r – радіус кола, що проходить через центр тяжіння неуврівноваженого вантажу.

2.4. Сумарна жорсткість пружин, кг/см,

$$\sum k_p = \omega_p^2 M_{\text{сис}}$$

де $M_{\text{сис}}$ – маса системи

$$M_{\text{сис}} = \frac{G_p + G_{\text{ф}}}{q} \quad (2.4)$$

при цьому $q = 981$ см/с²

Жорсткість однієї пружини визначається діленням сумарної жорсткості пружин на кількість пружин амортизаторів.

2.5. Потужність електропривода для решітки, кВт,

$$N = \frac{\pi q G_{\varphi}}{120 n \omega} \frac{1-R}{1+R} \frac{1+\mu}{\mu} \quad (2.5)$$

де n – коефіцієнт корисної дії решітки ($n = 0,8-0,9$);
 $q = 0,81 \text{ м/с}^2$.

Порівняно з ексцентриковим інерційні решітки мають такі переваги:

– можливо легко змінювати питому енергію удару E_0 , змінюючи величину дебалансу, що дає змогу встановити його необхідне значення залежно від показників форми, яку б'ють, (ступеня її попереднього підсушування, типу суміші, твердості та щільності форми).

– встановлювати на більш легкому фундаменті, оскільки пружинна підвіска передає на нього зусилля, що виникають під час вибивання, і вібрацію значно ослабленими.

2.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з основними відомостями про вибивання форм.
2. Замалювати схему обладнання та описати сутність способу вибивки форм за допомогою інерційних решіток.
3. Зазначити перевагами і недоліками вибивки форм за допомогою інерційних решіток.
4. Розрахувати основні параметри інерційних решіток.

1.4. Зміст звіту лабораторної роботи

1. Тема і мета роботи.
2. Перелік матеріалів та обладнання.
3. Опис способу вибивки за допомогою інерційних решіток, переваги і недоліки інерційних решіток.
4. Схема інерційних решіток.
5. Розрахунок основних параметрів інерційних решіток:
 - 5.1. Задаємо вихідну інформацію;
 - 5.2. Залежно від μ вибираємо E_0 ;
 - 5.3. Розраховуємо кутову швидкість вала вібратора;
 - 5.4. Визначаємо число обертів вала вібратора;
 - 5.5. Визначаємо величину збурювальної сили;
 - 5.6. Розраховуємо масу неврівноваженого вантажу;
 - 5.7. Визначаємо масу системи;
 - 5.8. Знаходимо сумарну жорсткість усіх пружин і кожної з них;
 - 5.9. Визначаємо потужність електроприводу решітки.
6. Висновки.

Питання для самоперевірки

1. Описати з чого складається інерційна решітка.
2. Розкажіть про принцип роботи інерційних решіток..
3. Назвіть переваги і недоліки інерційних вибивних решіток.
4. В чому полягає розрахунок інерційної решітки.

3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ВОДОСТРУМИННОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИБИВАННЯ СТРИЖНІВ ТА ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНІ ВИЛИВКІВ

Мета роботи – провести розрахунок водоструминної установки і зробити вибір основних параметрів, вивчити вплив витрати і тиску водяного струменя на параметри водоструминних установок.

3.1. Загальні положення

Сучасна водоструминна установка – це складний комплекс різного устаткування, пов'язаного системою автоматики і блокувань. Основні параметри водоструминних установок коливаються в широких межах: продуктивність від 3 до 20 т/год оброблюваних виливків. Витрата води високого тиску на 1 т виливків – від 4 до 25 м³, вага виливків, з яких видаляють стрижні – від 10 до 200 т, габаритні розміри виливків – від 0,2 до 10 м, відношення ваги стрижня до ваги виливки – від 0,5 до 1,5.

3.2. Методика розв'язання задачі

Під час проектування та експлуатації водоструминних установок основним критерієм їхньої оцінки є продуктивність. У загальному випадку продуктивність установок періодичної дії, т/год:

$$S = \frac{60}{t_u} G_c \quad (3.1)$$

де G_c – середня вага виливки, що обробляється в установці, т.

t_u – загальний час циклу обробки виливки, хв.

$$t_u = t_0 + t_g$$

t_0 – основний час циклу, хв.

t_g – допоміжний час циклу, хв.

Роботу водоструминних установок можна характеризувати коефіцієнтом корисного (основного) часу, %.

$$n = \frac{t_0}{t_u} * 100 \quad (3.2)$$

Для підвищення продуктивності водоструминних установок необхідне зниження допоміжного часу. Основний час є функцією двох змінних:

$$T_0 = f(H, Q),$$

де H – тиск (натиск) води, що подається до монітора, Па.

Q – витрати води через сопло монітора, л/с.

Крім цього необхідно пам'ятати, що чим складніші конфігурації виливки, тим складніший стрижень. Виливки зі складними порожнинами,

кишеннями, перегородками і ребрами обробляються у водоструминних установках набагато довше за прості.

Не менш важливим фактором є залишкова міцність стрижня після заливки. Аналіз і узагальнення даних з цього питання приводить до висновку, що обробка виливків з міцністю стрижнів на стиск понад 1,5...2,0 Мпа у водоструминних установках через низьку продуктивність і великий обсяг ручного доопрацювання взагалі не доцільна [4, 5].

Тиск (напір) поди, що подається до монітора, слід приймати 10,0 МПа для групи 1 складності виливків, 15,0 Мпа для групи 2 і 20,0 МПа – для групи 3. Групи складності виливків наведено в такій таблиці 3.1:

Таблиця 3.1. Групи складності виливків

Група складності	Клас	Характерні ознаки стержнів та відливок
1	А	Стрижні піщано-масляні та піщано-глинисті. Порожнини виливків відкриті. Каркаси поодинокі
2	Б	Стрижні піщано-масляні та піщано-глинисті. Порожнини напіввідкриті. Каркаси замкнуті
	В	Стрижні на рідкоскляному сполучному (слабкі). Порожнини відкриті. Каркаси поодинокі
3	Г	Стрижні піщано-масляні та піщано-глинисті на рідинно-скляному сполучному (слабкі). Порожнини прикриті. Каркаси замкнуті.
	Д	Стрижні на рідкоскляному сполучному (міцні). Порожнини прикриті. Каркаси поодинокі.

Для визначення витрати води необхідно попередньо знайти втрату напору h на шляху від насоса до виходу з насадки. Її величина може бути визначена за формулою Вейсбаха:

$$h = E \frac{l v^2}{d 2q}, \quad (3.3)$$

де E – дослідний коефіцієнт (0,03 ... 0,04)

l – довжина трубопроводу, м.

d – його діаметр, м.

v – швидкість течії води в трубі, м/с.

q – прискорення сили тяжіння, m/c^2 .

Напір на виході із сопла при цьому:

$$H_c = H - h$$

Витрата води в загальному випадку:

$$Q = F - v_c$$

де F – площа (перетину) отвору насадки, m^2

$$v_c = \varphi \sqrt{2qH}$$

де $\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+E}}$ – коефіцієнт швидкості.

E – коефіцієнт опору.

На основі аналізу досвіду експлуатації водострумних установок прийнято, що витрата води високого тиску не повинна перевищувати для груп 2 і 3 виливків $10 m^3$ на 1 т стержневої суміші, що вимивається. Для групи 1 в окремих випадках він може бути доведений до $5 m^3$.

Після встановлення необхідного напору і витрати води підбирають тип і кількість насосів високого тиску. Від правильності цього вибору залежить економічність і тривалість експлуатації водострумної установки.

Необхідна кількість насосів.

$$n = \frac{C}{\Phi Q} + n_1 \quad (3.4)$$

де C – річна програма обробки виливків у водострумній установці, т.

n_1 – кількість резервних насосів - застосовується за нормами ППР (зазвичай на три насоси - один резервний)

Φ – річний фонд часу, при двозмінній роботі рівний 3910 годин.

Q – годинна продуктивність (витрата) одного насоса, $m^3/ч$.

Отримавши необхідну кількість насосів для конкретної водострумної установки, необхідну кількість насосів для конкретної водострумної установки, необхідно визначити кількість моніторів.

Дослідження показують, що існує оптимальний діаметр сопла монітора для різних тисків, що забезпечує максимальну потужність, а отже, і продуктивність водяного струменя. Знаючи оптимальний діаметр одного сопла для даної водострумної установки, можна визначити кількість сопел, а отже, і кількість моніторів.

$$i = b * 10^{-5} \frac{Q_0}{d^2 \sqrt{H}} \quad (3.5)$$

де Q_0 – загальна витрата води високого тиску на водострумну установку, $m^3/ч$.

d – діаметр сопла монітора, м.

H – напір води під час витікання з насадки (з урахуванням усіх втрат), м вод. ст.

Переріз сопел для певних значень тиску води P

$$P = \frac{\gamma}{2q\mu^2} \left(\frac{Q}{F}\right)^2$$

де γ – об'ємна вага (для води $\gamma = 10^{-3}$ кг/см³)
 q – прискорення сили тяжіння (у даному випадку 981 см/с²).

Діаметр сопла

$$d = \frac{1}{\mu} \sqrt{\frac{q}{\sqrt{P}}} \quad (3.6)$$

де q – секундна витрата води через сопло, л/с.

P – тиск води перед соплом монітора, МПа.

μ – коефіцієнт витрати.

Секундна витрата води через насадок.

$$q = \frac{Q \cdot 1000}{3600} \quad (3.7)$$

На кількість струменя впливає також форма і якість виготовлення насадки. У вітчизняних установках до останнього часу застосовували головки моніторів ежекційного типу. Принципову схему такої головки показано на рис.1.

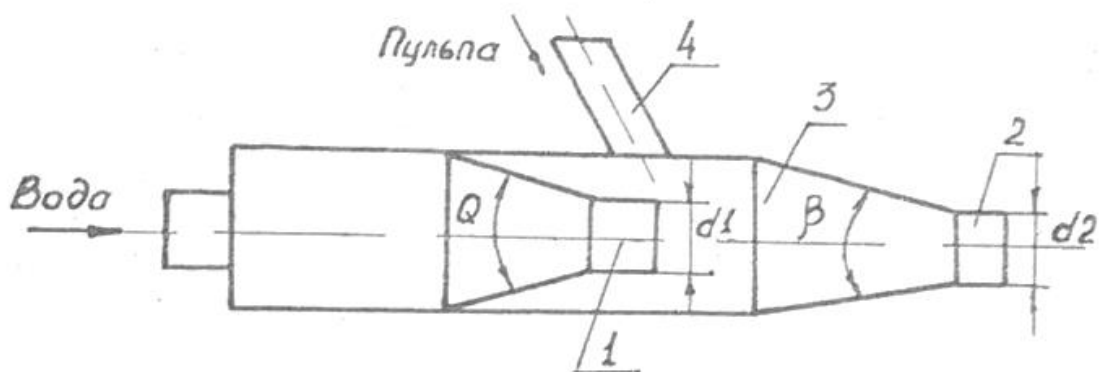


Рис 3.1. Схема струменевої головки монітора ежекційного типу.

Її робота відбувається так: струмінь води високого тиску, виходячи з вихідного насадка ежекційної голівки 1 зі швидкістю понад 100 м/с, проходить змішувальну камеру 3, в яку через пульпозабірний патрубок 4 надходить пісок. Струмінь води за рахунок різниці вхідного d_1 і вихідного d_2 діаметрів насадок створює деяке розрядження в змішувальній камері ежекційної голівки монітора і захоплює частинки піску, змішуючись із ним.

Водопіщана суміш, виходячи з отвору насадка 2 з великою швидкістю, створює турбулентний потік і водопіщаний струмінь виходить у вигляді факела. При цьому що більший тиск і витрата води через вхідну насадку ежекційної голівки, то більша основа факела, то більше частинки піску розлітаються в сторони від центру струменя. У результаті ріжучі властивості струменя зменшуються, отже, менша ефективність видалення стрижнів.

Основним параметром, що визначає працездатність ежекційної головки монітора, є відношення площі поперечного перерізу отвору вихідної насадки F_2 до площі поперечного перерізу отвору вхідної насадки F_1

$$K = \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \quad (3.8)$$

Величина K повинна змінюватися в межах від 3 до 6. За $K > 6$ величина розрядження в змішувальній камері ежекційної головки може виявитися недостатньою для засмокування пульпи, за $K < 3$ робота ежекційної головки стає нестійкою.

Довжина sprisku l_1 вхідної насадки, що забезпечує найменші гідравлічні втрати, визначається співвідношенням.

$$l_1 = (1,0 - 1,2)d_1 \quad (3.9)$$

Довжина sprisku вхідної насадки l_2 піскогідромонітора визначається з умов роботи його як змішувального трубопроводу гідроелеватора

$$l_2 = (2,0 - 2,5)d_2 \quad (3.10)$$

Подальше збільшення величин відносної довжини spriskів вхідного і вихідного насадок спричиняє втрати кінетичної енергії струменя.

Кут конусності вхідної насадки θ знаходиться в межах $10 - 13^\circ$, кут конусності конфузора вихідної насадки - у межах $13 - 15^\circ$.

3.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з основними відомостями про водоструминні установки.
2. Замалювати схему обладнання та описати сутність способу вибивки форм за допомогою струменевої головки монітора ежекційного типу.
3. Зазначити перевагами і недоліками вибивки форм за допомогою струменевої головки монітора ежекційного типу.
4. Розрахувати основні параметри водоструминних установок.

3.4. Зміст звіту лабораторної роботи

1. Тема і мета роботи.
2. Перелік матеріалів та обладнання.
3. Опис способу вибивки за допомогою водоструминних установок.
4. Схема струменевої головки монітора ежекційного типу.

5. Розрахунок основних параметрів водоструминних установок:
 - 5.1. Розрахувати продуктивність водоструминної установки;
 - 5.2. Розрахувати коефіцієнт корисної дії установки;
 - 5.3. Визначити необхідну кількість насосів високого тиску;
 - 5.4. Визначити кількість моніторів (сопел) для водоструминної установки;
 - 5.5. Визначити основні параметри струменевої головки моніторів.
6. Висновки.

Питання для самоперевірки

1. Вказати основні параметри водоструминних установок.
2. Вказати групи складності виливки та їх характерні ознаки.
3. Розкажіть про роботу струменевої головки монітора ежекційного типу.
4. Вказати основний параметр, що визначає працездатність ежекційної головки монітора.

4. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЛТУВАЛЬНИХ БАРАБАНІВ

Мета роботи – вивчити роботу й освоїти методики розрахунку галтувальних барабанів.

4.1. Загальні положення

Одним із способів очищення виливків є галтування в барабанах. Очищення в галтувальному барабані відбувається в результаті сукупності кількох процесів. Це взаємне зіткнення і тертя виливків, а також зіткнення і тертя виливків об стінки барабана. Для інтенсифікації процесу барабан завантажують спеціальні зірочки, отливаемые з білого чавуну [6].

Застосовують галтувальні барабани періодичної та безперервної дії. Галтувальний барабан періодичної дії (рис. 4.1) забезпечує високу якість поверхні виливків.

Одночасно з очищенням виливків в галтувальному барабані може відбуватися вибивання стрижнів та відбивання елементів литникових систем.

Основні вузли галтувального барабана: рама зі стійками, обичайка барабана, скіповий підйомник та електроталь.

Барабан підвішений на цапфах 1 і 6, які входять у підшипники 2, встановлені на стійках рами.

В обичайці барабана 4 прорізаний завантажувальний люк 5, що закривається кришкою, яка закріплюється за допомогою запору. Через отвори в цапфах барабана передбачається підключення пиловідсмоктувача шляхом приєднання машини до системи цехової вентиляції.

При проектуванні визначають швидкість обертання барабана потужність електродвигуна приводу барабана і потужність електродвигуна приводу скіпового підйомника. Для забезпечення безпеки роботи перевіряють встановлене на скіповому витягу гальмо.

Від швидкості обертання барабана залежить інтенсивність відносного переміщення виливків і, отже, ефективність очищення.

За практичними даними оптимальною є швидкість обертання, при якій відцентрова сила, що діє на вилівок поверхні барабана, становить від 50 до 60% сили тяжкості виливків (mg). Найменше значення приймається для барабанів діаметром понад 0,7 м, більше – для барабанів діаметром менше 0,7 м.

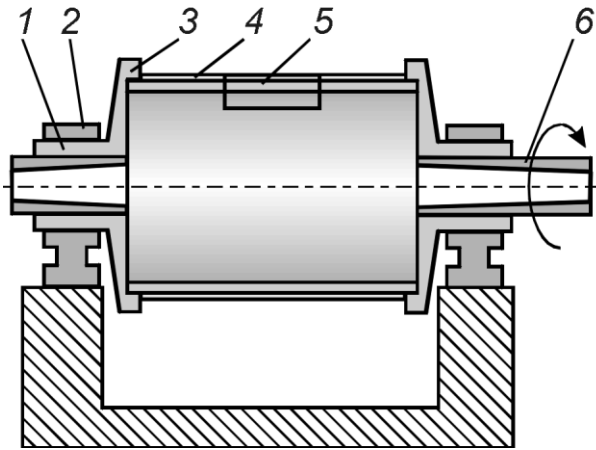


Рис. 4.1. Галтувальний барабан періодичної дії

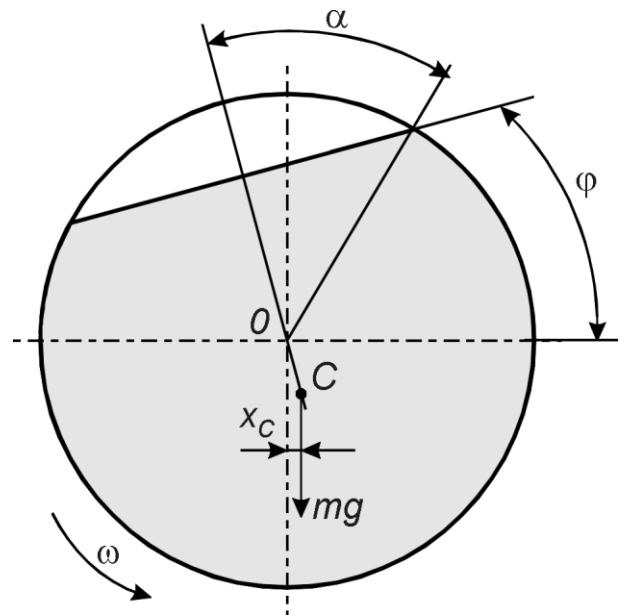


Рис. 4.2. Схема для розрахунку галтувального барабана

За цих умов виливки не притискаються весь час до стінки барабана під дією відцентрової сили, але не сповзають без підйому [7]..

Переваги галтувальних барабанів:

- простота конструкції;
- надійність у роботі;
- можливість включення в потокову лінію;
- компактність;
- досить високий рівень механізації допоміжних операцій.

Недоліки використання галтувальних барабанів:

- спотворення геометричних розмірів за рахунок округлення гострих граней і кутів на виливках;
- незадовільні санітарно-гігієнічні умови (шум, вібрація);
- труднощі, пов'язані з механізмом знімання установки та кріплення кришки під час завантаження та вивантаження виливків у барабан періодичної дії;
- необхідність періодичного очищення барабанів, що несумісне з умовами потоково-масового виробництва;
- мала продуктивність та велика витрата електроенергії на очищення 1 т порівняно з дробометними барабанами

4.2. Розрахунок галтувальних барабанів

Формули для обчислення кутової швидкості барабанів мають вигляд:

при $D \geq 0,7$ м

$$\omega_6 \leq \frac{3,14}{\sqrt{D}}, \quad (4.1)$$

при $D < 0,7$ м

$$\omega_6 = \frac{3,40}{\sqrt{D}}, \quad (4.2)$$

де D – внутрішній діаметр обичайки барабана, м;
 ω_6 – кутова швидкість обертання барабана, рад/с.

Потужність електродвигуна приводу обертання барабана можна визначити за моментом, що створюється завантаженням барабана при його обертанні.

Перетин барабана площиною перпендикулярної осі обертання з позначеннями величин, що приймаються при розрахунку, наведено на рис. 4.2.

Тут φ – кут розташування вільної поверхні завантаження щодо горизонтальної площини, що рекомендується $\varphi = 40^\circ$; x_c – Зміщення центру тяжкості завантаження від вертикальної осі барабана, мм; m – маса завантаження барабана, кг; C – центр ваги завантаження барабана; α – половина кута сегмента вільного об'єму барабана, рад.

Відстань від центру тяжкості перерізу завантаження до центру кола (відрізок OC) обчислюється за формулою

$$e = \frac{2D \sin^3 \alpha}{3(2\alpha - \sin 2\alpha)}. \quad (4.3)$$

Величина завантаження барабана визначається коефіцієнтом завантаження K , що показує відношення об'єму завантаження до загального об'єму барабана. Зазвичай приймають K від 0,7 до 0,8.

Вважаючи, що завантаження барабана рівномірно розподіляється за довжиною, можна прийняти

$$K = \frac{S_c}{S_n} = \frac{2\alpha - \sin 2\alpha}{2\pi}, \quad (4.4)$$

де S_c – Площа сегмента, утвореного завантаженням, м²;
 S_n – площа перерізу барабана, м².

Розглядаючи спільно формули (4.3) та (4.4), отримуємо

$$e = \frac{D \sin 3\alpha}{3\pi K} \quad (4.5)$$

Формулу 4.5 з похибкою $\pm 1\%$ можна замінити виразом

$$e = 0,424(1 - K)D \quad (4.6)$$

Оскільки момент, що створюється завантаженням щодо осі обертання барабана, може бути визначений формулою

$$M = x_c mg \quad (4.7)$$

де x_c – проекція відрізка OC горизонтальну вісь кола:

$$x_c = e \sin \varphi \quad (4.8)$$

то отримаємо

$$M = (0,242(1 - K)D \sin \varphi)mg \quad (4.9)$$

Знаючи момент, що створюється завантаженням барабана, можна обчислити потужність електродвигуна приводу барабана, кВт (всі величини в системі СІ)

$$N_{\delta} = \frac{M\omega_{\delta}}{\eta} = \frac{0,242(1 - K) \sin \varphi Dmg\omega_{\delta}}{\eta} \quad (4.10)$$

де η – к. п. д. приводу обертання барабана, який приймається на основі практичних даних у межах $\eta = 0,6 \div 0,8$.

Потужність електродвигуна скіпового витягу (у кВт) знаходиться за формулою

$$N_{ск} = \frac{(m_{до} + m)gv}{\eta_{об}} \quad (4.11)$$

де $m_{до}$ – маса ковша скіпа, кг;

m – маса завантаження скіпу, кг;

v – швидкість підйому ковша ($v = 0,03 \div 0,04$ м/с);

$\eta_{об}$ – загальний к. п. д. механізму приводу скіпу;

$$\eta_{об} = \eta_{зп} \eta_p \eta_{рп} \eta_{б} \eta_{п}, \quad (4.12)$$

де $\eta_{зп}$ – к.к. д. відкритої зубчастої пари;
 η_p – к. к. д. редуктора;
 $\eta_{рп}$ – к. к. д. ремінної передачі;
 $\eta_{б}$ – к. к. д. канатного барабана з урахуванням тертя в підшипниках;
 $\eta_{п}$ – к. к. д. зведеного поліспасту.

Розрахунок гальма скіпового витягу полягає у перевірці надійності утримання вантажу нерухомим з певним запасом зусилля гальмування.

Гальмівний момент повинен відповідати умові

$$M_T \geq k_T M_{ст}, \quad (4.13)$$

де k_T – Коефіцієнт запасу гальмування, рівний для легких режимів роботи 1,5 і для середніх режимів 1,75;
 $M_{ст}$ – статичний момент (в Нм) вантажу, наведений до гальмівного валу, що визначається за формулою

$$M_{ст} = \frac{(m_k + m)gD_0 c \eta_T}{2a n_p i_p i_{зп}}, \quad (4.14)$$

де D_0 – Діаметр барабана по центру каната, м;
 c – Число гілок каната, закріплених на барабані;
 a – кратність поліспасту;
 n_p – кількість поліспастів;
 i_p – передатне число редуктора;
 $i_{зп}$ – передавальне число зубчастої пари;
 η_T – коефіцієнт корисної дії механізму, рівний

$$\eta_T = \eta_{зп} \eta_p \eta_{б} \eta_{п}. \quad (4.15)$$

4.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з основними відомостями про гальмувальні барабани
2. Замалювати схему обладнання та описати сутність способу очищення

виливок за допомогою галтувального барабану періодичної дії.

3. Зазначити перевагами і недоліками очищення виливок за допомогою галтувальних барабанів.

4. Розрахувати основні параметри галтувальних барабанів.

4.4. Зміст звіту лабораторної роботи

1. Тема і мета роботи.

2. Перелік матеріалів та обладнання.

3. Опис способу очищення виливок за допомогою галтувальних барабанів.

4. Схема галтувального барабану періодичної дії.

5. Розрахунок основних параметрів галтувальних барабанів:

6. Висновки.

Питання для самоперевірки

1. Вказати основні види галтувальних барабанів.

2. Принцип дії галтувального барабану періодичної дії.

3. Вкажіть переваги галтувальних барабанів

4. Вкажіть недоліки галтувальних барабанів.

5. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК

Мета роботи – вивчити роботу й освоїти методики розрахунку вібраційних установок.

5.1. Загальні відомості

При вібраційній обробці внутрішня і зовнішня поверхні виливків очищається шляхом вібрації контейнера з деталями, що знаходяться в ньому, і наповнювачем з частотою до 3000 коливань в хвилину.

Установка включає відкритий зверху контейнер, встановлений на пружних опорах і інерційний одновальний віброзбудник. Під дією неврівноваженої сили інерції віброзбудника контейнер робить плоскопаралельні коливання. При достатній амплітуді та частоті коливань виливки починають активно переміщатися всередині контейнера та очищатися [7, 8].

На ефективність очищення впливає рід наповнювача. Найбільш поширені наповнювачі - це абразиви, наприклад, електрокорунд, корунд; зірочки з білого чавуну, висікання штампування різного профілю, браковані дрібні виливки.

Крім сухого вібраційного очищення застосовують і мокру. У цьому випадку крім механічного впливу виливки піддаються хімічному впливу. Така установка оснащується системою циркуляції емульсії. Емульсія подається постійно чи періодично. Як емульсії використовують три види розчинів: кислотні, нейтральні та лужні. Кислотні розчини сприяють видаленню з виливків окисних плівок. Нейтральні розчини грають роль промивних. Лужні розчини сприяють видаленню пригару, задирок, облої, округленню гострих кромки. Для запобігання корозії в розчини додають добавки, що пасивують.

Мокрому вібраційному очищенню піддають чавуни, сталь, мідні та алюмінієві сплави.

5.2 Площинна вібрація

При *площинній вібрації* кожна точка, що розглядається, весь час залишається в одній площині. Залежно від кута нахилу до горизонтальної площини розрізняють два крайні випадки: вертикальна площинна вібрація та горизонтальна площинна вібрація.

По виду фігури, що описується точкою тіла, площинна вібрація може бути еліптичною та круговою.

При площинній вібрації системи мають три ступені свободи переміщення: лінійне переміщення по двох взаємно перпендикулярних осях і поворот навколо третьої осі. Цей вид вібрації називається *двокомпонентною вібрацією*.

При двокомпонентній вібрації поряд із вібраційним впливом відбувається безперервне перемішування маси наповнювача та деталей. У цьому випадку на контейнер впливають складні коливання, які є сумою вертикально та горизонтально спрямованих гармонійних коливань рівної амплітуди та частоти.

На рис. 5.1 *а* відсутністю зсуву фаз доданків. При такому впливі вібрація дна контейнера спрямовує масу праворуч, права стінка спрямовує масу вниз, а ліва – вгору. Потoki, що утворюються, створюють зустрічні рухи, які ускладнюють процес перемішування і сприяють утворенню зон застою.

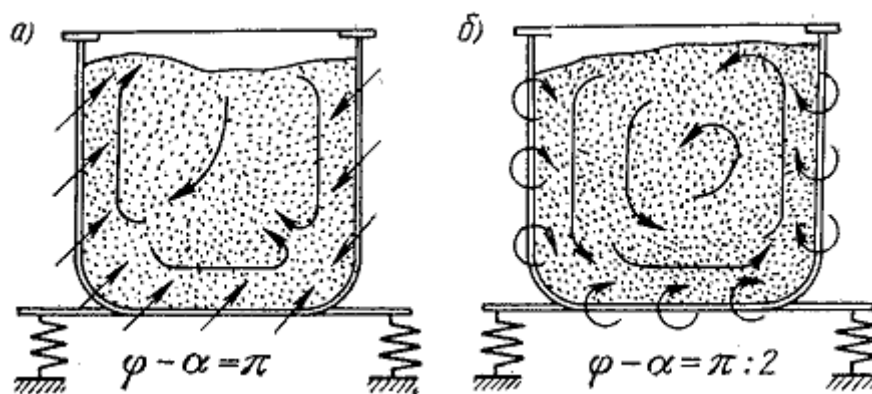


Рис. 5.1. Схема двокомпонентної вібрації

На рис. 5.1 *б* показаний зсув фаз на 90° .

У контейнері створюються складні коливання, що мають кругову траєкторію. При такій траєкторії забезпечується необхідне перемішування та всебічна рівномірна обробка деталей.

При площинній вібрації завдяки турбулентності потоку відносна швидкість у загальній масі буде вищою, ніж при прямолінійній вібрації.

Збіг напрямків швидкостей 1 і 2 складатиме приблизно 50%, інші розбіжності на 50% пояснюється тим, що деталі мають неправильну геометричну форму.

Обертання деталей сприяє більш рівномірній їх обробці.

Енергія, що передається від платформи масі, витрачається в основному на роботу абразивного тертя, інакше кажучи, обробка виливків відбувається в період їх перебування поза зв'язком з платформою.

5.3. Розрахунок установок з площинною вібрацією

Розрахунок відцентрової сили:

$$R = \frac{G \cdot r}{g} \cdot \omega^2 \quad (5.1)$$

де G – вага дебалансу;

r – відстань від осі обертання до центру тяжкості дебалансу;

g – прискорення сили тяжіння.

Зміна складової відцентрової сили відбувається за синусоїдальним законом:

$$R_x = R \cdot \sin \alpha$$

$$R_y = R \cdot \cos \alpha$$

Наведена вага коливальних частин і наповнювача:

$$G_n = G_m + k_\alpha \cdot G_3 \quad (5.2)$$

де G_n – загальна наведена вага;

G_m – вага коливальних частин;

G_3 – вага вмісту контейнера;

k_α – коефіцієнт, що враховує відмінність амплітуд коливань маси та контейнера ($k_\alpha = 0,4$);

Амплітуда коливань визначається з рівняння:

$$A = \frac{w}{\omega^2} \quad (5.3)$$

де ω – кутова частота вібрації;

w – лінійне прискорення.

$$w = 30 \dots 50 \text{ м/сек}^2;$$

Між неврівноваженістю M_n вібратора існує залежність:

$$A = \beta \frac{M_H}{G_u} = \beta \frac{G_r}{G_n} \quad (5.4)$$

Коефіцієнт динамічності β показує, у скільки разів амплітуда вимушених коливань (A) перевищує зсув, що виходить при статичному додатку сили R до наведеної ваги мас, що коливаються.

$$\beta = \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right]^2 + \gamma^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}} \quad (5.5)$$

де $\frac{\omega}{\omega_0}$ – Відношення частоти коливань ω до частоти власних коливань системи ω_0 ;

γ – величина, пропорційна до спротивлення (коефіцієнт згасання) при $\frac{\omega}{\omega_0} > 1$

$$\beta = \frac{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \quad (5.6)$$

Приймаємо $\omega/\omega_0 = 5$ тоді $\beta=1$, а величина амплітуди визначається з рівняння:

$$A = \frac{G_r}{G_n} \quad (5.7)$$

Частота своїх коливань пружних механічних систем визначається за такою формулою:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{\delta_{cm}}} \quad (5.8)$$

g – прискорення сили тяжіння;

Статичне подовження або стиск визначається за формулою:

$$\delta_{cm} = \frac{G_n}{k} \text{ см} \quad (5.9)$$

де k – Коефіцієнт жорсткості пружин;

Виражаючи частоту власних коливань не кутовим виміром, а кількістю n_0 коливальних циклів за хвилину, отримаємо наближені формули:

$$n_0 = 300 \cdot \sqrt{\frac{k}{G_n}} \quad (5.10)$$

або

$$n_0 = 300 \cdot \sqrt{\frac{1}{\delta_{cm}}}$$

Сумарна жорсткість всіх пружин визначається за такою формулою:

$$K_c = \frac{G_3}{\delta_{cm}} = \frac{G_3}{0,7} \text{ кГ} \quad (5.11)$$

У разі коли $\delta_{cm} = 1$, $K_c = G_3$.

Частота власних коливань машини за хвилину при повному навантаженні відповідатиме:

$$n_0 = 300 \sqrt{\frac{G_3}{0,7 \cdot G_n}} \quad (5.12)$$

У ненавантаженому стані частота власних коливань визначається за такою формулою:

$$n_0 = 300 \sqrt{\frac{G_3}{0,7 \cdot (G_n - G_3)}} \quad (5.13)$$

Поздовжня жорсткість пружин визначається за наступною залежністю:

$$K_x = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot l} \quad (5.14)$$

де K_x – поздовжня жорсткість у кГ/см;

G – модуль зсуву в $\text{кг}/\text{см}^2$;
 d – діаметр дроту см ;
 i – кількість робочих витків;
 D – середній діаметр пружини див .

Поперечна жорсткість (вздовж осі y) пружин:

$$K_y = \frac{12 \cdot E \cdot J_p}{\left[i \cdot \left(t_0 - \frac{8 \cdot G_n \cdot D^3}{G \cdot d^4} \right) \right]^3} \cdot \frac{1}{\chi} \quad (5.14)$$

$$\chi = \frac{2 + \nu \cdot \cos^2 \alpha}{2 \cdot \sin \alpha} \quad (5.15)$$

де K_y – поперечна жорсткість в $\text{кг}/\text{см}$;
 E – модуль пружності $\text{кг}/\text{см}^2$;
 J_p – полярний момент інерції поперечного перерізу дроту см^4 ;
 t_0 – крок недеформованої пружини;
 ν – коефіцієнт Пуассона;
 α – кут підйому пружини в град.

Для круглих циліндричних пружин гранична кількість витків визначається формулою:

$$i_{max} = 1,13 \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot G \cdot J_p}{H^2 \cdot P} \quad (5.16)$$

де J_p – полярний момент інерції поперечного перерізу дроту, см^4 ;
 G – модуль зсуву в $\text{кг}/\text{см}^2$;
 H – висота пружини в деформованому стані;
 $P = \frac{G_n}{4}$ – зусилля, що діє на одну пружину і деформує її до висоти H .
 H визначається з виразу:

$$H = H_0 - \delta_{cm} = i \cdot t_0 - \delta_{cm} \quad (5.17)$$

де H_0 – висота пружини у вільному стані (без навантаження).

Умови стійкості:

$$\eta = \frac{H}{D} \leq 2,5 \quad (5.17)$$

$$c = \frac{D}{d} \leq 8 \quad (5.18)$$

η – запас стійкості;

c – індекс пружини, що характеризує її стійкість.

Умова втоми:

$$\tau_{max} = k \cdot \frac{8 \cdot G_n \cdot c}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau] \quad (5.19)$$

k – коефіцієнт перевантаження внутрішніх витків ($k = 1, 1.1 \dots 1.3$);

$[\tau] = 0,8 \tau_{-1}$ допустима напруга, где τ_{-1} – Межа втоми.

Мінімальний надлишковий тиск визначається з формули:

$$\omega'_0 = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{c \cdot g}{P'_{max}}} \quad (5.20)$$

де P_{max} – дійсне навантаження однією пневмобалон;

C – жорсткість гумокордного пневмобаллону.

Жорсткість гумокордних пневмобалонів виявляється з виразу:

$$C = \frac{n \cdot (P_u + P_a)}{V} \cdot F_3^2 + P_u \cdot \frac{d \cdot F_3}{d \cdot S_1} \quad (5.21)$$

де n – показник політропи (при статичному навантаженні $n = 1$; при динамічному навантаженні $n = 1,4$);

P_i – надлишковий тиск у балоні в $\text{кг}/\text{см}^2$;

P_a – атмосферний тиск у $\text{кг}/\text{см}^2$;

V – об'єм балона в см^3 ;

F_e – ефективна площа в см^2 ;

dS – прогин або осад пневмобаллону під навантаженням;

dF – зміна ефективної площі при прогинанні dS .

На рис. 5.2 показана Розрахункова схема вібраційної установки з коливаннями контейнера по спіралі

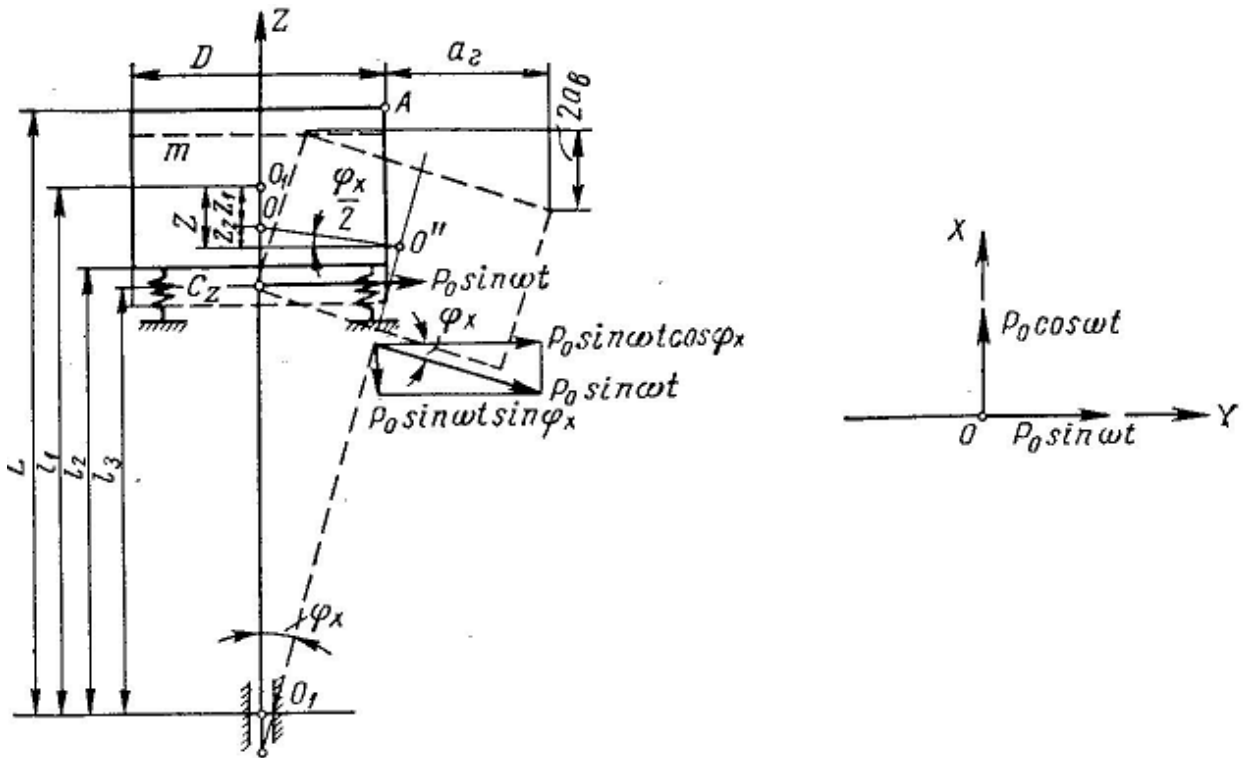


Рис. 5.2. Розрахункова схема вібраційної установки з коливаннями контейнера по спіралі

Диференціальні рівняння руху:

$$\begin{aligned}
 m \cdot l_1^2 \varphi_y'' + c_x \cdot l_2^2 \cdot \varphi_y &= P_0 \cdot l_3 \cdot \cos \omega t \\
 m \cdot l_1^2 \varphi_x'' + c_y \cdot l_2^2 \cdot \varphi_x &= P_0 \cdot l_3 \cdot \sin \omega t
 \end{aligned}
 \tag{5.22}$$

$$m \cdot x'' + c_z \cdot z = P_0 \cdot \sin \omega t \cdot \sin \varphi_x$$

де φ_x і φ_y – кути повороту системи щодо осей X та Y;

c_x , c_y і c_z – коефіцієнти жорсткості пружних зв'язків у напрямку осей X, Y та Z.

m – маса віброуючої частини;

P_0 – амплітуда сили вібратора, що обурює;

z – Зміщення центру ваги системи у вертикальному напрямку.

Вводимо позначення:

$$c_1 \cdot l_2^2 = c_\varphi; \quad m \cdot l_2^2 = J; \quad \frac{c_\varphi}{J} = \lambda_\varphi^2; \quad P_0 \cdot l_3 = M_\varphi$$

Тоді:

$$\varphi'' + \lambda_\varphi^2 \cdot \varphi = \frac{1}{J} \cdot M_\varphi \cdot \sin \omega t.$$

$$\varphi = \varphi^* + \varphi^{**}$$

$$\varphi^{**} = A \cdot \sin \lambda_{\varphi} t + B \cos \lambda_{\varphi} t$$

Приймаємо:

$$\varphi^{**} = D \cdot \sin \omega t$$

Тоді:

$$\varphi'^{**} = D \cdot \omega \cdot \cos \omega t$$

$$\varphi''^{**} = -D \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t$$

Кінцевий вираз для величини φ матиме вигляд:

$$\varphi = -\frac{M_{\omega}}{c_{\varphi}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\lambda_{\varphi}^2}} \cdot \sin \omega t$$

$$\varphi_{max} = -\frac{M_{\varphi}}{c_{\varphi}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\lambda_{\varphi}^2}}$$

Якщо $\omega \gg \lambda_{\varphi}$, то

$$\varphi = -\frac{P_0 \cdot l_3}{c_1 \cdot l_2^2} \cdot \frac{c_1 \cdot l_2^2}{m \cdot l_1^2 \cdot \omega^2} = -\frac{P_0 \cdot l_3}{m \cdot l_1^2 \cdot \omega^2}$$

Для дебалансного вібратора величина

$$P_0 = \frac{k \cdot \omega^2}{g} \quad (5.23)$$

де k – момент дебалансів вібратора;

g – прискорення сили тяжіння.

Тоді

$$\varphi = -\frac{k \cdot \omega^2 \cdot l_3}{g \cdot m \cdot l_1^2 \cdot \omega^2} = -\frac{k \cdot l_3}{Q \cdot l_1^2} \quad (5.24)$$

Амплітуди вертикальних a_v і горизонтальних a_g складових вібрації в точці A знаходяться з виразу:

$$a_v = \frac{D \cdot \varphi}{2} = \frac{k \cdot l_3 \cdot D}{2 \cdot Q \cdot l_1^2} \quad (5.25)$$

$$a_i = D \cdot \varphi = \frac{k \cdot L \cdot l_3}{Q \cdot l_1^2} \quad (5.26)$$

5.4. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з основними відомостями про вібраційні установки
2. Замалювати схему обладнання та описати сутність способу очищення виливок за допомогою установок з площинною вібрацією (схема двокомпонентної вібрації).
3. Розрахувати основні параметри установок з площинною вібрацією.

5.5. Зміст звіту лабораторної роботи

1. Тема і мета роботи.
2. Перелік матеріалів та обладнання.
3. Опис способу очищення виливок за допомогою вібраційних установок.
4. Схема вібраційної установки з коливаннями контейнера по спіралі.
5. Розрахунок основних параметрів установок з площинною вібрацією.
6. Висновки.

Питання для самоперевірки

1. Вказати основні види наповнювачів, що використовують при вібраційному очищенні виливок.
2. Вкажіть види вібраційного очищення
3. Вкажіть види площинної вібрації
4. Принцип очищення виливків за допомогою двокомпонентної вібрації .

6. ЕЛЕКТРОКОНТАКТНЕ ОЧИЩЕННЯ. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВОК ДЛЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОЇ ОБРОБКИ

Мета роботи – вивчити роботу й освоїти методики розрахунку установок для електроконтактної обробки

6.1. Загальні відомості

Електроконтактне очищення виливків засноване на використанні тепла, що виділяється при проходженні електричного струму через ділянки ланцюга при підвищеному опорі, яке виникає в місці контакту диска-інструменту та оброблюваної виливки [9,10]..

Схему електроконтактної установки наведено на рис. 6.1.

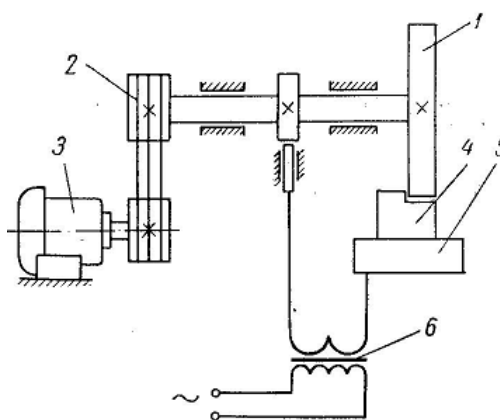


Рис. 6.1. Схема електроконтактної установки

Принцип дії установки для електроконтактного очищення полягає в наступному: диск *1* обертається електродвигуном *3* через клинопасової передачі *2*. Оброблювана деталь *4* закріплюється на рухомому столі *5*. Змінний струм до зони контакту подається через трансформатор *6*.

При роботі верстата відбувається зіткнення двох електродів (інструменту та виробу) під невеликим тиском, що призводить до утворення у місці контакту підвищеного опору. Електричний струм, що проходить через місце контакту, розігріває, розм'якшує і плавить метал, полегшуючи видалення його з виробу. Для запобігання плавленню інструменту йому надають велику швидкість обертання та штучно охолоджують.

Процес знімання металу визначається кількістю тепла, що виділяється в зоні контакту, яке залежить від числа контактних містків та величини струму в робочому контурі.

6.2. Розрахунок параметрів установок для електроконтактної обробки

Видалення металу під час електроконтактної обробки зумовлено тепловими процесами. Виділення тепла в зоні контакту обумовлено як тепловою дією струму, так і тертям:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0,24 (P_1 + P_2)t, \text{ кал} \quad (6.1)$$

де Q – кількість тепла, що виділяється в зоні контакту, в кал ;

Q_1 – кількість тепла, що виділяється при проходженні струму, в кал ;

Q_2 – Кількість тепла, що виділяється при терті, в кал ;

P_1 – Електрична потужність, в Вт;

P_2 – Потужність, що витрачається на тертя, в Вт;

t – час , сек.

На нагрівання та плавлення частинок тепло витрачається корисно.

$$Q_n = kQ, \text{ кал}, \quad (6.2)$$

де Q – корисне тепло кал;

k – Коефіцієнт втрат.

Кількість розплавленого металу G (г) визначається за формулою:

$$G = \frac{Q_g}{q} = \frac{kQ}{q} = \frac{0,24kt}{q} (P_1 + P_2) \quad (6.3)$$

де q – теплоємність розплавленого металу при температурі плавлення в кал/г (для сталі $q = 320$ кал/г).

Продуктивність процесу електрофрикційного очищення:

$$P_1 = IU, \quad (6.4)$$

де I – сила струму, а ;

U – напруга, в

$$I_{\text{ср}} = \frac{2A}{3,14} = 0,637A, \text{ а} \quad (6.5)$$

де A – амплітуда струму;

$$P_1 = 0,637IU\eta_e \quad (6.6)$$

$$P_2 = \eta_m P_{пр} \quad (6.7)$$

де $P_{пр}$ – потужність приводу обертання інструменту Bm ;

η_m – ККД приводу обертання інструменту (приймаємо $\eta_m = 0,7$);

e – коефіцієнт втрат в електричному контурі (приймаємо $e = 0,9$);

Рівняння теплового балансу:

$$Q = 0,24Pt \quad (6.8)$$

$$Q = Q_p + Q_\partial + Q_u \quad (6.9)$$

де P – електрична потужність, кВт;

t – час, с ;

Q_p – тепло, витрачене на нагрівання розпиленого металу, ккал;

Q_∂ – теплові втрати деталі, ккал;

Q_u – теплові процеси в інструменті, ккал.

Рівняння теплового балансу можна записати так:

$$P = \frac{Q}{0,24t} \quad (6.10)$$

$$P = P_p + P_\partial + P_u \quad (6.11)$$

де P_p – енергія, витрачена на нагрівання розпорошеного металу, кВт;

P_∂, P_i – втрати енергії на нагрівання деталі та інструменту, кВт.

Тоді:

$$P = \eta_e P_e \quad (6.12)$$

$$P = P_x + mV, \quad (6.13)$$

де P_x - Потужність холостого ходу, кВт;
 V – продуктивність процесу, кг /год;
 m - коефіцієнт пропорційності, кВт · год /кг;
 P_e – потужність електрична, кВт
 η_e – ККД електроенергії на нагрівання розпиленого металу:

$$P_p = \frac{q}{860} V, \quad (6.14)$$

де q – Тепловміст розпилених частинок рідкого металу, ккал / кг ($q = 320$ ккал / кг).

Витрата енергії на нагрівання деталі та інструменту:

$$P_{\partial} = n_1 \cdot P'_{\partial} + n_2 mV; \quad (6.15)$$

$$P_u = n_3 \cdot P'_u + n_4 mV, \quad (6.16)$$

де n_1, n_2 – Коефіцієнти нагріву деталі;
 n_3, n_4 – коефіцієнти нагріву інструменту;
 P_{∂}, P_i – Витрата енергії на зміну фізичного стану для деталі та інструменту, кВт.

Товщина шару металу y , нагрітого до певної температури:

$$y = \frac{0,484 \cdot 240 \cdot P_{\partial}}{\vartheta_n \cdot C_{\gamma} \cdot b \cdot T} \text{ см}, \quad (6.17)$$

де v_n – швидкість подачі, см / сек;
 γ – теплоємність об'ємна, кал/см³ · град;
 b – ширина обробки, див;
 T – температура металу у зоні термічного впливу, град.
Час t протягом якого може бути досягнута ця температура:

$$t = \frac{y^2}{2a} \text{ сек}, \quad (6.18)$$

де a – коефіцієнт температуропровідності, см²/сек.

Швидкість охолодження точок на поверхні деталі:

$$x = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot C_{\gamma} \cdot \frac{T^3}{\left(\frac{2 \cdot 240}{\vartheta_n \cdot b}\right)^2}, \frac{\text{град}}{\text{сек}} \quad (6.109)$$

Приклад:

Розрахуємо товщину зони термічного впливу, межа якої нагріта до $T = 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Теплофізичні величини $C_{\gamma} = 1,23 \text{ кал/см}^3 \cdot \text{град}$, $\lambda = 0,105 \text{ кал/см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$ та $\alpha = 0,085 \text{ см}^2/\text{сек}$

Тоді

$$y = \frac{0,484 \cdot 240 \cdot 9,2}{0,8 \cdot 1,23 \cdot 2 \cdot 700} = 0,73 \text{ см}$$

Час досягнення цієї температури

$$t = \frac{0,73^2}{2 \cdot 0,085} = 3,2 \text{ сек}$$

Швидкість охолодження точок на поверхні деталі

$$x = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,105 \cdot 1,23 \cdot \frac{700^3}{\left(\frac{2 \cdot 240 \cdot 9,2}{0,8 \cdot 2}\right)^2} = 44 \frac{\text{град}}{\text{сек}}$$

Виконані розрахунки показують, що при електроконтактній обробці вуглецевих сталей у режимі електричного оплавлення неминучий значний нагрів поверхневих шарів та їх підкалювання.

6.3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з основними відомостями про очищення виливок за допомогою електроконтактного очищення
2. Замалювати схему електроконтактної установки.
3. Розрахувати основні параметри установок для електроконтактної обробки.

6.4. Зміст звіту лабораторної роботи

1. Тема і мета роботи.
2. Перелік матеріалів та обладнання.
3. Опис способу очищення виливок за допомогою електроконтактного

очищення.

4. Схема електроконтактної установки.
5. Розрахунок основних параметрів установок для електроконтактної обробки.
6. Висновки.

Питання для самоперевірки

1. Вказати на чому основане електроконтактне очищення виливків.
2. Принцип дії установки для електроконтактного очищення.
3. Наведить схему електроконтактне очищення виливків

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Лабораторна робота 1. РОЗРАХУНОК ЕКСЦЕНТРИКОВОЇ ВИБИВНОЇ РЕШІТКИ.....	4
1.1. Загальні положення.....	4
1.2. Розрахунок ексцентрикової вибивної решітки.....	5
1.3. Порядок виконання роботи.....	7
1.4. Зміст звіту лабораторної роботи.....	7
2. Лабораторна робота 2. РОЗРАХУНОК ІНЕРЦІЙНОЇ РЕШІТКИ.....	8
2.1. Загальні положення.....	8
2.2. Розрахунок інерційної решітки.....	9
2.3. Порядок виконання роботи.....	11
2.4. Зміст звіту лабораторної роботи.....	11
3. Лабораторна робота 3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ВОДОСТРУМИННОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИБИВАННЯ СТРИЖНІВ ТА ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНІ ВИЛИВКІВ.....	12
3.1. Загальні положення.....	13
3.2. Методика розв'язання задачі.....	13
3.3. Порядок виконання роботи.....	17
3.4. Зміст звіту лабораторної роботи.....	17
4. Лабораторна робота 4. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЛТУВАЛЬНИХ БАРАБАНІВ.....	19
4.1. Загальні положення.....	19
4.2. Розрахунок галтувальних барабанів.....	20
4.3. Порядок виконання роботи.....	23
4.4. Зміст звіту лабораторної роботи.....	24
5. Лабораторна робота 5. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК.....	25
5.1. Загальні положення.....	25
5.2. Площинна вібрація.....	25
5.3. Розрахунок установок з площинною вібрацією.....	27
5.4. Порядок виконання роботи.....	34
5.5. Зміст звіту лабораторної роботи.....	34
6. Лабораторна робота 6. ЕЛЕКТРОКОНТАКТНЕ ОЧИЩЕННЯ. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВОК ДЛЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОЇ ОБРОБКИ.....	35

6.1. Загальні відомості.....	35
6.2. Розрахунок параметрів установок для електроконтактної обробки.....	36
6.3. Порядок виконання роботи.....	39
6.4. Зміст звіту лабораторної роботи.....	39
Список літератури.....	43

Список літератури:

1. Немирівський В.Г. Автоматичні лінії ливарного виробництва/В.Г. Немирівський. – Київ: Вища школа, 1981. – 278с.
 2. Методичні вказівки до лабораторної роботи «Розрахунок на ЕОМ механічних (інерційних та ексцентрикових) вибивних ґрат» – Харків: НТУ «ХПІ». – 1992. – 20с.
 3. Рибальченко М.А., Сперанський Б.С., Гонтаренко В.І. Обладнання ливарних цехів. Лабораторні та практичні роботи. – Київ-Донец: Вища шк., 1979. – 152 с.
 4. Nyembwe, K., Bhero, S., De Beer, J. G., & Van der Walt, J. G. (2012). Assessment of surface finish and dimensional accuracy of tools manufactured by metal casting in rapid prototyping sand moulds: general article. *South African Journal of Industrial Engineering*, 23(3), 130– 143.
 5. Lakirev SG, Khilkevich Ya M, Sergeev SV (1991) Method of excitation of circular oscillations and a device for its implementation. RF Patent 1664412, Bul. No. 27
 6. Sergeev SV, Reshetnikov BA, Zakirov RG, Sergeev Yu S (2011) Method of excitation of oscillations. RF Patent 2410166, IPC B06B 1/16, 2009119832/28, Bul. No.3
 7. Chen, J.C., Savage, M.: A Fuzzy-Net-Based Multilevel In-process Surface Roughness Recognition System in Milling Operations. (2001), *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. vol. 17, pp. 670– 676.
 8. Quintana, G. Garcia-Romeu, M.L., Ciurana, J.: Surface roughness monitoring application based on artificial neural networks for ball-end milling operations. (2009), *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 22, pp. 607– 617.
 9. Sivarao, Castillo, Taufik,: Machining Quality Predictions: Comparative Analysis of Neural Network and Fuzzy Logic. (2000), *International Journal of Electrical & Computer Sciences IJECS*. vol. 9, pp. 451– 456.
 10. Hadi, Yasir, Ahmed, Salah Gasim,: Assessment of Surface Roughness Model for Turning Process. (2006), *Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies In Product Design, Manufacturing, and Management*, in *International Federation for Information Processing (IFIP)*. vol. 207, pp. 152– 158.
-

Навчальне видання
Методичні вказівки до виконання
лабораторних робіт
з навчальної дисципліни “ Фінішні операції при виготовленні відливок ”
для студентів денної та заочної форми навчання
за спеціальністю 131 Прикладна механіка
Українською мовою
для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка
рівня бакалавра
Українською мовою

Укладач
БЕРЛІЗЄВА Тетяна Вікторівна
МАСАЛІТІНА Олена Володимирівна

Відповідальний за випуск проф. *Акімов О. В.*
Роботу до видання рекомендувала проф. *Пономаренко О. І.*

В авторській редакції

План 2024 р., поз. 58

Підп. до друку 2024 р. Гарнітура Times New Roman
Видавничий центр НТУ «ХП»,
вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від
21.08.2017 р.

Електронна версія