

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни
«Сучасні методи виготовлення ливарних форм»,
для студентів спеціальності
G10 Металургія

Харків 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни
«Сучасні методи виготовлення ливарних форм»,
для студентів спеціальності
G10 Металургія

Затверджено
редакційно-методичною
радою університету,
протокол № 2 від 26.06.2025

Харків 2025

Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни «Сучасні методи виготовлення ливарних форм», для студентів спеціальності G10 Металургія / Укл. Дьомін Д. О. – Харків, НТУ «ХП», 2025. – 16 с.

Укладачі: Д. О. Дьомін

Рецензент проф. Акімов О.В.

Кафедра ливарного виробництва

Харків 2025

Робота №1

ХТС-технології

Мета роботи

Навчитися визначати робочі параметри змішування в ХТС-технологіях.

Теоретичні відомості

Принцип технології виготовлення ливарних форм на основі використання холодно-твердіючих сумішей (ХТС-технології) полягає в тому, що процес протікає неперервно із застосуванням пари обладнання: змішувач та вібраційний стіл. Суміш має в своєму складі каталізатор, завдяки якому при подачі опоки, заповненої сумішшю, на вібраційний стіл відбувається твердіння формувальної суміші під дією вібрації.

Лопатеві змішувачі безперервної дії призначені для приготування холоднотвердіючих сумішей (ХТС) і заповнення ними ливарних форм та стрижнів у разносерійному виробництві виливків. Такі змішувачі працюють в складі автоматичних формувальних ліній (АФЛ). Приклад загальної компоновки АФЛ наведено на рис. 1.1.

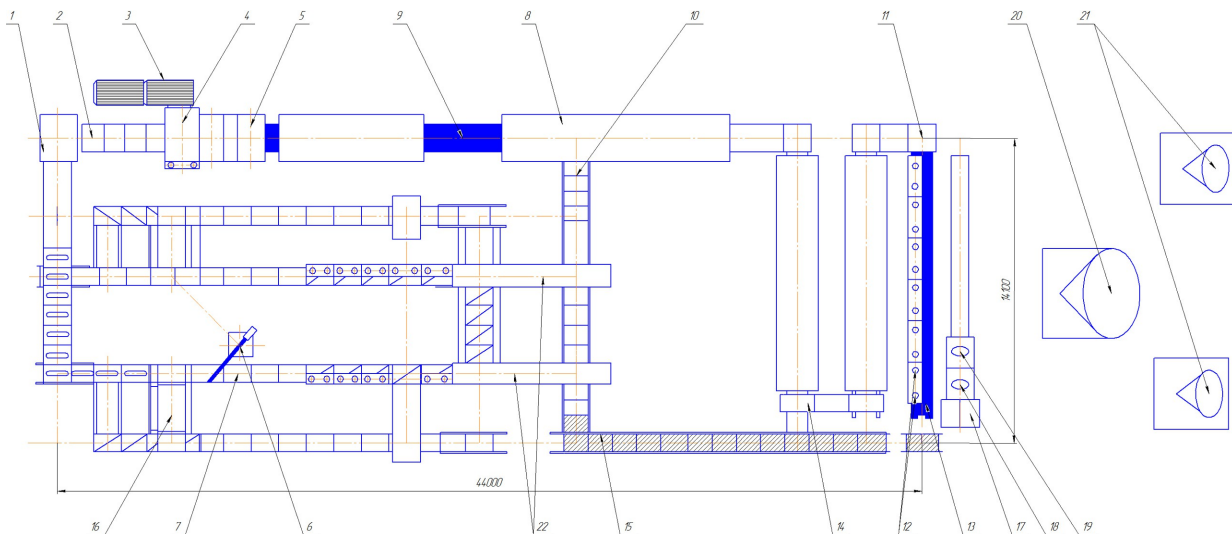


Рис. 1. 1. Приклад компоновки АФЛ з використанням в її складі змішувача ХТС

На рис 1. такі позначення:

- 1 – підйомно-поворотний стіл;
- 2 – транспортний рольганг;
- 3 – вибивні решітки;
- 4 – механізм видавлювання кома;
- 5 – приймальний стіл;
- 6 – змішувач;
- 7 – вібростіл;

- 8 – охолоджувальний кожух;
- 9 – гілка піддонів охолодження;
- 10 – рольганг повернення;
- 11 – стіл передачі форм;
- 12 – конвеєр
- 13 – вентиляційний відсмоктувач;
- 14 – перестановщик форм;
- 15, 22 – передавальний стіл;
- 16 – перестановщик опок;
- 17 – складальник форм;
- 18, 19 – ділянка заливки
- 20 – міксер
- 21 – печі індукційні

Основним агрегатом лопатевих змішувачів безперервної дії є горизонтальний вал, що обертається в коритоподібного жолобі-корпусі. При обертанні валу лопаті, закріплені на ньому, захоплюють матеріали, що перемішуються, і переміщують їх по колу і вздовж корпусу змішувача. Завдяки постійному ворошінню, перекидки, тертю про лопаті і стінки корпусу матеріали перемішуються. Зміною кута установки лопатей і частоти обертання валів забезпечується підбір режимів практично для всіх існуючих типів сумішей. Схема конструкції змішувача наведена на рис. 1.2.

У змішувачі безперервної дії компоненти подаються в один кінець жолоба, а суміші видаються через вікно на іншому його кінці, при цьому деякі компоненти можуть вводитися в різних зонах перемішування по всій довжині корпусу змішувача.

Лопатеві змішувачі мають один або два змішувальних валу в одному корпусі (одножолобні одновальні або одножолобні двохвальні), а також окремі ізольовані жолоби для кожного валу при двохвальному виконанні. У кожному з жолобів змішуються не реагуючі між собою компоненти, наприклад пісок і сполучна – в одному – пісок, в іншому – затверджувач. Остаточне змішування відбувається в вихрової голівці. Значно полегшується також наступне чищення змішувача і перехід з одного складу на інший. Для очищення вихрової головки від налиплого суміші досить дворазової продувки стисненим повітрям через вбудований колектор.

Лопатеві вали монтуються на підшипниках кочення, складаються з трьох частин: подаючого і відкидаючого шнеків і лопатевої частини між ними. Така конструкція забезпечує можливість швидкої зміни валів для очищення корпусу.

Для повороту корпусу змішувача при заповненні ящика або опоки служить опора, що представляє собою вертикальний порожнистий вал, що обертається в двох підшипниках. Наявність двох поворотних плечей у більшості змішувачів

дозволяє подавати суміш у будь-яку точку площі, що обслуговується змішувачем, обмеженою найбільшим і найменшим радіусами дії.

Пісок, що подається, проходить через дозатор, що регулює потік піску зміною перерізу прохідного отвору, що відхиляється пелюсткою. Для припинення подачі піску є відсічний шибер з пневмоприводом.

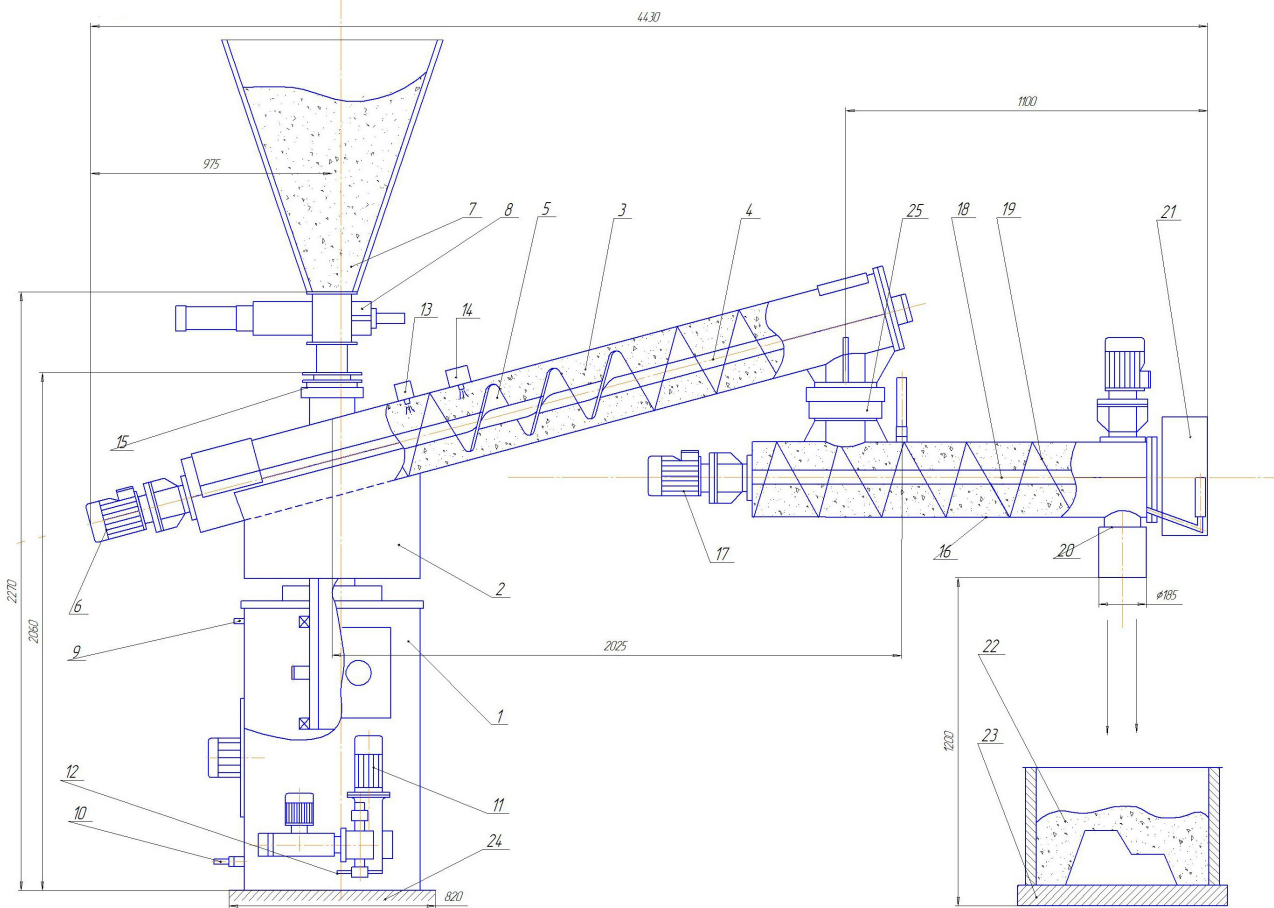


Рис. 1.2. Лопатевий змішувач ХТС

На рис. 1.2 прийняті такі позначення:

- 1 – корпус;
- 2 – поворотна опора великого рукава;
- 3 – великий рукав;
- 4 – пустотілий приводний вал;
- 5 – гвинт з лопатами;
- 6 – привід великого рукави;
- 7 – завантажувальний бункер;
- 8 – шиберних затвор;
- 9 – патрубок для стисненого повітря;
- 10 – патрубок сполучного;
- 11 – гідронасос;
- 12 – патрубок каталізатора;

- 13 – форсунка каталізатора;
- 14 – форсунка сполучного;
- 15 – вузол повороту кріплення і повороту малого рукава;
- 16 – малий рукав;
- 17 – привід центрального валу малого рукава;
- 18 – приводний вал;
- 19 – зміщуючі лопаті малого рукава;
- 20 – рукав для вивантаження;
- 21 – пульт;
- 22 – ливарна форма;
- 23 – вібростіл.

Практика розрахунку технологічних режимів

1. Визначається сумарна площу робочої камери F .

$$F = 0,8927D^2 - 0,00785 = \frac{q}{0,85c\delta_0} \text{ м}^2$$

2. Визначається діаметр робочої камери змішувача

$$D = \sqrt{\frac{F + 0,00785}{0,8927}} \text{ м}$$

де d – діаметр вала, м

3. Визначається потужність електродвигуна великого рукава

$$N_1 = \frac{\pi \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot L_1 \cdot \omega \cdot K}{3600 \cdot 10^3 \cdot \eta}^3, \text{ кВт}$$

де L_1 – довжина великого рукава змішувача, м

ω – коефіцієнт режиму роботи

K_3 – коефіцієнт запасу

η – ККД

4. Визначається потужність електродвигуна малого рукава

$$N_1 = \frac{\pi \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot L_2 \cdot \omega \cdot K}{3600 \cdot 10^3 \cdot \eta}^2, \text{ кВт}$$

де L_2 – довжина малого рукава змішувача, м

Завдання для самостійної роботи

Варіант	Довжина рукавів, м	
	L_1	L_2
1	1.7	1
2	1.4	0.8
3	1.5	0.9
4	1.6	1.1
5	1.3	1
6	1.8	1.2
7	1.9	1.3
8	1.7	1.2
9	1.6	1
10	1.5	1

Література

1. Дьомін Д. О. Ресурсозберігаючі технології у ливарному виробництві / Д. О. Дьомін, О. Б. Дьоміна, О. В. Акімов та ін. під ред. Дьомін Д. О. – ХАРКІВ: Видавництво «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР», 2012. – 320 р.

ТЕХНОЛОГІЇ ІМПУЛЬСНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ

Мета роботи

Ознайомитися з принципами виготовлення ливарних форм на машинах імпульсної формовки та визначити технологічні режими процесу виготовлення форм.

Теоретичні відомості

Імпульсна формувальна машина складається з повітряної камери 1, прикріпленої на візку 2, притискаючої рамки 9, клапана. Візок 2 переміщується за допомогою механізму переміщення по направляючій 3, яка слугує упором для імпульсної головки в момент ущільнення суміші і прикріплюється на колонах машини.

Для встановлення імпульсної головки при зміні модельно-опочного комплекту застосовується підйомник 4 й вставки 8. Стиснене повітря з магістралі при мережевому тиску поступає до очисного блоку 6 та розподіляється за допомогою пневмоапаратури, розташованої на панелі 7, до виконавчих механізмів (рис. 2.1).

Механізм переміщення слугує для переміщення імпульсної головки на робочу позицію і її реверса та складається з пневмоприводу – пневмоциліндрів, пневморозподілювачів і підвідних трубопроводів.

Механізм пресування призначений для допресовування ливарних форм після імпульсного ущільнення. У цей момент імпульсна головка знаходиться на позиції ущільнення. Стиснене повітря подається до пресового циліндру. Під дією тиску повітря формувальний стіл підіймається вгору, розсікач тисне на суміш й ущільнює її.

Механізм витяжки слугує для протяжки модельного комплекту з ливарної півформи. Витяжні поршні мають по два симетричних плеча, які слугують для підйому штоків, піддержуючих опоку при протяжці моделі.

Механізм притиску слугує для герметизації порожнини ущільнення. У його склад входять чотири пневмоциліндра і притискна рамка, яка під час процесу ущільнення в крайньому нижньому положенні упирається в наповнюючу рамку и розсікач. В вихідному положенні за допомогою пневмоциліндрів видаляється в вертикальному напрямку й притискається до плити імпульсної головки 1.

Розсікач слугує для розповсюдження повітряного потоку по всій площі опоки й виконує також функцію пресової плити. Його конструкція дозволяє регулювати рівномірність дії повітряного потоку по площі опоки на формувальну суміш.

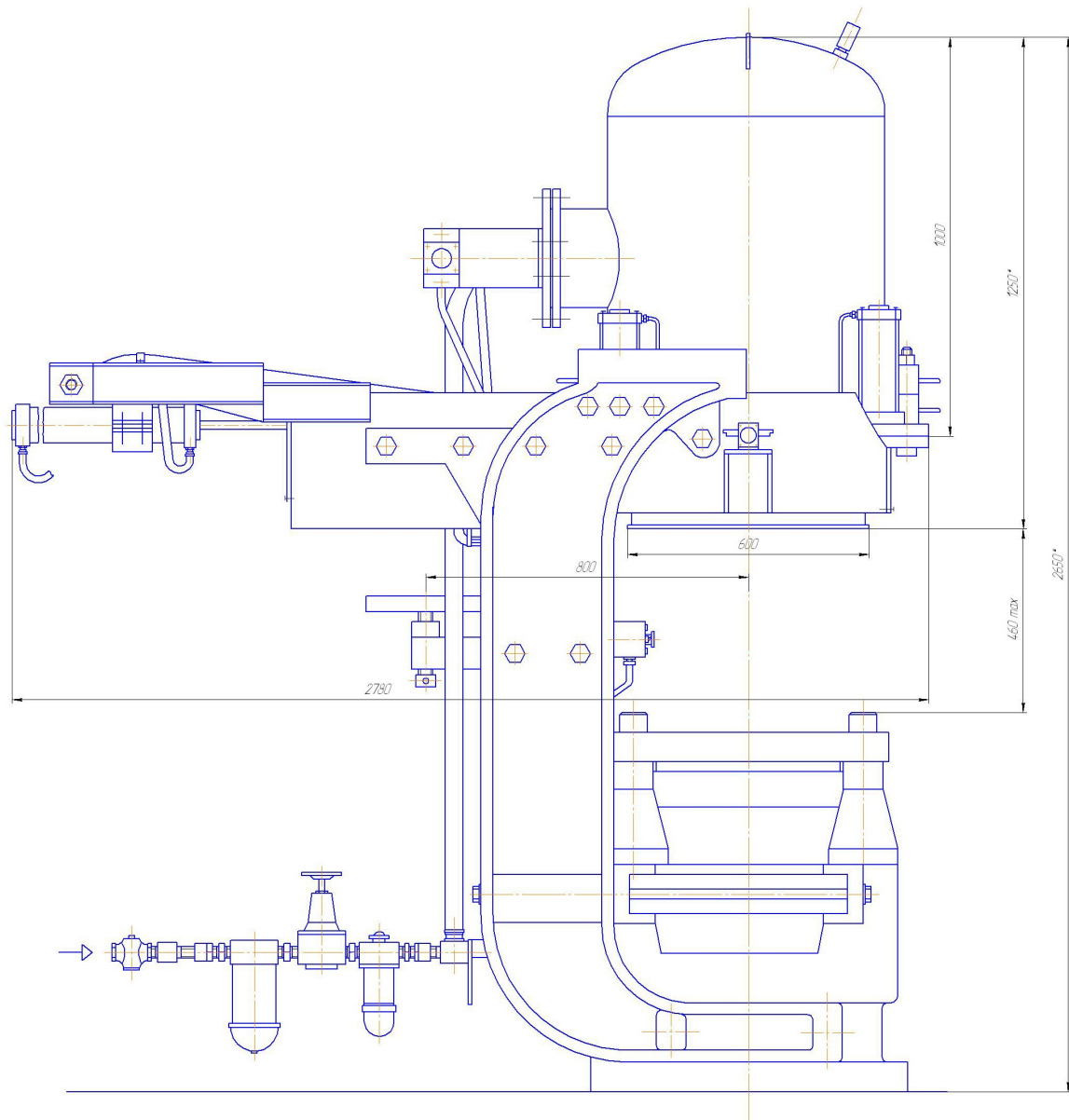


Рис. 2.1. Імпульсна формувальна машина

Візок переміщується по направляючим за допомогою пневмоциліндра і має дві позиції установки:

- вихідне положення – при закритому штоку, коли здійснюється операція засипки формувальної суміші в опочний комплект, з'йому готової півформи, установки імпульсної головки на необхідному рівні;

- робоче положення – при висунутому штоці, під час імпульсного ущільнення й пресування.

Для установки імпульсної головки на визначеному рівні над формувальним столом (при змінній висоті опоки) застосовується підйомник, за допомогою якого можна піднімати та опускати імпульсну головку.

Управління роботою машини здійснюється з пульта управління.

Формувальна імпульсна машина працює таким чином.

Повітряну камеру 1, попередньо закривши клапаном випускні отвори, заповнюють стисненим повітрям. Після засипки технологічної ємності (опока с наповнючою рамкою) формувальною сумішшю імпульсну головку за допомогою механізму переміщення 11 переміщують по направляючим 3 на позицію формовки, установлюючи соосно з опокою. За допомогою пневмоциліндрів 12 рамку 9 притискають до верхньої кромки наповнючої рамки й виступу на розсікачі, герметизуючи порожнину над формувальною сумішшю.

Імпульсне ущільнення здійснюється при відкриванні випускних отворів за допомогою клапана. Повітря з повітряної камери 1 с великою швидкістю поступає в зону над формувальною сумішшю й ущільнює її. Відпрацьоване повітря видаляється через скидальний клапан або вентилі. По закінченню процесу ущільнення клапан перекриває випускні отвори. У повітряну камеру постійно поступає стиснене повітря. Наповнююча рамка вибирається такою по висоті, щоб в ній після імпульсного ущільнення осталася частина суміші. Рамку 9 піднімають вгору. За допомогою пресового механізму, встановленого в нижній частині машини, піднімають технологічний комплект і залишена суміш в наповнючій рамці витісняють плитою розсікача в опоку, здійснюючи доущільнення верхніх шарів форми. Після допресовки формувальний стіл опускають в нижнє положення. Імпульсну головку відводять на вільну позицію й здійснюють протяжку моделі. При зміні висоти форми необхідно змінити положення імпульсної головки. Для цього її відводять на вільну позицію й прижимають до розсікача, підводячи щільно підйомник 4, вивільнюють гайки гвинтів й убирають вставки 8. Імпульсну головку за допомогою підйомника переміщують на необхідний рівень. Вставки 8 встановлюють між гайками и плитою, на якій закріплена повітряна камера 1 и затискають гайки. Підйомник 4 опускають вниз, вивільнюють імпульсну головку. Формувальна машина готова для виготовлення ливарних форм.

Так як механізмом ущільнення формувальної суміші є імпульсна камера, необхідно зробити її розрахунок. Враховуючи, що камера містить повітря під тиском й зазнає при роботі великі навантаження, основним її розрахунком є розрахунок на міцність, який здійснюється на основі розрахунків опору матеріалів.

Основні конструктивні елементи камери, які повинні бути розраховані, наступні: обичайка, еліпсоїдне днище, плоска кришка.

Керування технологічними режимами відбувається завдяки роботі пневмосистеми (рис. 2.2).

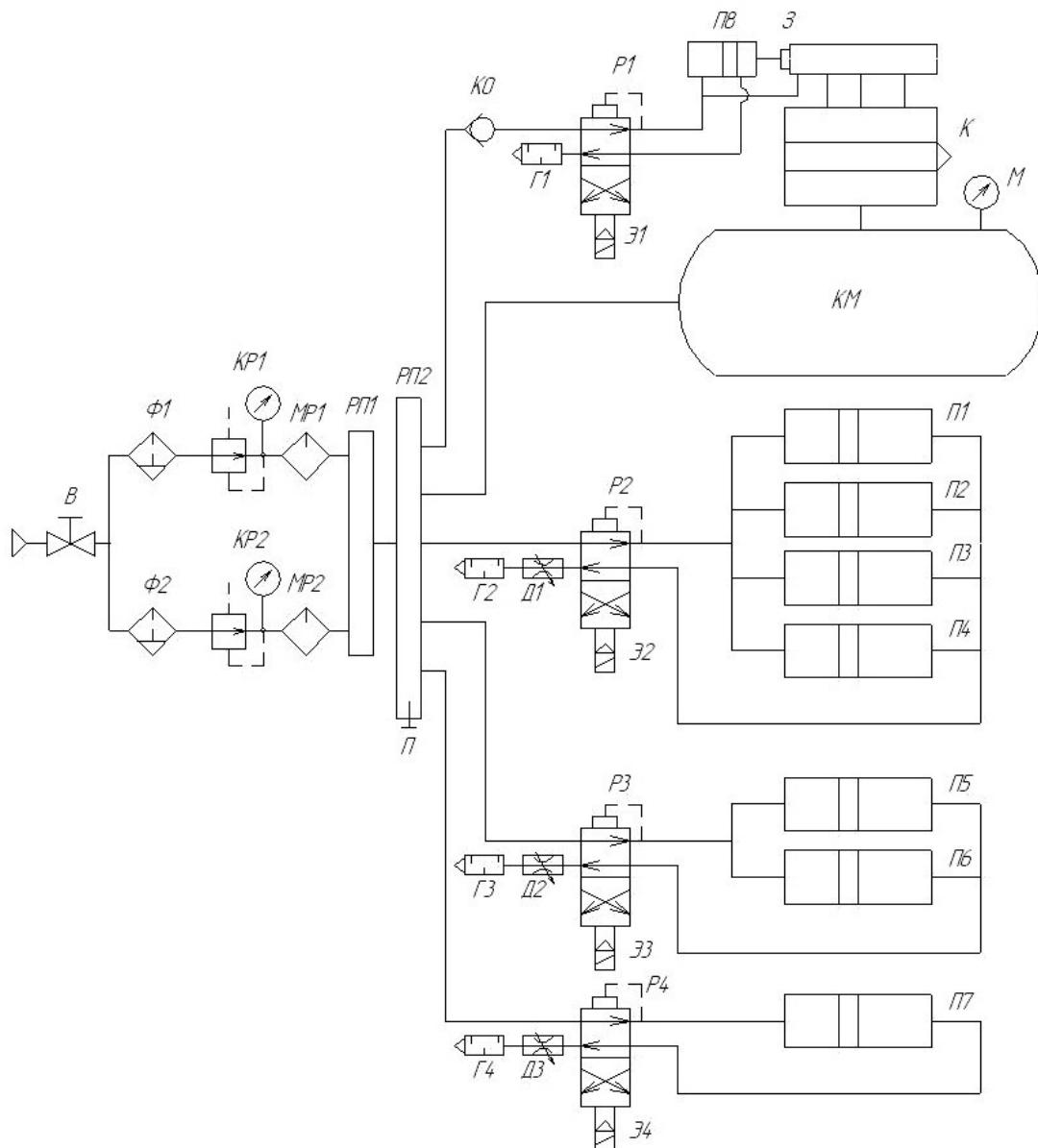


Рис. 2.2. Пневмосистема, що керує технологічними режимами виготовлення форм (напівформ)

Управління роботою машини, у тому числі й елементами пневмосистеми, здійснюється за допомогою принципової електричної схеми.

Електрична схема включає в себе електроустаткування, яке включає в себе силовий ланцюг управління. Величина перемінного току 220 В, частота – 50 Гц. Електроустаткування розміщується в шафі й пульті управління, а виконавчі органи – безпосередньо на машині.

Після імпульсу відбувається доущільнення пресуванням. Для цього розраховуються наведені нижче параметри процесу

1. Розрахунок висоти наповнювальної рамки

$$H = \left(H_{оп} - \frac{V_M}{F_{оп}} \frac{\delta}{\delta_0} - 1 \right) \delta \quad (2.1)$$

де $H_{оп}$ – висота опоки,

V_M – об'єм моделі,

$F_{оп}$ – площа опоки в світлі,

δ – щільність форми,

δ_0 – насипна щільність,

2. Розрахунок маси суміші в опоці.

$$Q_{см} = (H * B * L - V_M) * \delta \quad (2.2)$$

3. Розрахунок маси форми

$$Q_{ф} = Q_{см} + 2 * M_{оп} + V_M * \gamma_{мод} \quad (2.3)$$

де $Q_{см}$ – маса суміші в формі,

$M_{оп}$ – маса опоки,

V_M – об'єм моделі,

$\gamma_{м}$ – щільність сплаву, з якого виготовлена модель,

4. Розрахунок зусилля пресування

$$P_{прес} = P_{уд} * F_{оп} \quad (2.4)$$

де $P_{уд}$ – питомий тиск, МПа

$F_{оп}$ – площа опоки в світлі, м²

5. Сумарні втрати механізму пресування

$$\sum Qq + TR = \mu * \pi * d_{п} * l * P_{мг} \quad (2.5)$$

де μ – коефіцієнт тертя манжети з робочою поверхнею, можна прийняти $\mu=0,05$

$d_{п}$ – діаметр поршня

l – довжина ущільнення

$P_{мг}$ – тиск в машгістралі.

6. Розрахунок конструктивного зусилля пресування

$$P_{кон} = P_{тех} \times \alpha \quad (2.6)$$

де $P_{тех}$ – технологічне зусилля,

α – коефіцієнт запасу, можна прийняти $\alpha=1.2$

Практична частина

Описати принцип дії пневмосистеми, наведеної на рис. 2.2

Завдання для самостійної роботи

Розрахувати конструктивне зусилля пресування при виготовленні форм імпульсним методом.

Параметр	Позн.	Розмірн.	Значення по варіантах					
			1	2	3	4	5	
Габарити форми								
Довжина	H	м	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
Ширина	B	м	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
Висота	L	м	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Об'єм моделі	V_M	м ³	0.0025	0.004	0.0035	0.005	0.0055	
Насипна щільність	δ_0	кг/м ³	1025	1025	1025	1025	1025	
Щільність форми	δ	кг/м ³	1675	1675	1675	1675	1675	
Питомий тиск	$P_{уд}$	МПа	0.35	0.25	0.30	0.45	0.4	
Тиск в магістралі	$P_{ме}$	МПа	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
Швидкість повітря	C_v	м/с	12	12	12	12	12	
Зазор між опокою та плитою	IZ	м	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
Початкова висота	L_0	м	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
Продуктивність	Π	шт/час	80	80	80	80	80	
Маса опок	$Q_{оп}$	кг	30	30	30	30	30	
Час формовки	$[t]$	с	8	8	8	8	8	

Література

1. Дьомін Д. О. Ресурсозберігаючі технології у ливарному виробництві / Д. О. Дьомін, О. Б. Дьоміна, О. В. Акімов та ін. під ред. Дьомін Д. О. – ХАРКІВ: Видавництво «ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР», 2012. – 320 р.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни
«Сучасні методи виготовлення ливарних форм»,
для студентів спеціальності
G10 Металургія

Укладачі: ДЬОМІН Дмитро Олександрович

Відповідальний за випуск О. В. Акімов

Роботу до видання рекомендує О. І. Пономаренко

За авторською редакцією

План 2025р., поз. 679

Підп. до Друку 2025 р. Гарнітура Times New Roman

Видавничий центр НТУ «ХПІ»,

вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

Електронна версія