

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ  
І ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**до випускної атестаційної роботи бакалавра  
зі спеціальності 136 – Металургія**

**Розробка проекту цеху чавунного лиття потужністю 1500 тон виливків на рік з розвісом до 10 кг та виходом придатного понад 80 % завдяки сучасному обладнанню «білого цеху» лиття за газифікованими моделями**

Виконав: Студент групи МТ 20-1 \_\_\_\_\_ Антон ФІЛІПОВ

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Леван САІТГАРЕЄВ

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Леван САІТГАРЕЄВ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг

2024 р.

## Зміст

### Вступ

1. Технологія виготовлення виливка
  - 1.1. Загальна характеристика литої деталі
  - 1.2. Розрахунок припусків на механічну обробку маси виливка та визначення квм
  - 1.3. Розрахунок ливникової системи та її маси
  - 1.4. Розрахунок кількості виливків у формі
  - 1.5. Баланс металу. Визначити коефіцієнт виходу придатних виливків
  - 1.6. Розрахунок маси форми до і після заливки
  - 1.7. Характеристика модельного комплекту
  - 1.8. Розрахунок шихти
  - 1.9. Розрахунок норм витрат основних і допоміжних матеріалів на 1 тону придатного лиття
2. Характеристика цеху та технології лиття
  - 2.1. Аналіз цеху та виробничої програми
  - 2.2. Розрахунок фондів часу роботи ливарного цеху
  - 2.3. Технологія та обладнання виготовлення ливарних моделей та литих деталей
3. Спеціальна частина. Обладнання модельної дільниці
  - 3.1. Способи створення ливарних моделей
    - 3.2. Обладнання для спінювання полістиролу
      - 3.2.1. Переробка полістиролу, що спінюється
      - 3.2.2. Обладнання
    - 3.3. Формування полістирольних блоків та ливарних моделей
      - 3.3.1. Особливості виготовлення пінополістирольної ливарної моделі
      - 3.3.2. Автоклави
      - 3.3.3. Модельні автомати
      - 3.3.4. Допоміжне обладнання формувальної дільниці
      - 3.3.5. Верстати для різання
    - 3.4. Складання ливарних моделей
    - 3.5. Приготування антипригарних покриттів
    - 3.6. Сушка моделей
    - 3.7. Використання пінополістирольних відходів

### Висновки

## ВСТУП

Цілі та завдання бакалаврської роботи полягають в тому, що треба розробити технологію виготовлення виливки "Кришка ВУ 8.040041", розрахувати припуски, ливникову систему, вивчити обладнання та матеріали, що використовуються для виготовлення виливків за технологією ЛГМ, вивчити принцип роботи лінії для виготовлення ливарних моделей, підібрати обладнання.

Спроекувати модельне відділення цеху лиття за газифікованими моделями дрібних і середніх виливків потужністю 1500 т/рік придатного лиття, підібрати устаткування з найменшою витратою електроенергії, ресурсів, і найвищою продуктивністю.

Спосіб лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ), заснований на застосуванні відмінного від традиційного підходу до формоутворення. За традиційного підходу форма виготовляється за моделлю, що видаляється з неї після формування. Це зумовлює застосування складного оснащення, призводить до подорожчання процесу виготовлення форм, знижує розмірну точність одержуваних виливків і підвищує загальну трудомісткість їх виготовлення. Під час лиття за моделями, що газифікуються, форми виготовляють за моделями, які не видаляють, а залишають у формі, піддаючись потім газифікації в процесі її заливки сплавом. Це дає змогу ефективно розв'язати проблему підвищення точності виливків за витрат виробництва, менших, ніж за звичайного лиття в піщано-глинисті форми. Уперше цей спосіб лиття був застосований американським архітектором Г. Шроером для виготовлення художнього виливка. Газифікована модель була виготовлена з пінополістиролу. Патент на спосіб лиття за пінополістироловими моделями був отриманий у США в 1958 р.

Діапазон маси виготовлених виливків - від декількох кілограмів до десятків тонн. До теперішнього часу розроблено близько 20 різних модифікацій технологічного процесу виготовлення виливків за ЛГМ, створено технологічне обладнання, що забезпечує отримання виливків із різних сплавів за умови індивідуального, серійного і масового виробництва. Застосування окремих модифікацій ЛГМ дає змогу виготовляти виливки, які за точністю не поступаються виливкам, отриманим литтям під тиском, а за якістю поверхні - отриманим кокільним литтям за незрівнянно менших витрат на виробництво.

## 1. Технологія виготовлення виливка

### 1.1. Загальна характеристика литої деталі

У курсовому проекті необхідно розробити технологічний процес виготовлення виливки "Кришка ВУ 8.040.041".

Лита деталь "Кришка ВУ 8.040.041" виготовляється зі сплаву СЧ20 ГОСТ 1412-85. Хімічний склад представлений у таблиці 1.

Розміри деталі: довжина -272 мм, висота -50 мм, ширина - 222 мм.

Маса деталі - 3,28 кг.

Середня товщина стінки - 8 мм.

Внутрішні порожнини виливки, як і сам виливок, виготовляють за спеціальною випалюваною моделлю, яка точно повторює конструкцію виливки, переходи і кути сполучення стінок плавно переходять у тонкі перерізи виливки.

Таблиця 1.1

Хімічний склад СЧ20 ГОСТ 1412-85

%	Вуглець	%	Кремній	Марганець %	Сірка
	3,3-3,5		1,4-2,4	0,7-1	До 0,15

Таблиця 1.2

Фізичні властивості СЧ20 ГОСТ 1412-85

Марка чавуну	Щільність г, кг/м <sup>3</sup>	Лінійна усадка, е, %	Модуль пружності при розтягуванні, Е×10 <sup>-2</sup> МПа	Питома теплоємність за температури від 20 до 200°С, G, Дж(кг×К)	Коефіцієнт лінійного розширення за температури від 20 до 200°С, а 1/°С	Теплопровідність за 20°С, Вт(м×К)
СЧ20	7,1×10 <sup>3</sup>	1,2	" 850 " 1100	480	9,5×10 <sup>-6</sup>	54

Матеріал замітник ВЧ-45 ГОСТ 7293-85.

Чавун евтектичного складу має найбільшу рідкотекучість. Зниження вмісту вуглецю в доевтектичному чавуні з метою підвищення його механічних властивостей призводить до зменшення рідкоплинності, збільшення вмісту фосфору - до підвищення рідкоплинності. Включення марганцю збільшують в'язкість чавуну і зменшують рідкоплинність. Рідкотекучість чавуну значно перевищує рідкотекучість сталі.

На необроблених поверхнях виливки допускаються поодинокі раковини діаметром не більше 4 мм, глибиною не більше 2 мм у кількості не більш ніж 7 шт. на деталь.

На оброблюваних поверхнях виливки допускаються поодинокі раковини в кількості не більше ніж 5 штук, діаметром не більше ніж 2 мм, глибиною не більше ніж 2 мм.

## **1.2. Розрахунок припусків на механічну обробку маси виливка та визначення КВМ**

Точність виливки визначається за ГОСТ 26645-85.

Залежно від габаритних розмірів виливки, типу сплаву, наявності термічної обробки, складності виливки, серійності та ступеня механізації відбувається усі необхідні розрахунки.

Розрахунок припусків на механічну обробку і усадку сплаву ведеться за ГОСТ 26645-85 за таблицею №9 залежно від технічного процесу виготовлення виливки, найбільшого габаритного розміру, типу сплаву і наявності термообробки, складності виливки, серійності та ступеня механізації.

**4, 5т, 5, 6, 7т, 7**

Для виливки середньої складності при серійному виготовленні на автоматичній лінії, клас розмірної точності прийнято 5.

Ступінь викривлення визначається за таблицею №10 залежно від відношення найменшого габаритного розміру до найбільшого, типу сплаву тощо.

**5, 6, 7, 8**

Приймаємо ступінь викривлення поверхонь 7

Ступінь точності поверхонь визначають за таблицею №11 залежно від тех. процесу виготовлення, найбільшого габаритного розміру, типу сплаву тощо.

**6, 7, 8, 9, 10, 11**

Приймаємо ступінь точності поверхонь 8

Клас точності маси визначається за таблицею №13 залежно від технологічного процесу виготовлення виливки, маси, типу сплаву і наявності термообробки тощо.

**3, 4, 5т, 5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10**

Приймаємо клас точності виливки 7т

Точність виливка:

5-7-8-7т ГОСТ 26645-85

Допуск на розміри виливка визначено за табл. 1, залежно від класу розмірної точності.

Допуск форми і розташування елементів виливка визначається за табл. 2.

Загальний допуск визначається за табл. 16.

Ряд припусків на обробку виливки визначається за табл. 14 .

Мінімальний ливарний припуск визначається за табл. 5 .

Таблиця 1.3

## Номінальні розміри

Номінальний розмір на обробку, мм	Допуск розміру, мм	Допуск форми, мм	Загальний допуск, мм	Ряд припусків в	Мінімальний ливарний припуск	Загальний припуск, мм	Прийнятий припуск, мм
Ø 85	0,56	0,5	0,9	4	0,4	1,5	1,9
Ø 32	0,44	0,5	0,8	4	0,4	1,4	1,8
50	0,5	0,5	0,8	4	0,4	1,4	1,8
45	0,5	0,5	0,8	4	0,4	1,4	1,8

Загальний припуск на сторону для кожного номінального розміру визначається за табл. 6.

Прийнятий припуск визначається шляхом додавання мінімального і загального припусків.

Маса вилівка визначається шляхом додавання маси деталі, маси припусків на механічну обробку, маси напусків за формулою

$$M_{\text{отл}} = M_{\text{нап}} + M_{\text{пр}} + M_{\text{дет}}, \quad (1)$$

Обсяг припусків і напусків визначається за формулами

$$V = \pi \cdot \frac{(D^2 - d^2)}{4} \cdot h \cdot n, \quad (2)$$

де  $\pi$  - постійна величина = 3,14;

$D$  - великий розмір, див<sup>2</sup> ;

$d$  - маленький розмір, см<sup>2</sup> ;

$a$  - довжина, см<sup>2</sup> ;

$b$  - ширина, см<sup>2</sup> ;

$c$  - висота, см<sup>2</sup> ;

Припуск - прийнятий припуск (з таблиці № 8);

$n$  - кількість отворів, шт.

Розмір Ø 85. Обсяг припуску розрахуємо за формулою 2

$$V1 = 3,14 \cdot \frac{(8,5^2 - 8,12^2)}{4} \cdot 1,08 = 5,35 \text{ см}^3$$

Розмір Ø 32 при  $h=1,38$ .

$$V2 = \frac{(3,2^2 - 2,84^2)}{4} \cdot 3,14 \cdot 1,38 = 2,35 \text{ см}^3$$

Розмір Ø 32 при h=1,88.

$$V_3 = \frac{(3,2^2 - 2,84^2)}{4} \cdot 3,14 \cdot 1,88 = 3,21 \text{ см}^3$$

Розмір 45. Обсяг припуску розрахуємо за допомогою графічного редактора Компас 3D (Додаток А)

$$V_4 = 116,74 \cdot 0,18 = 21,01 \text{ см}^3$$

Розмір 50

$$V_4 = \frac{(5,0^2 - 2,84^2)}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,19 = 2,52 \text{ см}^3$$

Розмір 45. Обсяг припуску розрахуємо за допомогою графічного редактора Компас 3D (Додаток Б)

$$V_5 = 93,66 \cdot 0,18 = 16,86 \text{ см}^3$$

Визначаємо масу припусків за формулою

$$\sum M_{\text{пр}} = (V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_5) \cdot p, \text{ кг} \quad (3)$$

Підставляємо числові значення у формулу (3), знаходимо масу припусків

$$\sum M_{\text{пр}} = 51,3 \cdot 7 = 359,1 = 0,36 \text{ кг}$$

Знаходимо обсяг напусків за формулою:

$$V = \pi/2 \cdot S \cdot N \quad (4)$$

$$V = 2,83 \cdot 1,57 \cdot 2 = 8,88 \text{ см}^3$$

Визначаємо загальну масу напусків за формулою

$$M_{\text{нап}} = \sum V \cdot p, \quad (5)$$

де V-об'єм, см<sup>3</sup>; p-щільність.

Підставляємо числове значення у формулу (5), знаходимо масу напусків

$$M_{\text{нап}} = (8,88) \cdot 7 = 0,062 \text{ кг}$$

Загальна маса виливки становить

$$M_{\text{отл}} = 3,28 + 0,36 + 0,062 = 3,7 \text{ кг}$$

Знаходимо коефіцієнт використання матеріалу КВМ за формулою

$$\text{КВМ} = \frac{G_{\text{дет}}}{G_{\text{отл}}}, \quad (6)$$

де  $G_{\text{дет}}$  - маса деталі, кг;  $G_{\text{отл}}$  - маса виливки, кг.

Підставляємо числове значення у формулу (6), знаходимо КВМ

$$\text{КВМ} = \frac{3,28}{3,7} = 0,89$$

### 1.3. Розрахунок ливникової системи та її маси

Літнковою системою називається сукупність каналів для підведення металу і живлення виливки рідким металом під час її затвердіння.

Основні елементи дросельної ливникової системи: ливникова чаша, стояк, шлаковловлювач, живильники, дросель.

У ливниковій системі для виливків зі сталі встановлюють прибуток. Прибуток використовується для живлення виливки.

Перетин стояка  $F_{\text{пит}}$ , см<sup>3</sup>, знаходимо за формулою

$$F_{\text{пит}} = \frac{G}{\mu \cdot t \cdot \rho \cdot \sqrt{2g \cdot H_p}}, \quad (7)$$

де  $G$  - маса рідкого металу на відливку, г;

$\mu$  - коефіцієнт витрати,  $\mu = 0,43$ ;

$t$  - оптимальна тривалість заливання форми, с;

$H_p$  - розрахунковий статичний напір, см.

Маса рідкого металу на вилівок:

$$G = \frac{M_{\text{отл}} \cdot n}{\text{КВМ}}, \quad (8)$$



де  $M_{отл}$  - маса виливки;

$n$  - кількість виливків, шт.

Підставляємо числові значення у формулу (8), знаходимо масу рідкого металу

$$G = \frac{3,7 \cdot 4}{0,89} = 16,63 \text{ кг}$$

Оптимальна тривалість заливки  $t$ , с, визначається за формулою

$$t = S \sqrt[3]{\delta \cdot G}, \quad (9)$$

де  $G$  - маса виливки, кг;

$S$  - коефіцієнт, що залежить від товщини стінок виливки,  $s = 2,0$ ;

$\delta$  - середня товщина стінок, мм.

Підставляємо числові значення у формулу (9), знаходимо тривалість заливки

$$t = 2,0 \sqrt[3]{8 \cdot 16,63} = 10,2 \text{ с}$$

Розрахунковий статичний напір  $H_p$ , см, для сифонної ливникової системи визначається за формулою

$$H_p = H_0 - \frac{C}{2}, \quad (10)$$

де  $H_0$  - відстань від місця підведення металу до верхнього рівня металу у воронці або чаші, см;

$C$  - висота виливки, см;

$$H_p = 25 - \frac{5,36}{2} = 22,32 \text{ см}$$

Підставляємо числові значення у формулу (11), знаходимо перетин стояка

$$\Sigma F_{пит} = \frac{16630}{10,2 \cdot 7,1 \cdot 0,43 \cdot \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 22,32}} = 2,55 \text{ см}^2$$

Для рівномірного живлення виливки приймаємо систему з 2х живильників на виливок. Визначаємо площу одного живильника:

$$F_{\text{пит}} = \frac{\sum F_{\text{пит}}}{8} = \frac{2,55}{8} = 0,32 \text{ см}^2$$

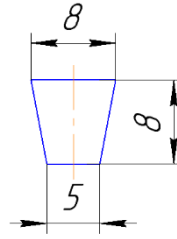


Рисунок 1.1 - Ескіз перерізу живильника

Співвідношення перерізів елементів ливникової системи для середніх і дрібних виливків

$$F_{\text{ст}}: F_{\text{шл}}: F_{\text{пит}} = 1,0: 1,1: 1,15 \quad (12)$$

де  $F_{\text{ст}}$  - перетин стояка,  $\text{см}^2$  ;

$F_{\text{шл}}$  - поперечний переріз шлаковловлювача,  $\text{см}^2$  ;

$F_{\text{пит}}$  - перетин живильника,  $\text{см}^2$  .

Площі поперечних перерізів шлаковловлювача і стояка визначимо зі співвідношення

$$\sum F_{\text{шл}} = 2,55 \cdot 1,1 = 2,8 \text{ см}^2$$

Для рівномірного живлення вилівки приймаємо систему з двох шлаковловлювачів. Визначаємо площу одного шлаковловлювача:

$$F_{\text{шл}} = \frac{\sum F_{\text{шл}}}{2} = 1,4 \text{ см}^2$$

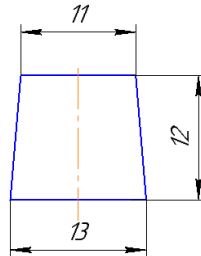


Рисунок 1.2 - Ескіз перерізу шлаковловлювача

Визначаємо площу стояка:

$$F_{\text{ст}} = 2,55 \cdot 1,15 = 2,93 \text{ см}^2$$

Знаходимо діаметр верхнього перерізу стояка  $d_{\text{см}}$ , за формулою

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ст}}}{\pi}} \quad (13)$$

Підставляємо числові значення у формулу (13), знаходимо діаметр верхнього перерізу стояка

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,93}{3,14}} = 1,93 \text{ см}$$

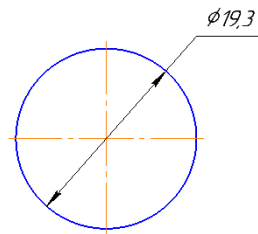


Рисунок 1.3 - Ескіз перерізу стояка

Визначимо розміри воронки

$$D_{\text{в}} = 2,7 \cdot d_{\text{ст}} = 2,7 \cdot 1,93 = 5,2 \text{ см};$$

$$H_{\text{в}} = D_{\text{в}} = 5,2 \text{ см.}$$

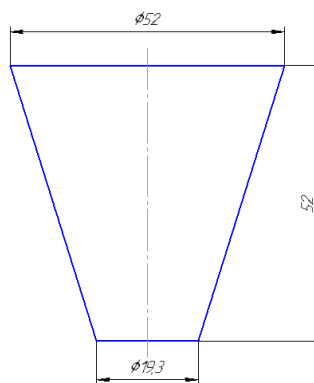


Рисунок 1.4 - Ескіз перерізу лійки

Об'єм шлаковловлювача розраховується  $V_{\text{шл.}}$ ,  $\text{см}^3$ , за формулою

$$V_{\text{шл.}} = F \cdot l, \quad (14)$$

де  $F$  - перетин шлаковловлювача,  $\text{см}^2$  ;  
 $l$  - довжина шлаковловлювача,  $\text{см}^2$  .

Підставляємо числове значення у формулу (14), знаходимо об'єм шлаковловлювача

$$V_{\text{шл.}} = 2,8 \cdot 22 = 61,6 \text{ см}^3$$

Обсяг стояка розраховується  $V_{\text{ст}}$ ,  $\text{см}^3$  , за формулою

$$V_{\text{ст}} = F_{\text{ст}} \cdot l \quad (15)$$

$$V_{\text{ст}} = 2,93 \cdot 19,9 = 58,3 \text{ см}^3$$

Обсяг воронки розраховується  $V_{\text{вор}}$ ,  $\text{см}^3$  , за формулою

$$V_{\text{воронки}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (R_1^2 + R_1 \cdot R_2 + R_2^2), \quad (16)$$

де  $l$  - довжина воронки,  $\text{см}$ ;  
 $d$  - діаметр воронки,  $\text{см}$ ;  
 $h$  - висота воронки,  $\text{см}$ .

Підставляємо числове значення у формулу (16), знаходимо об'єм лійки

$$V_{\text{воронк}} = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 5,2 \cdot (2,6^2 + 2,6 \cdot 0,96 + 0,96^2) = 55,39 \text{ см}^3$$

Обсяг живильника розраховується  $V_{\text{пит}}$ ,  $\text{см}^3$  , за формулою

$$V_{\text{пит}} = F \cdot l \cdot n , \quad (17)$$

де  $F$  - перетин ливникового ходу,  $\text{см}^2$  ;  
 $l$  - ширина ливникового ходу,  $\text{см}^2$  ;  
 $n$  - кількість живильників, штук.

Підставляємо числове значення у формулу (17), знаходимо об'єм живильника

$$V_{\text{пит}} = 0,32 \cdot 4,5 \cdot 8 = 11,52 \text{ см}^3$$

Загальний обсяг ливникової системи  $V, \text{см}^3$ , визначається за формулою

$$\sum V = V_{\text{в}} + V_{\text{шл}} + V_{\text{пит}} + V_{\text{ст}}, \quad (18)$$

де  $V_{\text{в}}$  – об'єм лійки;

$V_{\text{шл}}$  – об'єм шлаковловлювача;

$V_{\text{пит}}$  – обсяг живильника;

$V_{\text{ст}}$  – об'єм стояка;

Підставляємо числове значення у формулу (18), знаходимо загальний обсяг ливникової системи

$$\sum V = 55,39 + 61,6 + 11,52 + 58,3 = 186,81 \text{ см}^3$$

Маса ливникової системи  $M_{\text{л.с.}}, \text{г}$ , визначається за формулою

$$M_{\text{л.с.}} = \sum V \cdot \rho, \quad (19)$$

де  $\rho$  - густина металу дорівнює  $7,1 \text{ г/см}^3$ .

Підставляємо числове значення у формулу (19), знаходимо масу ливникової системи

$$M_{\text{л.с.}} = 186,81 \cdot 7,1 = 1,33 \text{ кг}$$

#### 1.4. Розрахунок кількості виливків у формі

Під час серійного виробництва виливків на автоматичній лінії слід розташовувати моделі на плиті так, щоб максимально використовувати площу опок. Оптимальне розташування моделей на плиті є істотним засобом зниження собівартості лиття.

Занижена кількість виливків в опоці призводить до зниження виробництва виливків за одних і тих самих трудових витрат з виготовлення форми, до недоцільної витрати піску.

При розташуванні виливків в опоках необхідно правильно визначити товщини шарів піску на різних ділянках форми.

## Мінімально допустимі розміри

Маса випливи, кг	Мінімально допустима товщина шару, мм				
	від верху моделі до верху опоки	від низу моделі до низу опоки	від моделі до стінки опоки	між моделями	між моделлю і шлаковловлювачем
До 5	40	50	20	30	30

З огляду на мінімально допустимі розміри у формі 700x700x450 розташуємо 4 випливи.

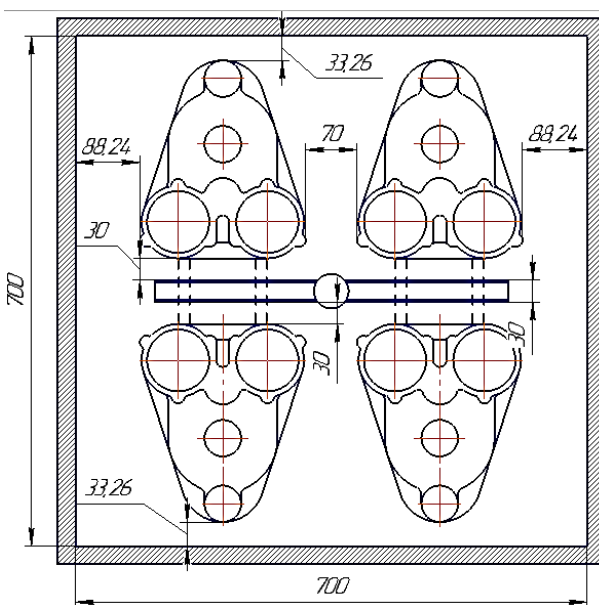


Рисунок 1.5 - Ескіз розташування випливи в опоці

### 1.5. Баланс металу. Визначити коефіцієнт виходу придатних випливи

Структурний баланс рідкого металу дає змогу визначити потребу в матеріальних ресурсах для отримання металу з метою забезпечення виробничої програми. Статті балансу враховують те, що частина металу витрачається на литники, прибутки і технологічно неминучі втрати.

До складу балансу металу входять: маса придатного литва, ливникової системи, величина у відсотках: браку 5%, виплескування 0,6%, чад 6% і безповоротні втрати приймаються з досвіду роботи ливарних цехів машинобудівного заводу.

Маса придатного лиття і ливникової системи:  $100\% - 5\% - 0,6\% - 6\% = 88,4\%$ .  
 Маса всіх виливків із ливниковою системою визначається за формулою

$$\sum m = \sum m_{\text{отл}} + m_{\text{л.с.}}, \quad (20)$$

де  $\sum m_{\text{отл}}$  - сумарна маса виливків у формі, кг;  
 $m_{\text{л.с.}}$  - маса ливникової системи, кг;  
 $m_{\text{пр.}}$  - маса надливу, кг.

Підставляємо числові значення у формулу (20), знаходимо масу всіх виливків із ливниковою системою

$$\sum m = 14,8 + 1,33 = 16,13 \text{ кг}$$

Розрахунок балансу рідкого металу для марки СЧ -20 зводимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5

Баланс рідкого металу

Структурні елементи	%	кг
Вихід придатного	81,1	14,8
Литникова система	7,3	1,33
Брак	5	0,91
Виплескування	0,6	0,11
Чад і БПВ	6	1,1
Маса завалки	100	18,25

$$M_{\text{брака}} = \frac{16,13}{88,4} \cdot 5 = 0,91 \text{ кг}$$

$$M_{\text{сл и сп}} = \frac{8,32}{88,4} \cdot 0,6 = 0,11 \text{ кг}$$

$$M_{\text{угар}} = \frac{8,32}{88,4} \cdot 6 = 1,1 \text{ кг}$$

Усього:  $14,8 + 1,33 + 0,91 + 0,11 + 1,1 = 18,25 \text{ кг}$

$$\text{Прид. лиття} = \frac{100 \cdot 14,8}{18,25} = 81,1 \%$$

$$\text{Ливн. сист} = \frac{100 \cdot 1,33}{18,25} = 7,3 \%$$

$$\text{ВСП} = \% \text{лит. сист} + \% \text{брак} + \% \text{скраб} = 7,3 + 5 + 0,6 = 12,9 \%$$

Коефіцієнт виходу придатного лиття визначається за формулою

$$\text{КВП} = \left( \frac{\sum M_{\text{вил}}}{M_{\text{м/з}}} \right) \cdot 100 \quad (21)$$

де  $\sum M_{\text{отл}}$  - сумарна маса виливків у формі, кг;

$M_{\text{м/з}}$  - маса металозавалки, кг.

Підставляємо числові значення у формулу (21), знаходимо коефіцієнт виходу придатного лиття:

$$\text{КВП} = \frac{14,8}{18,25} \cdot 100 = 81,1 \%$$

## 1.6. Розрахунок маси форми до і після заливки

Розрахунок маси форми до заливки ведеться за формулою

$$M_{\text{ф}} = M_{\text{опоки}} + M_{\text{піска}} \quad (22)$$

де  $M_{\text{опок}}$  - маса порожніх опок, кг;

$M_{\text{смеси}}$  - маса формувальної суміші у формі, кг.

Визначаємо обсяг формувальної суміші

$$V_{\text{смеси}} = V_{\text{опок}} - V_{\text{мет}} \quad (23)$$

де  $V_{\text{опок}}$  - об'єм опок,  $\text{см}^3$  ;

$V_{\text{мет}}$  - обсяг металу,  $\text{см}^3$  ;

Розміри опок у світлі 700x700x450. Визначимо обсяг опок:

$$V_{\text{опоки}} = 70 \cdot 70 \cdot 45 = 220500 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{мет}} = \frac{M_{\text{лс}} + M_{\text{отл}}}{\rho} \quad (24)$$

де  $M_{\text{отл}}$  - маса виливків у формі, г;



$M_{л.с.}$  - маса ливникової системи, г ;  
 $\rho$  - густина чавуну, г/см<sup>3</sup>,  $\rho = 7,1$  г/см<sup>3</sup>.

$$V_{мет} = \frac{14800 + 1330}{7,1} = 2271,83 \text{ см}^3$$

$$\Sigma V_{смеси} = 220500 - 2271,83 = 218228,17 \text{ см}^3$$

Визначаємо загальну масу формувальної суміші

$$M_{форм\ смеси} = V_{смеси} \cdot \rho \quad (25)$$

$$M_{форм\ смеси} = 218228,17 \cdot 1,7 = 360076,48 \text{ г.} = 360,08 \text{ кг}$$

Визначаємо масу форми до заливки

$$M_{ф.д.з.} = M_{опок} + M_{форм\ смеси} \quad (26)$$

$$M_{ф.д.з.} = 132,6 + 360,08 = 492,68 \text{ кг}$$

Визначаємо масу форми після заливки

$$M_{ф.п.з.} = M_{ф.д.з.} + M_{мет} \quad (27)$$

де  $M_{мет}$ -маса металу у формі, кг.

$$M_{мет} = M_{отл} + M_{лит.сист} \quad (28)$$

$$M_{мет} = 14,8 + 1,33 = 16,13 \text{ кг}$$

$$M_{ф.п.з.} = 492,68 + 16,13 = 508,81 \text{ кг}$$

## 1.7. Характеристика модельного комплекту

Модель для деталі "Кришка ВУ 8.040041" виготовляється з пінополістиролу.

За автоклавного способу виготовлення моделей підспінену і витриману ППС задувають у пресформи і спікають парою з температурою 110-130 °С і тиском 110-125 кПа. Конструкції автоклавів мають автоматику для контролю рівня води в котлі, температури водяної пари, тиску в камері, а також рекуператор пари. Серед нових технічних рішень за цією темою є розробка конструкції прохідного автоклава, в якому по рольгангу прес-форми проходять 3 камери, 2 крайні з них слугують своєрідними шлюзами для економії пари як теплоносія.

Слід зазначити, що ППС моделі з елементами, товщинами за 30 мм, складно стабільно пропекти за товщиною, що вимагає виконання таких місць з пустотами всередині тіла моделі. Наприклад, конструкторами і технологами інституту для виконання моделі литого стовбура гармати у вигляді товстостінної трубної заготовки з товщиною понад 70 мм було розроблено та виготовлено пресформи, в яких виготовляли складові порожнисті моделі з товщиною суцільних стінок до 12-14 мм і довжиною понад 4 м.

Під час проектування прес-форми з алюмінію треба прагнути, щоб її стінки були приблизно однієї товщини і не більше 15 мм для рівномірного спікання моделі. Що вища чистота формотворчих поверхонь оснащення, то вища чистота моделі та виливки, а також легкість вилучення моделі з прес-форми. Отримати вилівок ЛГМ-процесом з найменшою можливою шорсткістю, до 6 класу чистоти, можна, якщо поверхні прес-форми і, відповідно, моделі мають шорсткість на клас вище. При конструюванні прес-форми враховують усадку ППС і металу, що заливається.

Виготовлені моделі перед фарбуванням і складанням з елементами ливниково-живильної системи (ЛПС) мають бути висушені. Для зменшення прилипання і полегшення виймання моделі з охолодженої прес-форми поверхню її попередньо перед задуванням ППС обробляють аерозольним силіконовим мастилом.

Стиснене повітря тиском 200-250 кПа, необхідне для задувного пристрою, повинне бути сухим і без масла. Бажана наявність волого- і масловіддільника на пневмотрубопроводі.

## **1.8. Розрахунок шихти**

Розрахунок шихти проводиться з метою підбору шихтових матеріалів, що забезпечують у процесі плавки в печі заданий хімічний склад чавуну і необхідні механічні властивості виливків за мінімальної вартості рідкого металу.

Даними для розрахунку шихти є: хімічний склад шихтових матеріалів, хімічний склад чавуну, чад елементів у процесі плавки.

Таблиця 1.6

## Хімічний склад чавуну СЧ20 1412-85

	C	Mn	Si	P	S
З ДСТУ	3,3-3,5	0,7-1,0	1,4-2,4	0,2	0,15
Прийнято	3,4	0.85	2,0	0,2	0,15

Для плавки чавуну обираємо плавильну піч - індукційну тигельну піч високої частоти. Футерування печі приймаємо основне.

Таблиця 1.7

## Угар хімічних елементів під час виплавки чавуну СЧ20

Плавильний агрегат	Футерування	Чад елементів, % від вмісту в шихті				
		C	Mn	Si	P	S
Індукційна тигельна піч високої частоти	Основна	12,0	10,0	12,0	0	35,0

Таблиця 1.8

## Розрахунок шихти для сплаву СЧ20

Компоненти	Марка	Вміст у %	Маса, кг	Зміст елементів									
				С		Mn		Si		P		S	
				%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
<b>ВСП</b>	СЧ 20	12,90	159,06	3,400	5,408	0,800	1,273	1,900	3,022	0,200	0,318	0,150	0,239
Стружка чавунна	24А	5,00	61,65	3,500	2,158	0,800	0,493	2,400	1,480	0,200	0,123	0,150	0,092
Брухт чавунний	17А	30,00	369,91	3,300	12,207	0,800	2,959	1,900	7,028	0,300	1,110	0,150	0,555
Чавун передільний	ПЛ1-III-Б-4	15,00	184,96	4,400	8,138	0,700	0,129	1,000	1,850	0,120	0,222	0,040	0,074
Лом сталевий	2А	37,10	457,46	0,400	1,830	0,400	0,183	0,350	1,601	0,050	0,229	0,050	0,229
Разом у завалці		100,00	1233,05		29,741		5,037		14,981		2,002		1,189
Угар із завалки				10,000	2,974	10,000	0,504	10,000	1,498	0	0,000	0	0,000
Перейшло в чавун				2,171	26,767	0,368	4,534	0,000	13,483	0,162	2,002	0,096	1,189
Феромарганець	ФМн78	0,43	5,33	7,000	0,373	78,000	6,839	2,000	0,107	0,350	0,019	0,030	0,002
Феросиліцій	ФС75	0,68	8,38	0,100	0,008	0,400	0,034	75,000	11,178	0,050	0,004	0,020	0,002
Карбюризатор	КЛ-1	1,46	18,01	99,000	18,188							1,000	0,180
Разом феросплавів			31,72		18,570		6,873		11,285		0,023		0,183
Чад із феросплавів				12,000	2,228	10,000	0,825	12,000	1,354	0	0,0027	35,000	0,0220
Перейшло в метал				2,800	16,341	28,300	6,048	21,100	9,931	0,040	0,020	0,020	0,161
Перейшло в чавун			1264,77	3,408	43,108	0,837	10,582	1,851	23,413	0,160	2,022	0,107	1,350
Усього				3,400	41,924	0,850	10,481	2,000	24,661	0,200	2,4661	0,150	1,8496

### 1.9. Розрахунок норм витрат основних і допоміжних матеріалів на 1 тону придатного лиття

$$\text{СЧ20 КВП} = 81,1 \%$$

$$\text{Металозавалка на 1 тону придатного лиття } 1000 \times 100 / 81,1 = 1233,05 \text{ кг}$$

Таблиця 1.9

Розрахунок норм витрат основних матеріалів на 1т. придатного лиття

Найменування	Марка	ГОСТ, ТУ	%	кг
ВСП	СЧ 20		12,90	159,06
Стружка чавунна	24А	2787-75	5,00	61,65
Брухт чавунний	17А	2787-75	30,00	369,91
Чавун передільний	ПЛ1-III-Б-4	805-95	15,00	184,96
Лом сталевий	2А	2787-75	37,10	457,46
Усього			100,00	1233,05
Феромарганець	ФМн78	4755-91	0,43	5,33
Феросиліцій	ФС75	1415-93	0,68	8,38
Карбюризатор	КЛ-1	5279-74	1,46	18,01
М/З			102,57	1264,74

Визначаємо норму витрати допоміжних матеріалів на 1 тону придатних виливків.

1 Обсяг формувального піску дорівнює

$$V_{\text{форм.смети}} = 218228,17 \text{ см}^3$$

2. Маса формувальної суміші

$$M_{\text{форм.сметм}} = V_{\text{форм.смети}} \cdot \rho \quad (29)$$

$$M_{\text{форм.смети}} = 218228,17 \cdot 1,7 = 360,08 \text{ кг}$$

3. маса з урахуванням втрат 3 %

$$П = M_{\text{ф.с.}} \cdot 0,03 \quad (30)$$

$$П = 360,08 \cdot 0,03 = 10,802 \text{ кг}$$

де П—втрати 3%.

$$M_{p.f.c.p.} = M_{ф.с.} + П = 360,08 + 10,802 = 370,882 \text{ кг}$$

4 Визначаємо співвідношення маси виливків однієї форми до однієї тонни

$$\frac{M_{отл}}{1000} = \frac{14,8}{1000} = 0,014$$

5. Визначаємо масу формувальної суміші, що витрачається, на 1 тонну

$$M_{p.f.c.} = \frac{M_{p.f.c.p.}}{0,014}, \quad (31)$$

$$M_{p.f.c.} = \frac{370,882}{0,014} = 26491,57 \text{ кг/т}$$

Таблиця 1.10

Норма витрати формувальної суміші на 1 тонну придатного лиття

Найменування компонентів	Вміст, %	Маса, кг
Кварцовий пісок Об1К03 або Об2К03	75	23882,65
кварцовий пісок Об1К02 або Об2К02	25	7960,88
	100	31843,53

Визначаємо норму витрати пінополістиролу на 1 тонну придатних виливків.

1. Обсяг пінополістиролу

$$V_{\text{мод.смеси}} = V_{\text{модели}} + V_{\text{л.с.}}, \quad (32)$$

$$V_{\text{модели}} = \frac{m_{\text{отл}}}{\rho}, \quad (33)$$

Знаходимо об'єм, см<sup>3</sup>, металу за формулою (33):

$$V_{\text{модели}} = \frac{14800}{7,1} = 2084,51 \text{ см}^3$$

Знаходимо об'єм, см<sup>3</sup>, пінополістиролу за формулою (32):

$$V_{\text{мод.смеси}} = 2084,51 + 186,81 = 2271,32 \text{ см}^3$$

2. Маса пінополістиролу

$$M_{\text{ППС}} = V_{\text{мод.смеси}} \cdot \rho, \quad (34)$$

Знаходимо масу, кг, пінополістиролу за формулою (34):

$$M_{\text{ППС}} = 2271,32 \cdot 0,030 = 0,068 \text{ кг}$$

Визначаємо масу пінополістиролу суміші на 1 тону

$$M_{\text{р.ф.с.}} = \frac{M_{\text{р.ф.с.п.}}}{0,014}, \quad (35)$$

$$M_{\text{р.ф.с.}} = \frac{0,068}{0,014} = 4,86 \text{ кг/Т}$$

## РОЗДІЛ 2. Характеристика цеху та технології лиття

### 2.1 Аналіз цеху та виробничої програми

Ливарний цех має бути оснащений сучасним обладнанням. На плавильній ділянці встановлено середньочастотні індукційні печі. Заливка форм металом проводиться на технологічній лінії. Модельний цех для виготовлення моделей з пінополістиролу, що газифікуються, оснащений автоматами і автоклавами.

Чинне виробництво ЛГМ у формах із кварцового піску включає:

- Склад формувальних і шихтових матеріалів;
- Плавильне відділення;
- Формувальне відділення (автоматизована лінія формування, заливки і вибивання форм із системою вакуумування форм під час їх заливки металів та охолодження виливків і системою регенерації оборотного кварцового піску);
- Модельне відділення;
- Очисне відділення
- Ремонтно-механічне відділення.

У розробленому мною проекті виконано завдання:

- Розрахунок виробничої програми;
- Розрахунок фондів часу роботи обладнання;
- Розрахунок кількості обладнання;
- Розрахунок виробничої програми

У розробленні проекту важливою частиною є розрахунок виробничої програми.

Планом цеху чавунного литва є виготовлення виливків зі зносостійких сплавів з річним випуском з річним випуском 5000 тон. Використовуваний ливарний сплав СЧ20 Чавун легований для виливків зі спеціальними властивостями.

Виробництво є масовим.

Масові групи виливків розділяться на 3 групи:

- Виливки масою 0,1-1 кг;
- Виливки масою 1-5 кг;
- Виливки масою 5-15;

Виробнича програма цеху представлена в таблиці 2.1.



Таблиця 2.1

## Виробнича програма цеху

№	Назва відливка	Маса відливка, кг	Кількість деталей в опці шт	Маса вилівка з ЛПС та надливами, кг	Кількість деталей на річну програму	Маса рідкого металу на опоку кг	Кількість опок на річну програму, шт	Маса деталей на річну програму, кг	Маса рідкого металу на річну програму, кг
1	Расспредкамера	2,7	15	5,4	4000	81	267	10800	21600
2	Кришка ВУ	3,2	4	6,4	25000	25,6	6250	80000	160000
3	Расспредкамера	4	12	8	30000	96	2500	120000	240000
4	Импеллер	0,6	24	1,2	95000	28,8	3959	57000	114000
5	Импеллер	0,85	24	1,7	70000	40,8	2917	59500	119000
6	Импеллер	0,95	24	1,9	70000	45,6	2917	66500	133000
7	Лопасть	1,2	60	2,4	95000	144	1584	114000	228000
8	Лопасть	1,4	50	2,8	45000	140	900	63000	126000
9	Лопасть	1,6	45	3,2	40000	144	889	64000	128000
10	Лопасть	1,8	40	3,6	30000	144	750	54000	108000
11	Лопасть	2	40	4	25000	160	625	50000	100000
12	Боковая броня турбины	5,2	14	10,4	10000	145,6	715	52000	104000
13	Боковая броня турбины	6	12	12	8000	144	667	48000	96000
14	Боковая броня турбины	6,2	10	12,4	10000	124	1000	62000	124000
15	Боковая броня турбины	7,8	9	15,6	8000	140,4	889	62400	124800
16	Торцевая броня турбины	15	5	30	5000	150	1000	75000	150000
17	Торцевая броня турбины	18	4	36	10000	144	2500	180000	360000
18	Торцевая броня турбины	21	3	42	7000	126	2334	147000	294000
19	Верхняя броня турбины	6	11	12	10000	132	910	60000	120000
20	Верхняя броня турбины	7,5	10	15	10000	150	1000	75000	150000
21	Итого				607000	2305,8	34573	1500200	3000400

## 2.2 Розрахунок фондів часу роботи ливарного цеху

У ливарних цехах застосовуються два основні режими роботи:

- Ступінчастий (послідовний) з поділом операцій у часі в ізолюваному загальному приміщенні;
- Паралельний, режим, за якого всі технологічні операції виконуються одночасно на різних виробничих дільницях.

У цій випускній кваліфікаційній роботі застосовується паралельний режим роботи цеху.

Фонди часу розраховують, виходячи з наявних законоположень про робочі та вихідні дні та тривалості робочого дня і кількості змін. У розрахунках режимів роботи використовують номінальний і дійсний фонди часу.

Номінальний фонд часу розраховується за формулою:

$$T_H = (365 - P) * C * Ч,$$

де  $T_H$  - номінальний фонд часу, год;

$P$  - число вихідних і святкових днів у році ( $52 * 2 + 9$ );  $C$  - кількість змін (2);

$Ч$  - тривалість робочої зміни (8 год).

Номінальний фонд робочого часу дорівнює 4032 год.

Дійсний фонд часу роботи обладнання та робітників визначається за формулою:

$$T_D = T_H - П,$$

де  $T_D$  - дійсний фонд часу, год;

$П$  - втрати робочого часу, год.

Втрата робочого часу під час експлуатації обладнання спричинена його ремонтом і відсутністю працівника з поважної причини (хвороба, відпустка, дикретна відпустка тощо). Час, витрачений на ремонт устаткування, час простою через брак працівників з поважної причини залежить від тривалості ремонту, хвороби, відпустки і незалежно від його складності та тривалості відносно номінального часового фонду в розмірах: 3,5% за роботи в одну зміну, 4,5% - у дві зміни, 5,8-6,5% за роботи в три зміни. Простій печей допускається тільки для їх ремонту.

Дійсний фонд часу робітників залежить від тривалості відпустки, хвороби шкідливості виробництва і визначається за формулою:

$$T_D = T_H * K,$$

де  $K$  - коефіцієнт втрат:  $K = 0,885$  - для шкідливих робіт;

$K = 0,895$  - для формувального відділення;

$K = 0,925$  - для інших відділень.

Дійсний фонд часу для шкідливих робіт дорівнює 3568 годин.

Дійсний фонд часу для формувального відділення дорівнює 3608 годин.

Дійсний фонд часу для інших відділень 3730 годин.

### 2.3 Технологія та обладнання виготовлення ливарних моделей та литих деталей

Під час отримання виливків у піщаних формах без сполучного значно спрощуються операції виготовлення і вибивання форми, а їхня тривалість різко зменшується.

Як вихідний матеріал для виготовлення форм рекомендується застосовувати кварцовий пісок, що відповідає таким вимогам:

- глиниста складова не повинна перевищувати 0,5%;
- пісок повинен мати округлу або напівкруглу форму зерна, що дає змогу збільшити газопроникність ливарної форми і знизити брак під час лиття через газові раковини;
- вологість піску (і будь-якого іншого наповнювача) не повинна перевищувати 0,5%.

Найменування компонентів	Вміст, %
Кварцовий пісок Об1К03 або Об2К03	75
кварцовий пісок Об1К02 або Об2К02	25

Виготовлення моделей з пінопластів на основі епоксидних смол, поліуретану, фенольно-резольних смол, полістиролу та інших матеріалів показало, що найприйнятнішими для лиття за моделями, що газифікуються, є пінопласти на основі полістиролу, бо вони мають найменшу газоутворюючу здатність, мінімальний негазифікуємий залишок після розкладання та вирізняються високою швидкістю газифікації.

Полістирол отримують у результаті полімеризації стиrolу - ароматичної сполуки з ненасиченим бічним зв'язком  $C_6H_5CH = CH_2$ . Стирол - безбарвна рідина густиною  $0,905 \text{ г/см}^3$  і температурою кипіння  $145 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Пінополістироли Р106 і Р107 відрізняються від марок інших виробників підвищеним вмістом пентану (понад 7-8%), що забезпечує їхню високу живучість і якість поверхні піно-моделей.

Таблиця 2.2

#### Основні властивості пінополістиролу

Зовнішній вигляд	білі перли, як сфера
Питома вага	приблизно.1.06
Насипна щільність	приблизно.0.6-0.65
Пінополістирол	92-95%
Піноутворювач	6-9%

Вільний мономер	<0.3%
Вміст води	<0.5%

Перша операція в технології виробництва пінополістирольної моделі - попереднє (первинне) спінювання полістиролу. Попереднє спінювання здійснюють у спеціалізованій установці - автоматичного попереднього спінювання полістиролу періодичної дії EPS-JF-100. Характеристики установки представлені в таблиці 2.3.

Бісер вихідного полістиролу завантажується в бункер передспінювача, звідки йде порційний забір сировини в автоматичному режимі. Управління всіма вузлами установки здійснює програмований логічний контролер (PLC). Завдання оператора установки - стежити за процесом і завантажувати нові порції вихідного полістиролу в приймальний бункер.

Таблиця 2.3

Характеристики установки EPS-JF-100

Найменування показників	Од. вим.	Значення
Обсяг камери спінювання	м <sup>3</sup>	0,12
Продуктивність передспінювача	кг/год	135
Необхідний тиск пари	атм	2-3
Час циклу	хв	1,5
Габаритні розміри передспінювача (ДхШхВ)	мм	1100x800x150
Продуктивність сушарки	кг/год	400
Габаритні розміри сушарки (ДхВхШ)	мм	4400x1600x1100

Розрахуємо кількість передспінювачів EPS-JF за формулою:

$$N = \frac{Q}{T_d * q}$$

де N - кількість одиниць обладнання, шт;

Q - маса полістиролу на річну програму, кг;

T<sub>d</sub> - дійсний фонд часу, год;

q - продуктивність обладнання, кг/год.

$$N = \frac{9000}{3730 * 135} = 0.017 = 1 \text{ шт}$$

Кількість попередніх спінювачів EPS-JF дорівнює 1. Прийнята кількість обладнання повинна задовольняти нерівності  $0,7 \leq K_3 \leq 0,9$ , де K<sub>3</sub> - це коефіцієнт завантаження обладнання, який знаходиться за формулою:

$$K_3 = \frac{N_{\text{расч}}}{N_{\text{ф}}}$$

де  $N_{\text{расчт}}$  - розрахункова кількість обладнання, шт;  $N_{\text{ф}}$  - прийнята кількість обладнання, шт.

$$K_3 = \frac{0.017}{1} = 0,017$$

Після попереднього спінювання відбувається задування пінополістиролу в прес форму. Наступним етапом виготовлення моделі є запікання пінополістиролу в автоклаві.

Автоклав ГК-100-3ПМ використовується для виготовлення невеликих і середніх пінополістирольних моделей методом вторинного спінювання в ручній алюмінієвій прес-формі. Такі операції, як: складання прес-форми, задування попередньо спіненого полістиролу, переміщення форми в камеру автоклава, витягування з камери, переміщення у ванну охолодження, розбирання та витягування моделі, здійснюються вручну оператором автоклава - модельником. Характеристики установки представлені в таблиці 2.4.

Автоклав має власний теновий парогенератор, крім цього автоклав можливо підключити до зовнішнього джерела пари. Вузли, що контактують з водяною парою, виконані з нержавіючої сталі. Для полегшення завантаження прес-форм кожен автоклав має висувний кошик, завдяки якому прес-форми опиняються в центрі камери. Режим обробки може варіюватися в широкому діапазоні як за температурою 40-135°C так і за часом 0-60 хв. Нагрівання прес-форм здійснюється рівномірно з усіх боків. Контроль температури всередині камери здійснює термопара, що передає сигнал на регулятор. По завершенню часу теплової обробки тиск у камері скидається. Двері автоклава розблоковуються. Це гарантує безпеку роботи персоналу.

Таблиця 2.4

Характеристики автоклава ГК-100-3ПМ

Параметр	Значення
Робочий тиск пари у стерилізаційній камері, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	0,22 (2,2)
Споживана потужність, кВа, не більше	14
Внутрішній діаметр стерилізаційної камери, мм	400+2
Кількість режимів роботи	100
Максимальна температура пари, °C	132
Габарити (д×ш×в +/-50), мм	1170×1000×1465
Продуктивність кг/год	30

Розрахуємо кількість автоклавів ГК-100-3ПМ за формулою:

$$N = \frac{Q}{T_d * q}$$

де N - кількість одиниць обладнання, шт;

Q - маса полістиролу на річну програму, кг; T<sub>д</sub> - дійсний фонд часу, год;  
q - продуктивність обладнання, кг/год.

$$N = \frac{9000}{3730 * 30} = 0.08 = 1 \text{ шт}$$

Кількість автоклавів ГК-100-ЗПМ дорівнює 1. Прийнята кількість обладнання повинна задовольняти нерівності  $0,7 \leq K_3 \leq 0,9$ , де K<sub>3</sub> - це коефіцієнт завантаження обладнання, який знаходиться за формулою:

$$K_3 = \frac{N_{\text{расч}}}{N_{\text{ф}}}$$

Де N<sub>расч</sub> - розрахункова кількість обладнання, шт;

N<sub>ф</sub> - прийнята кількість обладнання, шт.

$$K_3 = \frac{0.08}{1} = 0,08$$

Після запікання форми в автоклаві відбувається виймання моделі з форми з подальшим складанням її в єдину модель, що містить у собі 4 моделі та елементи ливникових систем.

Найпоширеніший спосіб складання моделей полягає у з'єднанні її частин за допомогою клею, до якого висуваються такі вимоги: клей не повинен розчиняти пінополістирол, при нанесенні тонкого шару на роз'єм моделі він повинен забезпечувати міцне з'єднання, порівняно швидко тверднути і не залишати коксового залишку після термодеструкції пінополістиролу. Клеї для пінополістирольних моделей застосовують двох видів: рідкі за нормальної температури і тверді, які попередньо розплавляються за температур 110-140° С і швидко тверднуть при охолодженні. Типові термоплавкі клеї виготовляють на основі полімерів, вони містять кріпителі, модифікатори і стабілізатори. Як полімерну основу зазвичай застосовують поліпропілен, поліетилен, синтетичний каучук, поліпропілен.

і етиленвінілацетат. Вони забезпечують міцність і жорсткість склеювання. Кріпителями є низькомолекулярні смоли, що додаються для поліпшення адгезійних властивостей клею. Як модифікатори використовують віск і мала, які регулюють в'язкість і теплостійкість клею. Неорганічні наповнювачі в цих клеях не використовуються. Для збереження властивостей клею застосовуються стабілізатори та антиоксиданти. Як твердий розплавлюваний клей можна рекомендувати клей марки ГИПК 25-28. Номер патенту 1781273.

Рідкі швидко висихаючі клеї застосовують частіше під час ручного складання моделей, розплавлені - під час машинного. Для ручного складання моделей рекомендується застосовувати клеї, розчинником у яких є бензин або спирт, наприклад БФ-2 [9].

Клей БФ "з'явився на світ" у 1946 році.

Своєю появою він зобов'язаний відомому вченому-хіміку Г.С. Петрову - людині, яка першою в Росії створила карболіт - першу в історії країни пластичну масу, успішно запущену пізніше у виробництво.

Клей БФ 2 ГОСТ 12172-74\* термореактивний однокомпонентний клей, що полімеризується, який являє собою фенолформальдегідну смолу і полівінілацеталь або полівінілбутираль, розчинені в етиловому спирті, ацетоні або хлороформі.

Технічні характеристики клею БФ-2 розглянуто в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Технічні характеристики клею БФ-2

Показник	Характеристика
Умовна в'язкість за віскозиметром ВЗ-246 при температурі 20° С	25-55
Температура експлуатації	60-80°С
Вміст сухого залишку	14-17%
Межа міцності клейового з'єднання під час зсуву, не менше ніж	19,6 МПа (200 кгс/см <sup>2</sup> )
Вигин клейової плівки після затвердіння, не більше	3 мм

Припустиме застосування клею як простого клею, що висихає. Після гарячої полімеризації створює малоеластичний шов із термостійкістю до 180°С.

Клей БФ 2 застосовується для склеювання металу з кольоровими металами, з нержавіючою сталлю, з неметалами: клей БФ 2 склеює пластмаси, дерево, скло, кераміку, шкіру. Відрізняються хорошими електроізоляційними властивостями, волого- і теплостійкістю клейового шва. Клей БФ-2 стійкий у кислих середовищах навіть при нагріванні до 60-80°С.

Технологія з'єднання частин моделей за допомогою клею включає такі операції:

- Підготовка поверхонь частин моделей, що з'єднуються;
- Нанесення тонкого шару клею на підготовлені поверхні;
- Витримку на повітрі змащеної поверхні для видалення розчинника;
- З'єднання частин моделі при незначному їх стисненні.

Слід враховувати під час роботи з клеєм вологість і температуру повітря в приміщенні, які повинні відповідати нормальним умовам.

Під час машинного складання моделі встановлюють у кондуктор, потім на сполучну поверхню валиком або копіром наносять розплавлений клей, і половинки моделей швидко з'єднуються за деякого зовнішнього тиску. Після короткочасної витримки готову модель витягують із кондуктора.

Кінцевою операцією перед формуванням моделі або підробленого блоку є застосування протипригарного покриття, на яке накладаються особливі вимоги, що виникають у результаті технології виробництва виливків, процесів, що відбуваються в прес-формах під час розливання в них металів. Протипригарне покриття наносять на поверхню моделі з низькою шорсткістю, тому покриття має добре змочувати матеріал моделі, утворюючи міцний адгезійний зв'язок із поверхнею. Під час формування моделей і прес-формах формуваль-

ний матеріал наносять на антипригарне покриття, тому він повинен мати високу стійкість до стирання і достатню міцність зчеплення. Під час заливання металу модель руйнується з утворенням парогазової фази, яку необхідно вільно транспортувати із зони взаємодії моделей з металами через протипригарне покриття, тому покриття повинно мати достатню газопроникність. Однак необхідно, щоб пористість покриття не зменшувала його технологічну міцність і, зберігаючи необхідну газопроникність, забезпечувала виробництво виливків без пригару.

Для чавунних виливків пропонується покриття з високою газопроникністю, когезійною та адгезійною міцністю на основі органічних термостійких смол.

Як вогнетривкий наповнювач для чавунних виливків використовують - дистен-сілліманіт, графіт (прихованокрітсалическій 80% і кристалічний 20%), перліт спучений. Газопроникність покриття збільшується зі збільшенням зернистості вогнетривкого наповнювача у фарбі.

Для невідповідальних дрібних виливків можна застосовувати водні покриття на основі паст ГП-1, ГП-2 для чавунних виливків ТП-1, ТП-2.

Нанесення протипригарного покриття на модель здійснюється такими способами:

- Зануренням;
- Обливом;

Пульверизатором і пензлем.

Вибір способу нанесення покриття визначається конструктивними параметрами моделі, її габаритними розмірами, жорсткістю, міцністю і серійністю виробництва.

Сушіння протипригарного покриття є заключною операцією перед формуванням моделі або модельного блоку. Застосовуються три способи сушіння протипригарного покриття:

- Природна;
- Примусова теплова;
- Комбінована.

При природному сушінні модель після фарбування поміщається під витяжну парасольку, де і витримується до видалення розчинника. Природне сушіння застосовується головним чином при нанесенні на модель швидковисихаючих покриттів на спиртовому або бензиновому розчинники. Час сушіння залежить від щільності фарби, товщини її шару і становить для одноразового покриття 2-2,5 год. Необхідно так само враховувати, що на тривалість процесу сушіння істотно впливають вологість і температура повітря в приміщенні.

Теплова сушка застосовується для водних покриттів. Вона проводиться в тупикових або прохідних сушарках у потоці гарячого повітря за температури 55-60° С. Час сушіння становить 1-10 год. І залежить від товщини шару покриття та його складу.

Комбіновані методи використовують у серійному виробництві. Для скорочення часу видалення вологи при застосуванні водних пригарних покриттів.



Даним способом пофарбована модель спочатку піддається сушінню в повітряному потоці при температурі 50-60° С протягом 30-90 хв, при цьому видаляється 60-80% вологи. Після чого модель поміщається в мікрохвильову піч на 6-15 хвилин для видалення води, що залишилася.

Досвід роботи з ЛГМ технології показує, що 30% успішного виробництва залежить від антипригарного покриття, його властивостей. Фарбозмішувач DF-1000 оснащений нижнім активатором, має 12 швидкісних режимів, що дасть змогу за допомогою частотного перетворювача тримати антипригарне покриття в постійній готовності для використання. Об'єм фарбозмішувача становить 160л і має продуктивність 100 л/год. Кількість у цеху - 2 шт.

Наступним етапом відбувається встановлення єдиної моделі в опоку, в якій знаходиться суміш певного рівня.

Формування є найважливішою операцією для забезпечення якості майбутньої виливки. Важливо, щоб піском були заповнені всі канали та порожнини майбутніх виливків, інакше розплав прорве антипригарне покриття і піде в пісок. Після вакуумування опоки пісок набуває необхідної міцності і дає змогу розпочинати заливку.

Вакуумні опоки 700x700x450 являють собою зварні коробки, призначені для формування пінополістирольних модельних блоків вогнетривким наповнювачем. Бічні та нижня стінки опоки мають вакуум-проводи, ізольовані від внутрішнього простору опоки нержавіючою металевою сіткою. Встановлення модельного блоку в опоку проводиться вручну або за допомогою роботоманіпулятора, при цьому відстань від нижньої стінки не менше 70 мм. Після заповнення опоки піском проводиться ущільнення за рахунок вібрації. Далі опока накривається зверху поліетиленовою плівкою і засипається шаром піску в 20-40 мм. Підключення опоки до вакуумної системи здійснюється через армований гумовий рукав.

Для переміщення опоки вантажопідйомним механізмом передбачені спеціальні цапфи. Опока може комплектуватися колісними парами для пересування по рейках.

Після наповнення форми піском відбувається формування струшуванням на вібростолі.

Вібростіл XYZ, з розмірами вібростола 1200x1200x750 і вантажопідйомністю 1.5т, призначений для ущільнення вогнетривкого наповнювача (піску) у вакуумній опці. Вібростіл ЛГМ оснащується трьома парами вібродвигунів, встановленими на кожну з просторових осей - X, Y, Z. Під час роботи двигуни мають різноспрямоване обертання, що сприяє якісному ущільненню піску по всьому об'єму опоки. Установку опоки на вібростіл можливо здійснювати за допомогою вантажопідйомного механізму. Для ефективної передачі вібрації від вібродвигунів до опоки опціонально пропонується встановлення пневматичних затискачів.

## Характеристики вібростола XYZ

Найменування показників	Од. вим.	Значення
Вантажопідйомність	т	1.5
Розміри вібростола (ДхВхШ)	мм	1200х1200х750
Максимальні розміри опоки (ДхВхШ)	мм	1000х1000х1500
Продуктивність	т/год	3

Розрахуємо кількість вібростолів XYZ за формулою:

$$N = \frac{Q}{T_d * q}$$

де N - кількість одиниць обладнання, шт;

Q - маса піску на річну програму, кг;

T<sub>d</sub> - дійсний фонд часу, год;

q - продуктивність обладнання, т/год.

$$N = \frac{9800}{3568 * 3000} = 0.0009 = 1 \text{ шт.}$$

Кількість вібростолів XYZ дорівнює 1. Прийнята кількість обладнання має задовольняти нерівності  $0,7 \leq K_3 \leq 0,9$ , де K<sub>3</sub> - це коефіцієнт завантаження обладнання, який знаходиться за формулою:

$$K_3 = \frac{N_{\text{расч}}}{N_{\text{ф}}}$$

де N<sub>расч</sub> - розрахункова кількість обладнання, шт;

N<sub>ф</sub> - прийнята кількість обладнання, шт.

$$K_3 = \frac{0,0009}{1} = 0,0009.$$

Після струшування опока, заповнена формувальною сумішшю, покривається плівкою і підключається до вакуумної системи.

Вакуумна система моделі SK-20 призначена для створення розрядження в заформованій вакуумній опоці перед заливкою металу. Система складається з вакуумного водоциркуляційного насоса, мокрогидравлічного насоса, ресивера, сепаратора, трубопроводів, зворотних клапанів, гребінки, армованого гумового рукава, манометрів і системи управління. Серцем вакуумної системи є вакуумний насос. Вода в насос надходить із сепаратора і створює герметичний прошарок між імпелером і корпусом насоса. Назад у сепаратор вода повертається верхнім трубопроводом у вигляді крапель. Вакуумні опоки вручну підключаються до гребінки системи через гумовий армований рукав. Гребінка в стандартній комплектації має від 2 до 8 виводів, кожен з яких оснащується ручним регулювальним клапаном-метеликом. При заливці металом полістирольна модель згорає, при цьому газу відводяться вакуумною системою і про-

ходять через пиловловлювач мокрого типу. У результаті цього продукти де-струкції полістиролу осідають, і очищене повітря надходить у насос. Попе-редне очищення газів, що відходять, захищає імпелер насоса від заростання, а також покращує екологічну обстановку в цеху. Вакуумний ресивер, що по-ставляється в комплекті з вакуумною системою, відіграє роль акумулятора від'ємного тиску, завдяки чому в разі вимкненого насоса розрядження в опоці підтримується протягом 1-5 хв, залежно від стану поліетиленової плівки.

Для виплавки чавуну найбільшого поширення набули індукційно ти-гельні печі, вагранки та доменні печі, у даному дипломному проєкті викори-стовують піч моделі ІЧТ-0,5. Піч призначена для роботи в таких умовах:

- закрите приміщення;
- температура навколишнього середовища - від + 5 до + 40 °С;
- відносна вологість навколишнього середовища за температури +20°С - до 90% і при +40°С - до 50% ;
- навколишнє середовище - невибухонебезпечне, що не міс-  
тить агресивних газів і домішок, які руйнують ізоляцію і метали;
- температура охолоджувальної води від + 5 °С до + 25 °С;
- відсутність в охолоджуваній воді домішок, що утворюють осад;
- температура охолоджувальної води не має бути нижчою за температуру на-вколишнього повітря в приміщенні більш ніж на 15 °С (щоб уникнути появи роси);
- вібрація та удари в місці встановлення електропечі повинні бути відсутніми.

Технічні характеристики плавильної печі ІЧТ-0.5 у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7..

Найменування показників	Од. вим.	Значення
Ємність печі	т	0,5
Продуктивність печі	т/год	0.3
Потужність, встановлена	кВт	1000
Потужність споживана	кВт	900
Витрата охолоджувальної води	м/год	7,5
Габаритні розміри (ДхВхШ)	мм	1500x760x750

Розрахуємо кількість плавильних печей ІЧТ-0,5 за формулою:

$$N = \frac{Q}{T_d * q}$$

де N - кількість одиниць обладнання, шт;

Q - маса металу на річну програму, кг;

T<sub>д</sub> - дійсний фонд часу, год;

q - продуктивність обладнання, кг/год.

$$N = \frac{3000000}{3568 * 300} = 2.8 = 3 \text{ шт}$$

Кількість плавильних печей ІЧТ - 0,5 дорівнює 3. Прийнята кількість обладнання повинна задовольняти нерівності  $0,7 \leq K_3 \leq 0,9$ , де  $K_3$  - це коефіцієнт завантаження обладнання, який знаходиться за формулою:

$$K_3 = \frac{N_{\text{расч}}}{N_{\text{ф}}}$$

де  $N_{\text{расч}}$  - розрахункова кількість обладнання, шт;  
 $N_{\text{ф}}$  - прийнята кількість обладнання, шт.

$$K_3 = \frac{2.8}{3} = 0.934$$

Ковші призначені для транспортування розплавленого металу від печі до розливної ділянки. Ковші призначені для сталі, чавуну, а також кольорових сплавів. Ковші призначені для чавуну мають ширшу горловину для можливості скачування шлаку з поверхні дзеркала металу.

Ковші комплектуються черв'ячним самогальмівним редуктором з передавальним числом, залежно від ємності ковша. Усі ковші мають пояси жорсткості, ковані транспортувальні цапфи, поворотні таверси, черв'ячні редуктори.

Розрахунок кількості заливальних ковшів проводиться з урахуванням одночасно працюючих плавильних печей. Приймаємо ковші з ємністю 1,5 т.

Розрахуємо необхідну кількість ковшів, що одночасно працюють, за формулою:

$$n = \frac{q * N_n * t_0}{M * 60}$$

де  $q$  - продуктивність печі, т/год;

$N_n$  - кількість одночасно працюючих печей, шт;  $t_0$  - час обороту ковша, хв;

$M$  - ємність ковша, т.

$$n = \frac{0.5 * 3 * 30}{0.5 * 60} = 1,5$$

Приймаємо 2 ковші, що працюють за зміну, 2 ковші перебувають у ремонті, 1 у запасі. Загальна кількість ковшів 5 од.

Піч індукційна плавильна працює за принципом трансформатора, у якого первинною обмоткою є індуктор, який охолоджується водою, а вторинною обмоткою і одночасно навантаженням - метал, який знаходиться в тиглі. Нагрівання і розплавлення металу відбуваються за рахунок протікання в ньому струмів, які виникають під дією електромагнітного поля, створюваного індуктором.

Управління процесом плавки здійснюється в ручному або автоматичному режимах. Стан футерування тигля контролюється візуально, а також періодичними вимірами внутрішнього діаметра тигля.

Вимірювання температури розплавленого металу в печі проводиться термопарою короткочасного занурення на початку плавки (протягом перших 5-10 хв) до припинення поштовхів струму генератор працює на зниженій потужності, потім потужність, що підводиться, доводять до максимальної. У будь-яких умовах плавку повинні вести при закритому тиглі. Під час плавлення шихту потрібно періодично осаджувати. Одночасно з цим додають решту шихти, що залишилася.

Коли останні шматки шихти розплавляться, в піч вводять шлакову суміш. Шлак захищає метал від окислення, знижує вміст легуючих елементів, зменшує теплові втрати і сприяє протіканню необхідних фізико-хімічних процесів. Для основного процесу шлакова суміш складається з 70 % обпаленого вапна, 20 % плавикового шпату і 10 % магнезитового порошку; під час доведення до такої суміші можуть бути додані мелений кокс, феросиліцій і порошок алюмінію. Плавку в індукційних печах ведемо з окисленням.

Основний процес (переплав) характеризується невеликою тривалістю і низьким вмістом. У більшості випадків плавку без окислення проводять за основним процесом. Плавку ведуть у тиглях з основних вогнетривких матеріалів. Окислення вуглецю, видалення фосфору і сірки можна проводити з великою швидкістю, що при глибокій ванні і відносно малій поверхні зіткнення металу і шлаку пов'язано з інтенсивною циркуляцією рідкого металу. Часто для прискорення окислення домішок поверхню розплаву додають у шлак залізну руду і окалину. Ці окислювачі можуть бути внесені в тигель разом із шихтою.

Заформовані опоки подаються на заливальну ділянку. Опоки приєднуються до вакуумної системи. Наверх форми укладається поліетиленова плівка. Після увімкнення вакуумного насоса і системи очищення газів, формувальний пісок набуває необхідної міцності.

Плавку металу проводять в індукційній печі ІЧТ-0.5. Заливка металу проводиться прямо в полістирольні стояки. Гарячий метал виливають в опоки за допомогою розливних ковшів, тим самим випалюючи полістирол, займаючи своє місце у формі. Метал повторює форму полістирольного куца з моделями. Вихлопні гази ж всмоктуються через шар фарби в піску вакуумною системою.

Після заливки відливка потрапляє на вибивну решітку, а потім на обрубково-очисний цех.

Застосовуване в цеху сито має кілька сіток з різними осередками, що дає змогу якісно видаляти з піску, відливки та окалину. Керування вібраторами, встановленими на сито, здійснюється за допомогою частотного перетворювача, що дає змогу заощадити час просіювання та захистити електродвигуни від жорсткого пуску.

Призначене для просіву формувального матеріалу із залитих опок і відділення виливки від формувального піску та окалини. З опоки пісок просипається на сито, під дією вібрації проходить через сито і потрапляє в бункер віб-

росита. Далі пісок (частково й окалина) потрапляє в систему регенерації, а вилівок - у кубель для виливків. Регулювання величини вимушеної сили вібратора здійснюється шляхом зміни взаємного розташування крайніх дебалансів на обох кінцях вала. Парні дебаланси мають бути розгорнуті на однаковий кут. У разі правильного встановлення вони симетричні щодо вертикалі.

Технічні характеристики сита представлені в таблиці.

Таблиця 2.8

Технічні характеристики сито

Найменування показників	од. вим.	Значення
Продуктивність	т/год	1
Кількість вібраторів	шт	2
Споживана потужність	кВт	0,97
Габаритні розміри (ДхВхШ)	мм	3704x1382x2050
Маса	кг	1950

Розрахуємо кількість вібраційних сит за формулою:

$$N = \frac{Q}{T_d * q}$$

де N - кількість одиниць обладнання, шт;

Q - маса піску на річну програму, кг;

T<sub>d</sub> - дійсний фонд часу, год;

q - продуктивність обладнання, кг/год.

$$N = \frac{9800}{3568 * 1000} = 0.0027 = 1 \text{ шт.}$$

Кількість вібраційних сит дорівнює 1. Прийнята кількість обладнання має задовольняти нерівності  $0,7 \leq K_3 \leq 0,9$ , де K<sub>3</sub> - це коефіцієнт завантаження обладнання, який знаходиться за формулою:

$$K_3 = \frac{N_{\text{расч}}}{N_{\text{ф}}}$$

де N<sub>расч</sub> - розрахункова кількість обладнання, шт;

N<sub>ф</sub> - прийнята кількість обладнання, шт.

$$K_3 = \frac{0.0027}{1} = 0.0027$$

Залиті блоки моделей остигають у піску від 5 хвилин до кількох годин залежно від товщини стінки виливки і маси деталі. Після виливки витягуються з опоки.

Встановлений порційний класифікатор-охолоджувач тип СНКС-2000 призначений для охолодження гарячого піску до прийнятних для формування

температур і знепилювання формувального піску. Охолодження піску відбувається в "псевдозрідженому шарі" шляхом контакту гарячого піску з водоохолоджуваними трубами. Для створення цього шару в охолоджувач подається повітря від вентилятора, і його подача регулюється приладом виміру потоку повітря. Пилову фракцію, що виділяється під час охолодження піску, видаляють через пиловідвід.

Таблиця 2.9

Технічні характеристики вказані в таблиці.

Найменування показників	Од. вим.	Значення
Продуктивність	т/год	1
Ємність	л	1800
Діаметр	мм	2000
Витрата повітря	М <sup>3</sup> /год	3400
Витрата води	М <sup>3</sup> /год	30
Габаритні розміри (ДхВхШ)	мм	1400x1200 x1300

Розрахуємо кількість охолоджувачів за формулою:

$$N = \frac{Q}{T_d * q},$$

де N - кількість одиниць обладнання, шт.;

Q - маса піску на річну програму, кг;

T<sub>d</sub> - дійсний фонд часу, год;

q - продуктивність обладнання, кг/год.

$$N = \frac{9800}{3730 * 1000} = 0.0026 = 1 \text{ шт}$$

Кількість охолоджувачів дорівнює 1. Прийнята кількість обладнання повинна задовольняти нерівності  $0,7 \leq K_3 \leq 0,9$ , де K<sub>3</sub> - це коефіцієнт завантаження обладнання, який знаходиться за формулою:

$$K_3 = \frac{N_{\text{расч}}}{N_{\text{ф}}}$$

де N<sub>расч</sub> - розрахункова кількість обладнання, шт; N<sub>ф</sub> - прийнята кількість обладнання, шт.

$$K_3 = \frac{0.0026}{1} = 0.0026.$$

Проводиться додаткова термообробка.

Термічні печі GL-2000 з висувним (викочуванням) подом призначені для термічної обробки виробів з чорних і кольорових сплавів. Принцип роботи

термопечі полягає в такому: металеві вироби, що підлягають термічній обробці, розміщують на висувному поді печі. Максимальна маса виробів, що завантажуються в піч (маса садки), обмежена вантажопідйомністю пода і потужністю термічної печі. Далі завантажений під заводиться в камеру печі, після чого дверцята печі закриваються. Запуск нагрівальних елементів здійснюється тільки при закритих дверцятах. Швидкість набору температури в камері термічної печі, витримка при встановленій температурі здійснюється в автоматичному режимі за заданою програмою. Контроль температури в камері здійснюють термопари.

Таблиця 2.10

Технічні характеристики термічної печі GL-2000 представлені в таблиці.

Найменування показників	Од. вим.	Значення
Встановлена потужність	кВт	95
Продуктивність	т/год	3
Зони контролю температури	шт	1
Габаритні розміри (ШхВхД)	мм	1600x700x700

Розрахуємо кількість печей за формулою:

$$N = \frac{Q}{T_d * q},$$

де N - кількість одиниць обладнання, шт;

Q - маса металу, кг;

T<sub>д</sub> - дійсний фонд часу, год;

q - продуктивність обладнання, кг/год.

$$N = \frac{3000000}{3568 * 3000} = 0.28 = 1 \text{ шт.}$$

Оскільки у зазначеного виду сплаву термообробка складається з двох етапів: відпалу і відпустки, приймаємо масу металу на річну програму вдвічі більшою.

$$N = \frac{2 * 3000000}{3730 * 3000} = 0.56 = 1 \text{ шт.}$$

Кількість термічних печей дорівнює 1. Прийнята кількість обладнання повинна задовольняти нерівності  $0,7 \leq K_3 \leq 0,9$ , де K<sub>3</sub> - це коефіцієнт завантаження обладнання, який знаходиться за формулою:

$$K_3 = \frac{N_{\text{расч}}}{N_{\text{ф}}},$$

де N<sub>расч</sub> - розрахункова кількість обладнання, шт; N<sub>ф</sub> - прийнята кількість обладнання, шт.

$$K_3 = \frac{0.56}{1} = 0.56.$$



Перший етап термообробки - відпал, що складається з нагрівання до 963-1023 °С, і витримування від 1,5 до 2,0 години. У результаті карбід каркаса руйнується, вторинні карбіди розчиняються, первинні карбіди подрібнюються і відбувається часткове округлення гострих країв. Проте, навіть за цієї термообробки перліт не утворюється. Механічна оброблюваність ускладнена, тому другий етап термообробки виконується для зменшення твердості металу. Це досягається шляхом отримання зернистого перліту з високою температурою, який здійснюється відповідно до режиму: нагрівання до 680-700 °С, витримування впродовж 1,5-2,0 год і охолодження зі швидкістю 20-30 с/год до 550°С. Подальше охолодження здійснюється на повітрі.

Наприкінці обрізають ливникову систему і відправляють готові деталі на очищення від пригару й антипригарного покриття.

У ливарному виробництві відрізні верстати використовують для різання і обрубки готових виливків від літників і прибутків. Відрізні верстати LS-350 дають змогу різати під кутом - 90 і 45 градусів, за допомогою розташування оброблюваної заготовки. Для такого позиціонування на станині передбачений затиск з лещатами. Ріжучим інструментом є абразивний круг або диск. Кількість у цеху - 5 шт.

Таблиця 2.11

Технічні характеристики відрізного верстата LS-350 представлені в таблиці.

Найменування показників	Од. вим.	Значення
Потужність	кВт	1700
Обороти	Об/хв	84
Габаритні розміри	мм	1000x600x600

Камера дробометна DL-400 періодичної дії універсальна моделі DL-400 призначена для очищення чавунних і сталевих виливків, поковок, штамповок у цехах і дільницях з одиничним, дрібносерійним і серійним виробництвом.

За технологічними можливостями в камері можна очищати тонкостінні, схильні до бою і деформації, вироби.

Камера може бути укомплектована одним або двома дверима, на яких встановлюються вантажонесучі механізми у вигляді підвіски, поворотного столу і дзвона. За необхідності можуть застосовуватися різні комбінації вантажонесучих пристроїв. Ці можливості вигідно реалізуються при великій різноманітності номенклатури виробів, що підлягають очищенню. Кількість у цеху - 2 шт.

Технічні характеристики дробометної камери DL-400 представлені в таблиці.

Таблиця 2.12

Технічні характеристики дробометної камери DL-400

Найменування показників	Од. вим.	Значення
Продуктивність очищення	м /год <sup>2</sup>	80

Кількість дробометних турбін	шт	4
Потужність турбіни	кВт	7,5
Витрата сталевого дробу	т/год	3,8

На рис. 6 наведений план розміщення технологічного устаткування модельної та формувально-залівальної ділянки для одержання 1500 т виливків на рік як приклад реконструкції частини діючого ливарного цеху з метою випуску на цих ділянках в основному деталей відцентрових насосів для хімічної промисловості, а також виконання одиничних замовлень на лиття із чорних і спеціальних сплавів.

Загальна площа цеху становить 510-550 м<sup>2</sup>, у т.ч.:

- плавильне відділення із шихтовим майданчиком - 100 м<sup>2</sup>;
- ділянка фінішних операцій - 40-45 м<sup>2</sup>;
- формувально – залівальне відділення - 110-120 м<sup>2</sup>;
- піскопідготовче відділення  $\approx$ 30 м<sup>2</sup>;
- модельне відділення - 150-160 м<sup>2</sup>.

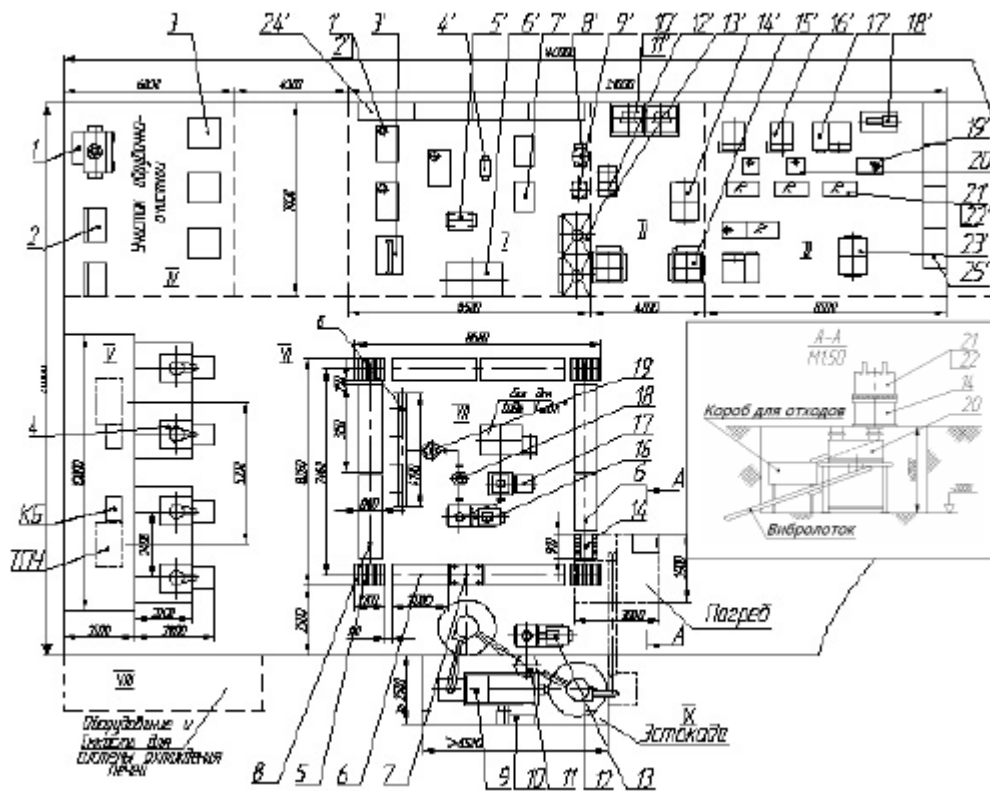


Рис. 6. Планування цеху

Модельна ділянка: I – майданчик одиничних моделей та складання модельних блоків; II – майданчик підготовки полістиролу; III – майданчик виготовлення моделей; формувально-залівальна ділянка: IV – відділення обрубання та очищення виливків; V – електрощитове відділення з пультом керування плавильними печами ІСТ, тиристорними перетворювачами ТПЛ та конденсаторними батареями КБ; VI – плавильний майданчик; VII –

формуально-заливальний майданчик з ПТМ; VIII – відділення водопідготовки охолодження печей ІВТ; ІХ - відділення піскопідготовки, (усі позначення див. у таблиці).

Таблиця 2.13

Перелік технологічного устаткування й комплектуючих виробів

№ п/п	Найменування устаткування	Коротка технічна характеристика	Кількість шт.
<b>Формуально – заливальна ділянка</b>			
1	Установка дробеметного очищення	1600×1200×1500	2
2	Верстат з ручним ел. інструментом	750×1200×1200	2
3	Тара для виливків	600×800×500	3-5
4	Піч ІЧТ-0,5	Q = 500 кг, N = 1000 кВт	3
5	Поворотний пристрій	750×1200×1200	4
6	Рольганг L = 200 мм	2000×800×450	2
7	Вібростіл XYZ	1200×1200×750, Nэл.=2 кВт	1
8	Рольганг L = 3150	3150×800×450	6
9	Охолоджувач піску СНКС-2000	Q = 1,0 т/ч	1
10	Вентилятор ВЦ-3	N = 3,5 кВт, P = 0,03 - 0,05 атм	1
11	Циклон ЦАГИ N2 з герметичним бункером	Ø×Н: Ø 470×1400 мм	1
12	Силос	V = 8 м3, Ø×Н: Ø 2000×4000 мм	
13	Вакуумний насос ВВН-12	N = 18 кВт, M = 800 кг	1
14	Стенд розвантаження	910×800, Q = 800 кг	1
15	Стенд заливки металу, 4-х постовий	1000×4100×200	1
16	Вакуумний насос ВВН-6	N = 10 кВт, M = 620 кг	1
17	Установка каталітичного дожига УКДГ	Nэл. = 8 - 20 кВт, Nу. = 1 кВт	1
18	Вакуумний акумулятор	Ø×Н: Ø 950×2000 мм	1
19	Осаджувач пилу	Ø×Н: Ø 450×1300 мм	1
20	Вібросито	N = 0,97 кВт, M = 1950 кг	1
21	Контейнер ливарний	600×600×600, M = 110 кг	8
22	Контейнер ливарний	800×800×800, M = 180 кг	6
<b>Модельна ділянка</b>			
1	Стіл робочий СМП 31	855×550×1000 мм	3
2	Плита електрична	N = 2,0 кВт	3
3	Верстат порізки ППС УРП-3222	N = 2 кВт	1
4	Тара для деталей	500×600	1
5	Візок		1
6	Тара для блокового ППС	1000×1500×2000	1
7	Стіл робочий	6800×1000 мм	2
8	Тара для протипригарної фарби	V = 40 л	1
9	Фарбомішалка ХУЖ-III	V = 40 л, N = 2,2 кВт	1
10	Бункер вилежування	1200×1200×2500	2
11	Сушильна установка	N = 2,0 кВт, T = 54°C	2
12	Тара для перенесення ППС	400×400×500 мм	2-3
13	Шафа сушильна СШ-2	850×1200×2400, N = 2 кВт	2
14	Тара для вихідного ППС	800×1200×1200	1-2
15	Ванна підспінювання	N = 8,7 кВт	2
16	Автоклав ГК-100-ЗПМ	N = 14 кВт	1
17	Компресор	Q = 400 л/ч, P = 10 атм	1
18	Ванна охолодження	862×1016×900 мм	2
19	Ванна охолодження	650×800×1000 мм	2
20	Стіл складання прес-форм	700×1200×1100 мм	4
21	Пристрій задувний	M = 0,3 кг	4
22	Тара для спіненого ППС	V = 0,3 м³	1-2
23	Стелаж	650×1500×1800 мм	4
24	Стелаж	850×1500×2100 мм	4



### Розділ 3. Спеціальна частина. Обладнання модельної дільниці

У так званому «білому» цеху створюють пінополістирольні моделі майбутніх виливків. На цьому етапі відбувається процес спінювання сировини, формування, склеювання, фарбування і сушіння моделі. Технологічне обладнання білого цеху включає в себе: передспіювачі пінополістиролу, модельні напівавтомати, ливарні автоклави, ванни охолодження, верстати для різання, верстати складання, фарбозмішувачі тощо.



Рис. 3.1. Модельна дільниця цеху ЛГМ

#### 3.2. Способи створення ливарних моделей

Створення моделей можливе кількома способами, тому вибір обладнання щоразу залежатиме від поставлених завдань перед виробництвом, складності виливків, їхньої якості та кількості. На сьогоднішній день застосовуються чотири основні способи модельного виробництва (перераховані в порядку виникнення і ускладнення конструкцій обладнання):

- 1) вирізання з блочного пінополістиролу (ППС) нагрітим дротом,
- 2) спікання в прес-формах у камерах автоклавів,
- 3) спікання в прес-формах на модельних напівавтоматах і автоматах,
- 4) вирізання на фрезерувально-гравірувальних верстатах з ЧПУ.

В одиничному і дрібносерійному типах виробництва, а також під час виробництва великогабаритних деталей, піномоделі виготовляють методом механічної обробки. Тобто або за допомогою розігрітої ніхромової струни за

шаблонами, або на верстаті з ЧПУ із заздалегідь відформованої заготовки полістиролу вирізають необхідну піномодель.

Використання порівняно простого обладнання для вирізання нагрітим дротом одиничних моделей і елементів ливниково-живильної системи з блочного ППС (зокрема, столу для терморізки за шаблонами) може бути вигіднішим за інші способи, хоча більш трудомістким. При цьому виготовлення моделей складної конфігурації або великих розмірів, як правило, виконується по частинах, з попереднім розбиттям моделі на ці частини ще на кресленні із подальшим виготовленням відповідних шаблонів для кожної частини. Потім виконують складання моделі за допомогою клею. Це легко здійснено, хоча наявність клею порушує однорідність хімічного складу моделі, а складання може спричинити перекося і щілини, які призводять до погіршення якості виливка.

Виготовлення якісних моделей складної геометричної форми потребує високої кваліфікації модельника. Крім цього, робоче місце модельника має бути обладнане витяжною вентиляційною системою для забезпечення належної гігієни праці.

Розроблені останнім часом конструкції столів порізки блочного ППС ніхромовим нагрітим дротом забезпечують виготовлення моделей, що мають форму тіл обертання, а також з похилими площинами.

Через малопродуктивну працю вартість виготовлення, наприклад, моделі фланця  $d = 50$  мм (ГОСТ 12820-80) становить близько 8 грн./шт., що виправдано для одиничних моделей. Якість поверхонь і точність розмірів такої моделі в 2 - 3 рази нижча, ніж отриманих автоклавним способом, розміри та їхня повторюваність неточні, що здебільшого призводить до необхідності збільшення обсягу механічного оброблення виливка та остаточного подорожчання деталі. У цьому випадку зберігається найнижча з перерахованих способів культура виробництва моделей з великою часткою ручної праці та значними відходами ППС.

Практично з часу створення ЛГМ-процесу при великосерійному і масовому виробництві піномоделі виготовляють переважно методом теплового удару в пресформах. Для цього процесу використовують автоклави або ж спеціалізоване формувальне обладнання.

Процес виготовлення піномоделі методом теплового удару можна розділити на кілька етапів:

- проектування та виготовлення технологічного оснащення;
- заповнення прес-форми матеріалом (полістирол, сополімер тощо);
- тепловий удар для формування піномоделі;
- охолодження та вилучення піномоделі з форми.

Отримання моделей різних розмірів у традиційних камерних автоклавах залежно від габаритів прес-форм вимагає наявності декількох типорозмірів цього обладнання з камерами об'ємом від 100 до 700 літрів. Їхнє неправомірне завантаження в ливарних цехах залежно від мінливої ринкової кон'юнктури на виливки, а також непродуктивна витрата теплоносія під час випускання пари

в навколишній простір цеху під час відкривання-закривання дверцят камери для кожної моделі збільшує вартість обладнання та енерговтрати. Крім невідповідності об'єму прес-форми і камери, до недоліків традиційних автоклавів належить: необхідність мати поруч із ними ванни охолодження прес-форм. Все це призводить до подорожчання ППС моделі. Для прикладу: собівартість виготовлення однієї моделі того ж фланця  $d = 50$  мм з ППС марки ПСВ-Л-1 в автоклаві ГК-100 становить  $\approx 6$  грн./шт..

Для роботи модельного напівавтомата ПМ-5, опис і ескізи якого будуть представлені далі, та аналогічних, необхідно поруч на модельній ділянці мати парогенератор, компресор, вакуумний насос, систему подачі охолоджувальної води. Комплект такого обладнання найдорожчий із перерахованих, він вимагає відповідних площ, а напівавтомат - трудомістке переналагодження під час заміни прес-форм. Використання напівавтомата економічно обґрунтоване при виготовленні середньогабаритних (до 0,6 м) і масових виливків. У цьому разі виправдані витрати на проектування і виготовлення дорогих прес-форм, їх установку і переналагодження, включно з первісною вартістю всього периферійного обладнання, а також енерговитрат.

На дослідному виробництві ФТІМС створено модельну ділянку зі встановленими на ній двома модельними напівавтоматами зазначеного типу із замкненою оборотною системою води та парогенератором, який також під'єднаний до підспінювача початкових гранул ППС і автоклава. Ділянка призначена для отримання понад 200 тис. моделей на рік. За таких обсягів вартість моделі фланця  $d = 50$  мм становить менше ніж 4 грн./шт.

Використання верстата з ЧПУ з програмним забезпеченням і 3D моделюванням є методом, що дає змогу одержувати моделі з високою якістю поверхні різної складності (кривизни) та стабільною повторюваністю розмірів, але має малу продуктивність (на порядок нижчу за автоклавний спосіб) та великий обсяг відходів ППС, чим забруднює навколишнє середовище. Для обслуговування цього обладнання потрібна висока кваліфікація технологів-програмістів. Такі трьохкоординатні фрезерно-гравірувальні верстати ефективні під час виготовлення одиничних або дрібних серій великогабаритних (1-3 м) моделей складної конфігурації з блочного ППС, у т. ч. для художніх виливків, а також в експериментальному виробництві.

Найпомітнішою перевагою таких верстатів є те, що на них зручно виготовляти моделі деталей прес-форм, за якими ЛГМ-процесом отримують прес-форми в металі.

Програмні засоби дають змогу на комп'ютері з креслення деталі отримати креслення моделі прес-форми і в цифровому вигляді ввести їх у верстати з ЧПК, проходячи стадії: деталь - заливка деталі – прес-форма.

Треба зауважити, що правильний підбір вихідного полістиролу за гранулометричним складом, за технологічними властивостями; дотримання технології первинного і вторинного спінювання сировини; правильний розрахунок

і компонування ливниково-живильної системи; правильний підбір протипригарного покриття та режимів його сушіння - все це чинники отримання якісної полістирольної моделі.

## 3.2 Обладнання для спінювання полістиролу

### 3.2.1 Переробка полістиролу, що спінюється

Остаточна щільність готового спіненого продукту визначена вже на етапі попереднього спінювання.

Важливим показником є контроль тиску при процесі спінювання, для безперервних передспінювачів 0,015-0,03 МПа, для циклічних 0,015-0,02 МПа.

У спінювачі можуть бути реалізовані два способи зміни уявної щільності продукту:

- шляхом зміни кількості сировини, що подається;
- шляхом зміни рівня матеріалу, що спінюється в робочій камері;

Ці способи впливають на час знаходження матеріалу, що спінюється в робочій камері.

Вплив часу знаходження сировини у спінювачі на уявну щільність продукту представлено на рис. 3.2.

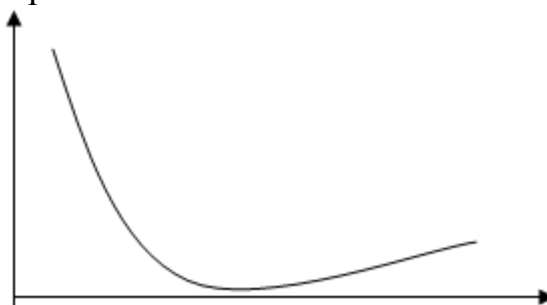


Рис. 3.2. Залежність між уявною щільністю та тривалістю спінювання

Якщо час знаходження сировини у спінювачі занадто тривалий, то гранули починають сідати і щільність зростає. При надто високій температурі спінені гранули можуть утворити грудки. Обидва ці явища можуть відбуватися одночасно і безпосередньо впливати на якість кінцевого продукту.

Зазначимо, що одним із надзвичайно важливих факторів, що впливають на спінювання полістиролу, є тривалість зберігання сировини. Чим старша сировина, тим триваліше спінювання і тим важче досягти необхідної уявної щільності спінених гранул. Тому термін зберігання сировини у герметичній упаковці обмежений шістьма місяцями.

З метою отримання низької щільності ( $< 12 \text{ кг/м}^3$ ) застосовують двоступінчасте спінювання. Його проводять за допомогою того ж обладнання, яке використовується для одноступеневого спінювання, з подачею попередньо спіненої сировини через систему вторинного спінювання.



З метою досягнення оптимальних результатів гранули перед спінюванням другого ступеня мають бути насичені повітрям (процес кондиціонування).

В ході кондиціонування повітря проникає всередину спінених гранул внаслідок вакууму, що в них утворився, а зі спінених гранул в атмосферу випускається волога у вигляді пари і пентану, як непрореагованих залишків процесу полімеризації сировини. Зазначений газообмін можливий завдяки газопроникності полістиролових оболонок.

Швидкість дифузії повітря всередину гранул обумовлена, головним чином, уявною щільністю, температурою навколишнього середовища та розміром гранул. Метою видалення вологи з поверхні гранул у сушарці з киплячим шаром є отримання 100% уявної поверхні, через яку здійснюється газообмін.

Швидкість випаровування пентану також залежить від густини, температури навколишнього середовища та розміру гранул. Із великих гранул пентан випаровується повільніше, ніж із гранул малого діаметра, що обумовлено співвідношенням між поверхнею гранули та її масою.

Температура навколишнього середовища при кондиціонуванні гранул не повинна бути нижчою за 15°C, при нижчій температурі тривалість кондиціонування збільшується. У літній період, при температурі понад 20°C час кондиціонування скорочують, а при нижчих температурах збільшують.

Попередньо спінені гранули надходять у сушарку з киплячим шаром, де тепле повітря (30-40°C) проходить через перфороване днище сушарки, сушить і просуває гранули у напрямку вивантажувального вентилятора.

Повітряний струмінь повинен розподілятися таким чином, щоб процес сушіння та переміщення гранул протікав рівномірно по всій довжині сушарки (регулювання здійснюється за допомогою заслінок у повітряних камерах сушарки).

При переміщенні спінених гранул за допомогою струменя повітря на поверхні гранул накопичуються сильні електростатичні заряди. Тому дуже важливо ретельно заземлити всі металеві елементи силосів, транспортних трубопроводів та іншого обладнання.

При транспортуванні свіжих гранул у силоси їх уявна щільність збільшується в результаті зіткнень зі стінками трубопроводу. Тому при встановленні параметрів спінювання необхідно враховувати збільшення густини при транспортуванні.

Також слід зауважити, що силоси для кондиціонування спінених гранул виготовляються у вигляді легкої металевої конструкції стелажного типу з контейнерами з тканини, що пропускає повітря.

### **3.2.2 Обладнання**

Описаний нижче спектр обладнання призначений для спінювання вихідної сировини - полістиролу суспензійного марки, що представляє собою

білі гранули розміром 0,4-3,2 мм і спінюється у кульки розміром 3-15 мм. Комплекси спінювання дозволяють отримувати пінопласт з густиною 10-45 кг/м<sup>3</sup>

Спінювання проводиться шляхом подачі в передспінювач (рис. 2.4) насиченої пари. Регулюючи температуру, тиск пари та в окремих модифікаціях тиск стисненого повітря, можна впливати на параметри майбутніх готових блоків, листів та виробів із пінопласту. Далі гранули охолоджуються і надходять у сушарку для видалення залишкової вологи та часткової стабілізації.



Рис. 3.3. Типовий автоматизований передспінювач

Для збільшення продуктивності комплексу застосовується дозатор, який дозволяє практично виключити участь людини у процесі спінювання. Працівник лише контролює наявність та витрату сировини в бункері, а також якість готової крихти пінополістиролу.

З метою створення безперебійної роботи пристроїв та агрегатів застосовуються вентилятори пневмотранспорту, забезпечені спеціальною крильчаткою, конструкція якої дозволяє уникнути деформації спінених гранул.

Комплекс спінювання складається з передспінювача циклічного (погм або тах) ручного або автоматичного (табл. 3.1), бункера сировини (крім ручного), вторинного спінювача, вентилятора пневмотранспорту з приймальним бункером (за відсутності сушильної установки), компресорної установки, сушильної установки, вагів для контролю щільності гранул, а також комплекту труб і кабелів для обв'язування комплексу.

Технічне оснащення вузла попереднього спінювання:

- спінювач;
- система вторинного спінювання;
- поточна сушарка гранул;
- вивантажувальний вентилятор;
- комплекс може комплектуватися парасолькою для витяжної вентиляції над сушильною установкою.

Таблиця 3.1

### Основні характеристики комплексів попереднього спінювання NORM та MAX

Параметр	NORM	MAX
Продуктивність комплексу не менше, м <sup>3</sup> /год.	10	20
Номинальна потужність, кВт.	5,5	32,7
Габаритні розміри (д×ш×в), мм	1100×1800×3000	6530×2670×4700
Маса, кг.	680	1905

Передспінювачі типу PSJ (рис. 3.4.) програмуються та можуть працювати у напівавтоматичному або повністю автоматичному режимі. У цій системі використовується зовнішнє джерело пари та повітря.



Рис. 3.4. Предспінювач PSJ-500

Із регульованих параметрів можна налаштувати подачу матеріалу, тиск у камері, кількість пари та час спінювання. Усе це створює сприятливі умови отримання первинно спінених гранул заданої щільності.

Технологічні параметри передспінювачів різних виробників наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

#### Технологічні параметри передспінювачів

Параметр	PSJ-500	EPS-JF-1000	EPS-JF-1100	ПДА-30
Діаметр камери спінювання, мм	460	500	1100	400
Висота камери спінювання, мм	700	700	1700	500
Об'єм камери спінювання, м <sup>3</sup>	0,12	0,13	1,4	0,063
Досяжна щільність гранул, кг/м <sup>3</sup>	12-40			
Продуктивність, кг/година	20-50	40-160	200-300	30
Необхідний тиск повітря, атм.	6-8	2-3	—	5-6
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /цикл;	—	0,05-0,06	0,1-0,3	0,05-0,06
Необхідний тиск пари, атм.	4-8	2-3	—	2-3

Витрата пари, кг/цикл	—	0,8-1,0	2-8	0,8-1,0
Встановлена потужність, кВт	—	6,6	20,75	—
Габарити, мм	2100×700×240 0	1100×800×15 00	—	—

Технологія передспінювання гранул в установках від компанії EPS проводиться шляхом подачі пари при температурі 90-110<sup>0</sup>С. Час спінювання становить трохи більше 90 с. Окрім зазначених у таблиці даних, це обладнання має такі технічні параметри:

- маса установки – 500 кг;
- продуктивність сушарки – 400 кг/год;
- розмір сушарки – 4400×1600×1100 мм.

Цикл передспінювання починається із закриття пневматичних розвантажувальних дверцят робочої камери і запуску перемішуючого валу. Після цього в камеру завантажується порція сировини полістиролу, під тиском подається водяна пара. У процесі перемішування дані за температурою та тиском у камері безперервно передаються на PLC. При зниженні тиску відбувається автоматичне підкачування пари. Після закінчення часу спінювання розвантажувальні дверцята відкриваються і сировина розвантажується в сушарку, де в киплячому шарі відбувається видалення залишкової вологи

Особливостями системи передспінювання ПГА-30 (рис. 3.5) є:

- автоматична порційність завантаження 200-500 грам сировини типу EPS та STMMA;
- тривалість циклу 20-30 с, завдяки чому можна забезпечити безперервну роботу восьми формувальних автоматів;
- вакуумне транспортування сировини в бункер-накопичувач;
- дозувальна воронка відкритого типу, що дозволяє візуально контролювати потік матеріалу;
- вікно в камері забезпечує візуальний контроль спінювання;
- вентиль на камері спінювання забезпечує постійний поперечний потік пари через сировину та рівномірне розподілення температури в камері спінювання.

Передспінювач ІРЕ-500Р має бункерний тип, пристрій автоматичної перевірки та корекції щільності, керування програмованим логічним контролером із сенсорним екраном, силос на 500 літрів, продуктивність при 20 г/літр - 250 кг/год і витрату електроенергії 10,7 кВт/год.

Як джерело пари застосовується паровий котел THS 40 (Чехія). Він працює на газу і має безнапірний циліндричний бак із деаератором. Парогенератор має паропроductивність 4 м<sup>3</sup>/год, теплову потужність 2605 кВт при максимальній температурі пари 175,4 градусів, розрахунковий тиск економайзера 1,0 МПа та загальний об'єм води в барабані 8,69 м<sup>3</sup>.



Рис. 3.5. Передспінювач ПГА-30

В установці спінювання від компанії «АКС» процес здійснюється на дві стадії. Первинне спінювання, далі сушіння 20-60 хв (залежно від температури у виробничому приміщенні, вологості, способу транспортування та типу сировини) і вторинне спінювання. Установка складається з дозатора, вертикально встановленого на рамі, спінювача з лопатевим ворушником, приводів ворушника, камери сушіння, пневматичної подачі в бункер і пульта управління (рис. 2.7).



Рис. 3.6. Установка спінювання компанії «АКС»

Принцип роботи даної устаноки такий: вихідна сировина з дозатора за допомогою пневмошлангів подається в теплову камеру передспінювача. Під впливом водяної пари, полістирольні гранули розм'якшуються і починають спінюватися. Після спінювання відкривається клапан подачі в камеру сушіння.

Лопаті ворушника перемішують спінені гранули, перешкоджаючи злипанню та сприяючи рівномірному переміщенню матеріалу до клапана установки. Після сушіння готовий полістирол пневмошлангом подається в бункер. Вторинне або багаторазове (при необхідності) передспінювання полістиролових гранул здійснюється таким самим чином, як і первинне.

Продуктивність передспінювача і відповідно щільність спіненого полістиролу залежить від швидкості (інтенсивності) подачі сировини з дозатора до приймальної воронки шнекового живильника.

Найпростіша установка для підспінювання полістиролу в пару представлена на рис. 3.6. Паровий спінювач включає бак з вбудованими ТЕ-Нами (термічні електронагрівачі); стінки, захищені теплоізоляційним матеріалом; кришку з рамкою, яка має можливість переміщення усередині бака. У положенні над баком рамка за допомогою важеля може опускатися в бак до певного регульованого упору. На рамку встановлюється сітчастий лист для полістиролу. Працює підспівувач наступним чином: у бак до рівня заливається вода і доводиться до кипіння при відкритій кришці; потім рамка з декою, де рівномірним тонким шаром насипаний полістирол, опускається в бак до упору, і кришка закривається; після певного часу витримки над водяною ванною кришка бака відкривається, важільним механізмом рамка з декою витягується з бака, і деко зі спіненим полістиролом знімається з рамки. Потім цикл підспінювання нової порції полістиролу повторюється.

Рис. 3.6. Сделать фото в цехе

### 3.3 Формування полістирольних блоків та ливарних моделей

#### 3.3.1 Особливості виготовлення пінополістирольної ливарної моделі

##### Задувний пристрій

Система задування спіненого матеріалу у прес-форми переважно складається з таких елементів:

- задувний пістолет;
- пневмопедаль;
- ємність із нержавіючої сталі для зберігання передспіненого матеріалу;
- стійка з елементами кріплення і трос із противагою;
- щит розподільний із регуляторами тиску, фільтром і пневмокранами;
- пневмопістолет для обдування прес-форм;
- комплект сполучних шлангів і фітингів;

На рис. 3.7 представлено задувний пістолет, який складається з корпусу 1 і рукоятки 2. Повітря від цехової мережі подається через штуцер 9 в камеру змішування, куди надходить пінополістирол в гранулах через штуцер б. У кор-

пусі розташоване сопло 11, положення якого щодо робочого сопла 7 регулюється різьбовим з'єднанням. Корпус 1 з'єднаний з рукояткою 2 гайкою 4. Робоче сопло 7 регулюється щодо сопла 11 і фіксується гайкою 3.

Герметизація камери змішування досягається гумовими прокладками 17 і 18. У рукоятці розташований клапан, що складається з пружини 14, осей б і 13, 10, з'єданого з пружиною віссю 15. Прокладки 13, 12 і пробка 16 герметизують клапан подачі повітря камеру змішування.

Задувний пристрій працює в такий спосіб: при натисканні курка 10 вісь 6 переміщається у бік пружини, стискає її, повітря через штуцер 9 по каналах в рукоятці 2 надходить в камеру змішування і далі в канал робочого сопла 7; у камері змішування утворюється розрідження, в результаті якого по каналу штуцера 8 надходять гранули пінополістиролу, які захоплюються повітряним потоком в робоче сопло 7 і далі через отвір в прес-формі її порожнину. Штуцер 8 з'єднаний з бункером пінополістиролу прозорим поліетиленовим шлангом, що дозволяє візуально спостерігати за перебігом заповнення прес-форми. Для припинення роботи задувного пристрою відпускається курок, який під дією пружини повертається у вихідне положення, перекриваючи надходження повітря.

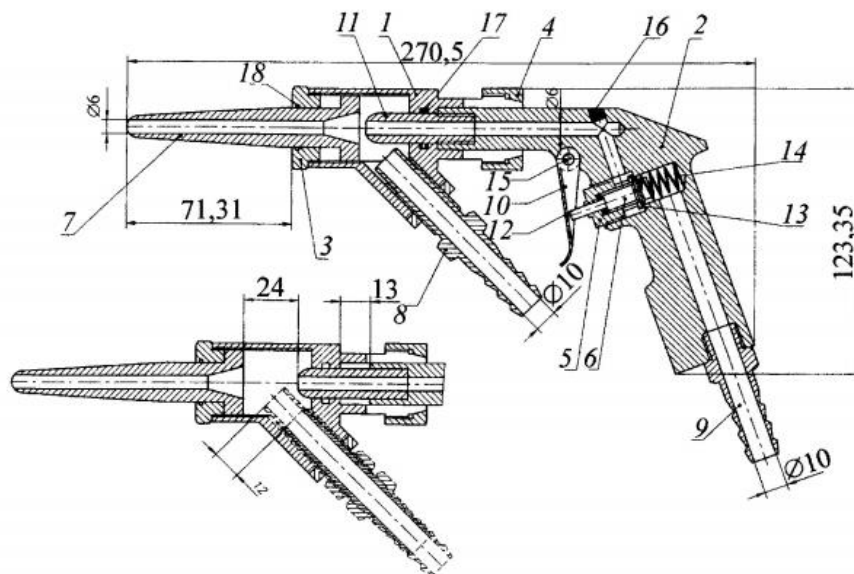


Рис. 3.7. Задувний пристрій для ручного заповнення прес-форм пінополістиролом

Задувний пристрій полістиролу встановлюється на стіл (рис. 3.8). Основні елементи задувного пристрою кріпляться на стійку, де встановлено ємність на 8 літрів для заповнення передспіненим і висušеним матеріалом. На розподільчому щиті розміщені елементи пневмосхеми, що дають змогу регулювати подачу стисненого повітря в ежектор, ємність і пневмопістолет. Ежектор дає змогу подавати спінений матеріал у прес-форму.

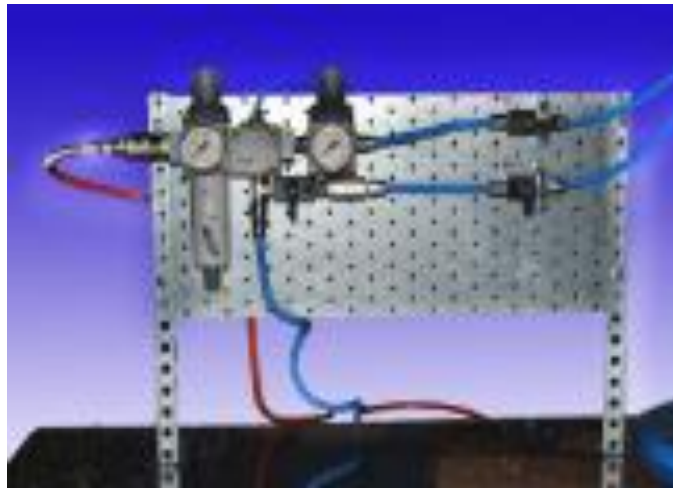


Рис. 3.8. Стійка для задувного пристрою

Задувний пістолет закріплений на стійці за допомогою троса і противаги, що дає змогу йому плавно повертатися у вихідне положення і не заважати робітникам працювати з прес-формою. Під столом розміщується пневмопедаль, за допомогою якої подається повітря в ежектор. На пістолеті є важіль під час натискання якого матеріал із ємності надходить в ежектор.

Завдяки конструкції ежектора подача повітря здійснюється з двох точок через ємність і на пряму в камеру ежектора. Це дає змогу постійно заповнювати ежектор матеріалом, а також подає в камеру повітря під спеціально розрахованим кутом, унаслідок чого створюється розрядження, завдяки якому гранули вільно переміщуються в прес-форму і рівномірно заповнюють усі її порожнини. У конструкції ежектора розміщений затвор для замикання каналу подачі матеріалу в прес-форму, в результаті його роботи, матеріал не просипається на робочий стіл.

За допомогою елементів пневмосхеми, розміщеної на панелі, можна регулювати тиск у ємності та ежекторі і в такий спосіб обирати режими роботи задувного пристрою для різних матеріалів і прес-форм.

Заповнення ємності матеріалом здійснюється шляхом перемикання кранів на пневмопанелі та створення розрядження, завдяки чому гранули через спеціальний шланг надходять у ємність.

Аналогічний задувний пристрій (рис. 3.9) можна розмістити на будь-якому монтажному столі, призначеному для складання-розбирання прес-форм (рис 2.).



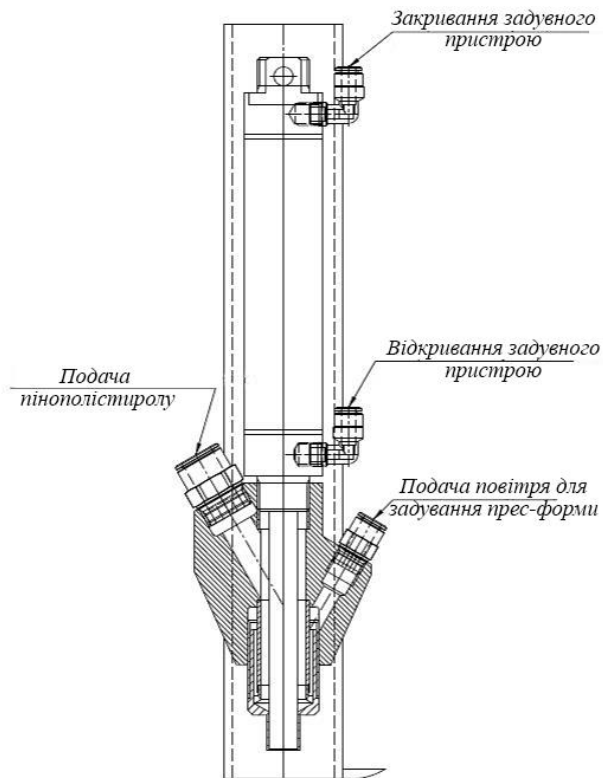


Рис. 3.9. Задувний пристрій

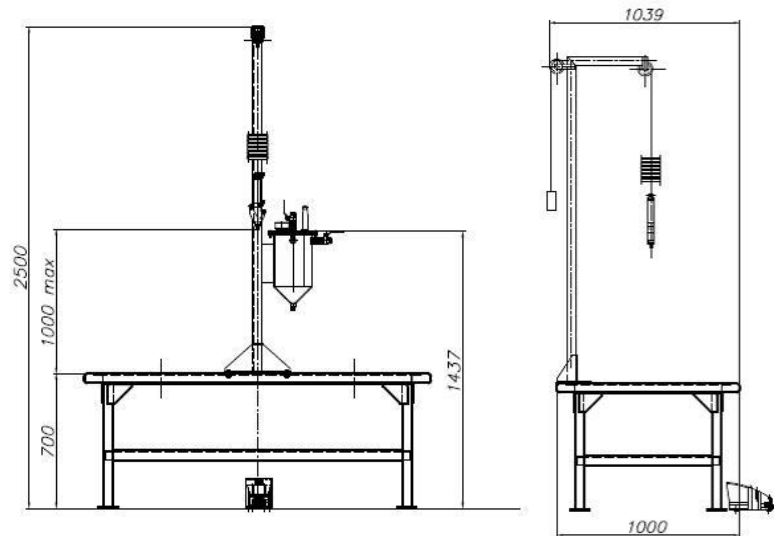


Рис. 3.10. Розміщення задувного пристрою

Розміри столу (для задування пінополістиролу (1490×600×1560) дають змогу збирати й розбирати прес-форми в безпосередній близькості від задувного пристрою, що збільшує продуктивність праці та знижує витрати на додаткове транспортування прес-форм.

Особливості задувного пристрою від компанії «ЛГМ експерт» (рис. 3.11) такі:

- дає змогу здійснювати видув прес-форм з мінімальним тиском, що виключає переуцільнення і зміну насипної ваги;

- задув здійснюється зверху, рукав ніколи не заповнюється ППС, що гарантує отримання рівномірно заповненого оснащення;
- бак задувного пристрою заповнюється спіненим пінополістиролом за допомогою вакууму протягом 1 хвилини;
- верхня видача ППС запобігає переущільненню піномоделі всередині прес-форми під час задування. Гранули в прес-формі розподіляються рівномірно;
- розрахункове завантаження - до 1,5 кг ППС.

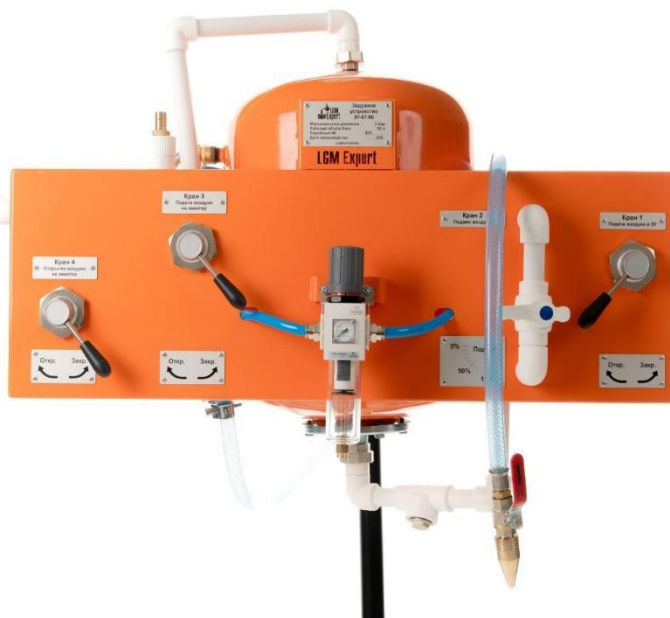


Рис. 3.11. Задувний пристрій від компанії «ЛГМ експерт»

Робота пристрою від компанії «АКС» (рис. 3.12) має такі особливості: ємність пластикову 7 заповнити гранулами полістиролу і закрити ситом 20. Встановити задувний пістолет 1 над отвором у прес-формі на висоті 1~2 мм. Натиснути на важіль пістолета, заповнити порожнину прес-форми гранулами полістиролу. Під час задування допускається часткова втрата гранул полістиролу. Пістолетом обдувним користуватися при розбиранні прес-форми для видалення вологи.

У трасі стисненого повітря передбачено ресивер. Він дає змогу компенсувати падіння тиску в разі одночасного ввімкнення кількох споживачів.

З метою зменшення втрат полістиролу під час задування необхідно, щоб задувний отвір у прес-формі було виконано з фаскою під 90-120° із зовнішнім діаметром 11-13 мм. Вісь пістолета 1 має бути у вертикальному положенні. У формі має бути достатня кількість щілинних пропилів або вентів для виходу повітря.

Подача повітря регулюється гвинтом із задньої частини в пістолеті. Для завантаження пінополістиролу треба перекрити кран подачі стисненого повітря, скинути залишковий тиск у баку задувного пристрою. Зверху на ємності встановлено кульовий кран на 2" для завантаження пінополістиролу за допо-

могою лійки. Після завантаження перекрити крани, відкрити подачу стисненого повітря. За допомогою редуктора підібрати необхідний тиск задування пінополістиролу у форму.

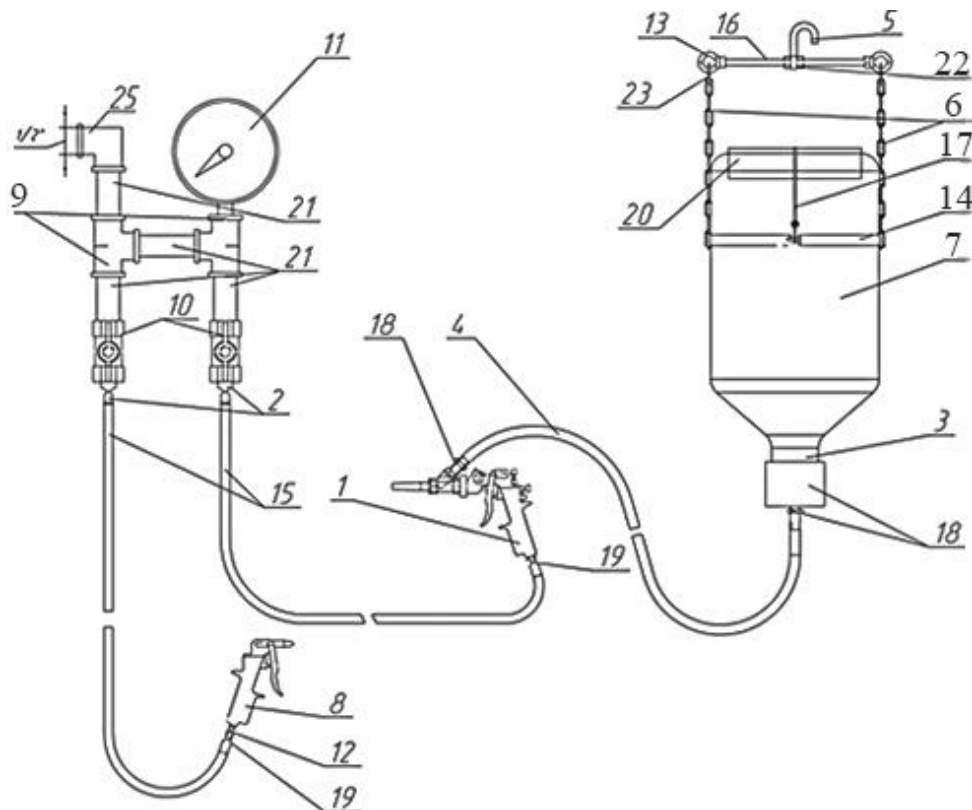


Рис. 3.12. Схема задувного пристрою компанії «АКС»

### 3.3.2 Автоклави

Автоклав ливарний (стерилізатор) призначений для вторинного спінювання полістиролу в прес-формах при їх тепловій обробці водяною насиченою парою під надлишковим тиском у разі ручного способу виготовлення моделей дрібних та середніх розмірів.

Основні вузли ливарного автоклава виготовлені із нержавіючої сталі. Час обробки парою, тиск у камері налаштовуються відповідно до конфігурації прес-форми. Автоклав обладнаний парогенератором, а також може бути підключений до магістральної подачі пари.

Експлуатація автоклава повинна відбуватися у приміщенні при температурі навколишнього середовища від +10 до + 35°C. Найбільше значення відносної вологості в інтервалі робочих температур - 80%.

Вітчизняні парові стерилізатори серії ГК-100 часто не задовольняють вимогам технології отримання якісних піномоделей за цілим рядом характеристик. Ці агрегати не контролюють температуру всередині камери, а тільки опосередковано через тиск керують процесом, це призводить до відсутності стабільного результату і неможливості систематизації виробничого процесу, оскільки все залежить від майстерності модельника. Також існує проблема

контролю тиску пари в парогенераторі через застосування контактних манометрів, у яких досить низький показник надійності, що призводить до частих аварійних ситуацій в процесі експлуатації.

У серійних стерилізаторах використовується вода із системи водопостачання, що призводить до швидкого забруднення парогенераторів накипом і псування прес-форм, а також до низького ККД парогенератора, в який щоразу вручну треба додавати холодну воду, яку необхідно нагрівати.

Для вирішення всіх вищеперерахованих проблем було розроблено комплекс заходів щодо модернізації ГК-100, в результаті якого почав серійно виготовлятися комплекс ГК-100-3ПМ (таблиця 3.3).

Модернізований автоклав оснащений датчиками температури, рівня води в парогенераторі і в резервуарі оборотної води, електронасосом для автоматичної дозаправки парогенератора з бака, електромагнітними гідроклапанами для заповнення парогенератора водою, подачі пари в камеру, скидання пари в бак і скидання надлишкового тиску в камері та сенсорною панеллю оператора (TouchScreen), а також датчиком тиску пари в парогенераторі, встановленому паралельно манометру, що запобігає збоєм в контактах манометра та підвищує надійність системи роботи автоклава. Для зберігання та збирання дистильованої води використовується ємність об'ємом 75 л. з нержавіючої сталі.

У модернізованому автоклаві реалізовано контроль за його безпечною роботою, підтримкою температури в камері, часу технологічного процесу. Система безпеки роботи автоклава забезпечує відключення тенів при зниженні води в парогенераторі нижче критичної позначки, кероване підвищення тиску в парогенераторі, автоматичне скидання надлишкової пари з камери в кінці циклу, блокування включення при відкритій камері.

Таблиця 3.3

Технологічні параметри автоклава ГК-100-3ПМ

Параметр	Значення
Робочий тиск пари у стерилізаційній камері, МПа (кг/см <sup>2</sup> )	0,22 (2,2)
Споживана потужність, кВа, не більше	14
Внутрішній діаметр стерилізаційної камери, мм	400+2
Кількість режимів роботи	100
Максимальна температура пари, °С	132
Габарити (д×ш×в +/-50), мм	1170×1000×1465
Габарити резервуару для дистильованої води, л	75

Камера автоклаву від китайського виробника типу WS (рис. табл. 3.4) являє собою висувну скриньку, що спрощує процес завантаження прес-форми. Режим роботи автоклава може регулюватися в межах 60 хв і при температурі обробки 40-135 °С.



Рис. 3.13. Автоклав серії WS-YDA

Таблиця 3.4

Технічні параметри ливарних автоклавів WS-YDA

Параметр	WS-150 YDA	WS-200 YDA	WS-280 YDA	WS-400 YDA	WS-500 YDA
Об'єм камери, л	150 літрів	200 літрів	280 літрів	400 літрів	500 літрів
Розмір камери (Ø×Н), мм	440×1000	515×1000	600×1000	700×1000	700×1300
Тиск, МПа	0,22				
Робоча температура, °С	40-105-135				
Точність температури, °С	±1				
Потужність парогенератора, кВт	9	9	12	15	18
Розмір, мм	1400×600×1300	1400×670×1650	1400×770×1780	1430×880×1830	1800×900×1820
Маса, кг	240	260	365	420	470

Автоклави серії WS-YDB (рис. 3.14, табл. 3.5) – це аналог горизонтального ливарного автоклава WS-YDA, тільки з додатковим мікрокомп'ютерним керуванням. Система керування автоматично регулює вхід та вихід пари відповідно до температури камери під час роботи.



Рис. 3.14. Автоклав серії WS-YDB

Таблиця 3.5

Технічні параметри ливарних автоклавів WS-YDB

Модель	WS-150YDB	WS-200YDB	WS-280YDB
Об'єм камери, л	150	200	280
Розмір камери (Ø×Н), мм	440×1000	515×1000	600×1000
Тиск, МПа	0.22		
Робоча температура, °С	40-105-134		
Точність температури, °С	±1		
Потужність парогенератора, кВт	9	9	12
Розмір, мм	1400×650×1600	1400×750×1700	1520×910×1900
Маса, кг	340	350	460

Отримання у традиційних камерних автоклавах моделей різних розмірів потребує наявності кількох одиниць цього обладнання з камерами різного об'єму, залежно від габаритів прес-форм. Нерівномірне завантаження встановлених у ливарних цехах автоклавів кількох типорозмірів залежно від зміни ринкової кон'юнктури на вилівки, а також непродуктивна витрата теплоносія при випуску пари в навколишній простір цеху під час відчинення - закриття дверей камери збільшує енерговитрати та вартість обладнання. Окрім невідповідності обсягу прес-форми та камери, до недоліків серійних автоклавів належить необхідність встановлення поряд з ними ванни охолодження прес-форм. Все це призводить до подорожчання ливарної моделі.

Враховуючи зазначені недоліки устаткування, українськими вченими розроблена конструкція тунельного прохідного автоклава для виготовлення в прес-формах моделей для ЛГМ-процесу, пакувальних елементів та інших виробів з ППС. Ескіз установки наведено на рис. 2.19.

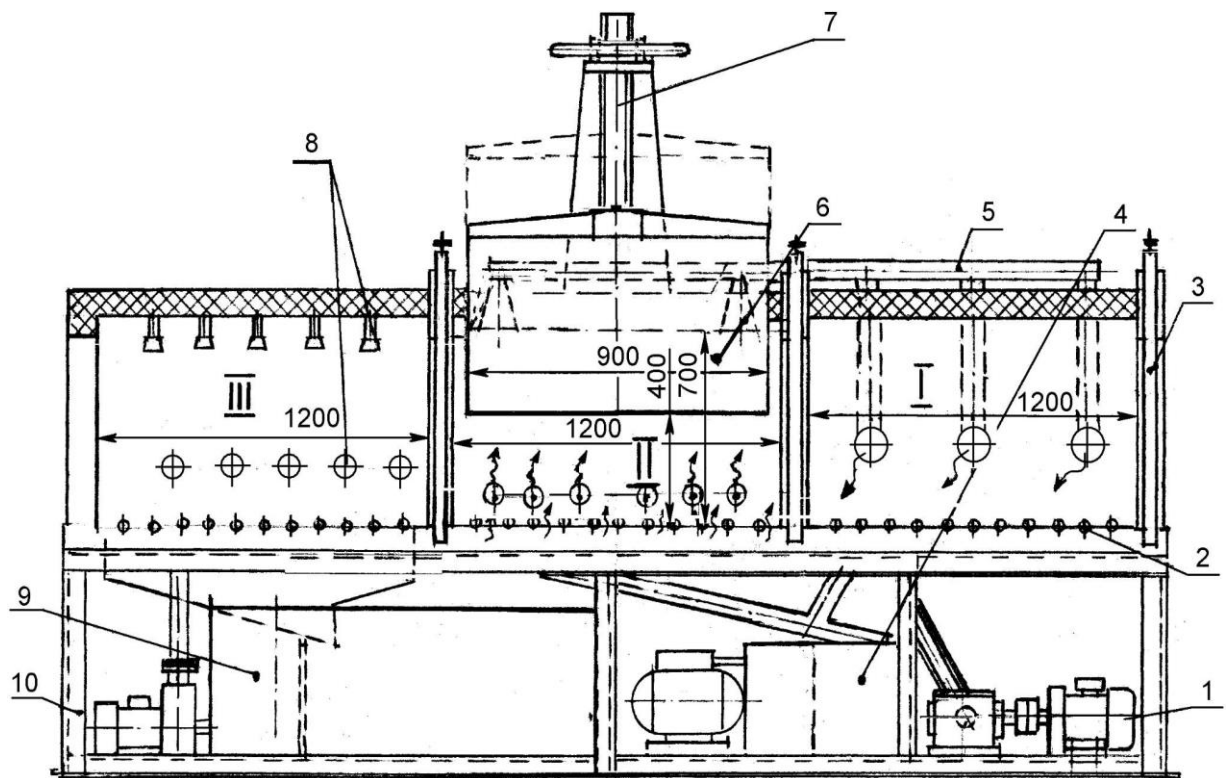


Рис. 3.15. Автоклав тунельний модельний.

Камери автоклаву: I – попереднього прогріву; II – спікання; III – охолодження. Елементи автоклаву: 1 – привід транспортної системи; 2 – рольганг; 3 – шибер; 4 – парогенератор; 5 – рекуператор; 6 – рухомий склепіння; 7 – привід склепіння; 8 – охолоджувачі; 9 – система водообігу; 10 – каркас

З метою зменшення енерговитрат на нагрівання пари запропонована конструкція автоклаву дозволяє змінювати об'єм камери спікання в залежності від розмірів використовуваних прес-форм, а також ежектувати несконденсовану пару, що залишилася, як теплоносій в камеру попереднього нагріву прес-форм. Конденсат та залишки пари з камери відкачуються до приймача парогенератора.

Прес-форма після спікання подається до камери охолодження. Використана вода потрапляє у систему водообігу. Камери I і III служать своєрідними шлюзами для камери II з метою зменшення виходу пари в атмосферу цеху. Між собою камери розділені шиберними заслінками з пневмоприводами, а рухоме склепіння (стеля) камери спікання має привід опускання-підйому гвинтового типу. Переміщенням склепіння камери можна плавно зменшити нагрівальну камеру II у 4 рази. Розпилювачі камери охолодження розташовані в стельових, бічних та нижніх стінках камери III для ефективного використання охолоджувача – води. Вони поворотні з метою управління потоками води, що розпилюється, в різних напрямках з урахуванням конструкцій використовуваних прес-форм.

Тунельний автоклав може бути укомплектований власним джерелом стисненого повітря (компресором) або підключатися до цехових джерел.

Габаритні розміри (д×ш×в), мм – 4000×1500×2400.

Енергоспоживання, кВт – 40.

Максимальні розміри прес-форм, мм – 1150×1150×650.

Транспортна система прес-форм до та після автоклаву є системою рольгангового типу, яка дозволяє встановлювати на потік прес-форми різних розмірів та кількості. Ролики транспортної системи наводяться в рух ланцюговою передачею, вони можуть рухатися окремо і спільно.

Розроблена конструкція автоклаву за продуктивністю займає проміжне положення між серійними камерними автоклавами та модельними прес-автоматами. Вона легко вбудовується в конвеєрні лінії виготовлення моделей, зможе замінити два камерні автоклави різної ємності при зниженні викидів пари в атмосферу цеху одночасно з економією енергії, а також знижує витрати ручної праці автоматизацією процесу охолодження прес-форм та їх переміщення (останнє може бути посилено додатковою комплектацією рольгангом повернення спустошених прес-форм на позицію заповнення їх ППС).

Порівняння технічних характеристик модельного устаткування різного типу представлено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Характеристики модельного устаткування різного типу

Параметр	Автокла в ГК-100	Автокла в ГК-400	П/автом ат ПМ-5М	Тунельни й автоклав	П/автом ат ПМ-2К
Продуктивність <sup>1</sup> , цикл/година	5-25	5-25	15-25	10-25	25-30
Енергоспоживання <sup>2</sup> , кВт×год	16	30	≈110	30	<50
Співвідношення вартості обладнання (базова – ГК-100)	1	2,3-2,6	7-10	2,5-3	10-12
Час переналагодження на виробництво інших типорозмірів моделей, год.	0	0	8-12	0	8-12
Співвідношення вартості прес-форм <sup>3</sup> (базова ГК-100)	1	1-3	3-5	1	4-5
Займана площа <sup>4</sup> , м <sup>2</sup>	6	8	35-40	10	10

1 – з урахуванням часу на задування ППС у прес-форму;

2 – з урахуванням потужності підключених до напівавтомата парогенератора, вакуумного та водного насосів, компресора;

3 – з урахуванням вартості проектування;

4 – з урахуванням площ під мінімально необхідне технологічне обладнання (стіл складання прес-форм, ванни охолодження та ін.).

Таким чином, здешевлення виготовлення в тунельному автоклаві моделей відбувається за рахунок:

- 1) зміни обсягу камери спікання, в залежності від розмірів завантажуваних в автоклав прес-форм при відповідному значному зниженні витрати теплоносія;
- 2) передачі використаної пари в камеру попереднього нагріву при додатковій економії пари;
- 3) використання замкнутої системи водяного охолодження прес-форм;
- 4) накопичення кількох прес-форм на транспортній системі одночасно, що усуває жорсткий зв'язок за часом операцій заповнення гранулами ППС прес-форм із роботою автоклаву.



### 3.3.3 Модельні автомати

Технологія отримання ливарної моделі на модельних автоматах аналогічна отриманню боків і полягає в такому: прес-форма, закріплена на плитах формувального автомата або напівавтомата, закривається методом опускання рухомої плити до початкового положення. Попередньо спінений пінополістирол інжектуються в порожнину прес-форми. Далі під тиском подається гаряча пара для спікання (відбувається вторинне спінювання). Формування моделі відбувається за 1~2 хв. По закінченню заданого часу здійснюється подача холодної води, яка зупиняє залишкове спінювання і охолоджує прес-форму, щоб уникнути оплавлення моделі. Гаряча вода відводиться в каналізацію або в систему охолодження. Проводиться розкриття прес-форми, продування стисненим повітрям, яке виштовхує модель з прес-форми, після чого вона вручну забирається з робочої області. Загальний цикл автомата залежить від конфігурації моделі, товщини стінки, типу полістиролу і може становити від 5 до 15 хвилин.

Керування всіма вузлами формувального автомату (рис. 3.16) здійснює програмований логічний контролер (PLC). Інтервали часу вводяться в пам'ять PLC через сенсорний дисплей. Особливості автоматів типу PS представлені в табл. 2.11.



Рис. 3.16. Робочий простір модельних автоматів типу PS

Таблиця 3.7

Технічна характеристика модельних автоматів типу PS

Параметр	PS-800	PS-1000	PS-1100	PS-1500
Габарити робочої поверхні столу, мм	800×800	1000×900	1100×1000	1500×1400

Максимальний розмір прес-форми, мм	700×620	900×700	1000×800	1400×1200
Відкривання матриці, мм	150-1300			
Тиск у системі, МПа	0,5-0,7			
Тиск у системі охолодження, МПа	0,3-0,6			
Потужність, кВт	1,1	1,5	3,0	
Маса, кг	1000	1500	2800	

Основні параметри формувального автомата з робочим столом 1400 мм наведено у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Параметр	Значення
Габарити розміри (д×ш×в), мм,	1600×2800×2500
Хід рухомої рамки: max/min	750/220
Максимальний розмір прес-форми (ш×в), мм:	1250×1000
Кількість циклів на годину (залежно від щільності та розміру моделі)	12-120
Робочий (надлишковий) тиск пари P <sub>g</sub> у прес-формі, МПа (атм)	0,05 (0,5)- 0,07(0,7)
Температура пари в прес-формі, °С	110-115
Споживання пари для формування (за max продуктивності), кг/год	150
Фіксація напівформ	Пневматика
Завантаження гранул у прес-форму (ежекція)	Пневматика, вакуум
Виштовхування готового виробу	Пневматика, пневмоподушка
Переміщення рухомої рамки (напівформи)	Гідравлічне
Споживання стисненого повітря пневмоциліндрами і пневмоустановками, м <sup>3</sup> /год	1,0
Номінальний робочий тиск пневмоциліндрів, атм./тиск min, атм.	10/7
Норма обслуговування, чол.	1
Номінальна потужність, кВт	10,5
Маса, кг, не більше	1000

Відомі модельні автомати LWH і EPS-C (рис. табл 3.8, табл 3.9) служать для виготовлення великих або серійних моделей з пінополістиролу. Відмінність моделі LWH (гідравлічні) від EPS-C (гвинтові) полягає в більш швидкісному режимі роботи, що досягається завдяки швидкому і плавному переміщенню плит із прес формою.



а) б)  
Рис. 3.17. Модельні автомати: а) - LWH, б) - EPS-C

Таблиця 3.8

Характеристика модельних автоматів LWH

Модель	Розмір плит, мм	Розмір прес-форми, мм	Виробничий цикл, с	Потужність, кВт
LWH-1210	1200×1000	1000×800	70~140	5,5
LWH-1412	1400×1200	1200×1100	80~160	7,5
LWH-1513	1500×1300	1300×1200	90~180	8,5
LWH-1814	1800×1400	1600×1300	100~200	11

Таблиця 3.9

Характеристика модельних автоматів EPS-C

Модель	Розміри плит, мм	Розмір прес-форми, мм	Потужність, кВт	Кількість гвинтових передач	Ø напрямлених колон, мм	Маса, кг	Виробничий цикл, с
EPS-C-0907	900×700	780×600	1,5	1	56	1000	60-120
EPS-C-1090	1000×900	800×800	1,5	1	56	1500	70-140
EPS-C-1280	1200×800	1100×800	2,2	1	56	1600	80-150
EPS-C-1210	1200×1000	1000×800	2,2	1	56	1700	
EPS-C-1310	1300×1000	1100×950	3	1	56	1800	
EPS-C-1512	1500×1200	1350×1050	4	2	56	2200	100-190
EPS-C-2012	2000×1200	1500×1380	5	2	72	3500	150-200

Обладнання для виготовлення пінополістирольних моделей фірм

80-150
90-180

та INT KOREA Co виглядає наступним чином (рис. 2.).



Рис. 3.18. Формувальна машина для полістирольних моделей

Технічна характеристика формувальних машин

Параметр	IP 100 V	IPS1800V
Тип	Вакуумний	
Управління	Програмованим логічним контролером PLC і сенсорним екраном	
Об'єм бункера, л	330	
Час циклу: тах, с	110	180
Сила стиснення, т	32	45
Витрата електроенергії, кВт	10,7	16,5
Силос, м <sup>3</sup>	9	12
Розміри, м	1,5×1,5×4,0	—
Особливості	—	Рухома і нерухома рами для встановлення прес-форм

Автомати вітчизняного виробництва МФА (рис. 3.19) забезпечені автоматичною системою подачі матеріалу. При цьому регулювання тиску відбувається за допомогою швидкодіючого мікроконтролера. Матеріал надходить у камеру спінювання через пневмотранспортну систему та силоси для попередньо спіненого матеріалу. Камера спінювання розрахована для максимального тиску 2 bar і відповідно до цього забезпечена захисним клапаном, для надійності процесу виробництва. Ці автомати мають максимальний розмір прес-форми, д×ш, мм (1 - 600×450, 2 - 900×650, 3 - 1200×900), пароаккумулятор на 1м<sup>3</sup>, парогенератор до 100 кВт за парюю, силос із системою транспортування матеріалу.



Рис. 3.19. Модельний формувальний автомат МФА-1

У конструкції формувального автомата ФА-450 виробництва «АКС» (рис. 3.20) передбачено завантажувальний пристрій, який автоматично заповнюється полістиролом із бункера зберігання за командою з пульта керування. Завантажувальний пристрій оснащений п'ятнадцятьма патрубками, якими пінополістирол під тиском подається в прес-форми.



Рис. 3.20. Формувальний апарат ФА-450

Цикл роботи автомата становить від 1 до 3 хвилин, залежно від товщини стінки моделі та кількості форм на робочому столі автомата.

Простий і зрозумілий інтерфейс пульта управління дає змогу програмувати тривалість кожної операції по секундах і дуже швидко налаштувати випуск нових виробів. Один працівник може працювати на двох і більше автоматах.

Заміна прес-форм з лицьовими плитами займає не більше півгодини. Заміна оснащення - не більше 4 годин. Невеликий габарит камер автомата дає змогу економічно витратити пару, що дуже важливо для собівартості виробництва малогабаритних моделей. За 8 годин автомат може зробити до 300 циклів.

Для безпеки роботи формувальний автомат оснащений запобіжними клапанами, а також захисними дверцятами, що автоматично вимикають роботу автомата в разі їхнього відчинення.

Завод АКС випускає модельний ряд автоматів із розмірами робочого поля від 400×400 мм до 600×800 мм

Задувний пристрій (рис. 3.21) у модельних автоматах призначений для рівномірного, дозованого заповнення форми передспіненим матеріалом (пінополістирол або сополімер).

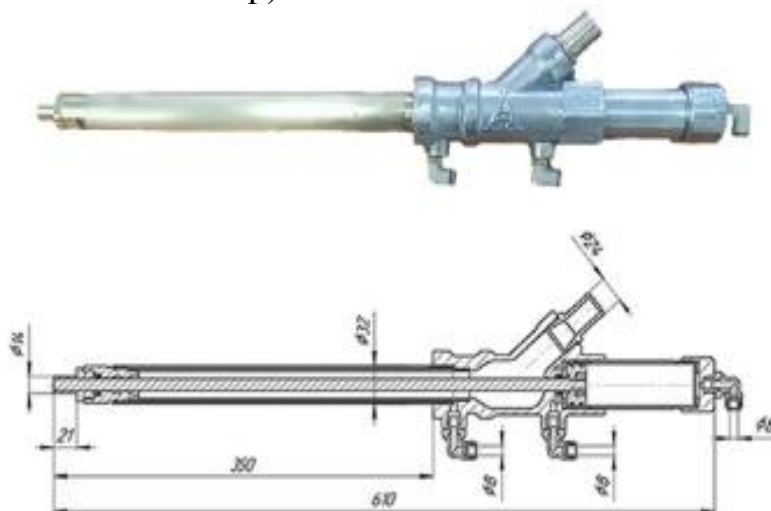


Рис. 3.22. Задувний пристрій для модельних автоматів

Задувний пістолет виконує такі функції:

- подача передспінених кульок матеріалу у форму, за рахунок розрідження;
- замикання задувного отвору на формотворчій поверхні;

Пристрій виготовлено з алюмінієвого сплаву і латуні. Керування задувним пристроєм здійснюється за допомогою системи пневмоклапанів, що входять до складу системи управління модельного автомата. Усі під'єднання пневмосистеми виготовлені зі стандартних швидкознімних з'єднувачів.

Управління рухом матеріалу всередині пристрою здійснюється за допомогою пневмоциліндра, розміщеного в кінці задувного пристрою на одній осі з клапаном.

Задувний пристрій являє собою подвійний циліндр, усередині якого є шток із поршнем. Поршень, переміщаючись, забезпечує 2 робочих положення

дозатора: «відкрито» та «закрито». У просторі між циліндрами подається стиснене повітря, яке створює, в положенні «відкрито», ежекційний ефект, що дає змогу «м'яко» і рівномірно подавати гранули у форму, або, в положенні «закрито», видуває гранули з порожнини пристрою назад у бункер.

Також у дозатора є кілька підвідних штуцерів: подача сировини, переміщення поршня («відкрито» і «закрито»), продування пістолета.

Після заповнення прес-форми і замикання задувного отвору, пристрій самостійно очищає порожнину пістолета від гранул піно-матеріалу, за допомогою стисненого повітря.

Цей пристрій може бути встановлений на будь-якій прес-формі і закріплений за допомогою спеціальної цапфи - сальника, що герметизує отвір установки.

Здувні пристрої можуть виготовлятися під різний тип прес-форм із задувним отвором діаметром від 8 до 30 мм і мати довжину робочої частини від 200 до 500 мм.

Пристрій спеціально розробляється для модельних автоматів різних виробників (МФА-1/2/3/4, EPS, Kurtz) і легко вбудовується в автомати інших типів. Цей пристрій також легко вбудовується в автоматичну систему модельних автоматів.

Розроблений у ФТІМС НАН України модельний напівавтомат типу ПМ-5М (таблиця раніше) для прес-форм із габаритними розмірами 600×400×120/1300 мм (д×ш×найменша/найбільша відстань між плитами).

Встановлення в цеху ЛГМ напівавтоматів ПМ-5М, або імпортованих, без парогенератора і вакуумної системи вимагає додаткового їх придбання, що за витратами можна порівняти з вартістю цих напівавтоматів. Це призводить до збільшення капітальних вкладень, виробничих площ і обслуговуючого персоналу. Парогенератори вітчизняного виробництва досить енерговитратні, їх встановлюють поруч із напівавтоматом і ретельно теплоізолюють паропроводи. При установці їх далі 10 м забезпечити сухою парою напівавтомат проблематично, що веде до нестабільної якості ППС моделей. Практика експлуатації таких комплексів показала очевидну економічну вигідність напівавтоматів з вбудованими парогенератором і вакуумною системою за оптимальної якості вироблених моделей.

Під час розроблення конструкторської документації на новий напівавтомат ПМ-2К (рис. 3.23) для прес-форм із габаритними розмірами 800×500×380/1480 мм враховано досвід експлуатації напівавтомата ПМ-5М та автоклавів ГП-100, ГП-400, парогенераторів АВПЕ(Е) заводу «НВП Електро-теплоташ», м. Кам'янське.

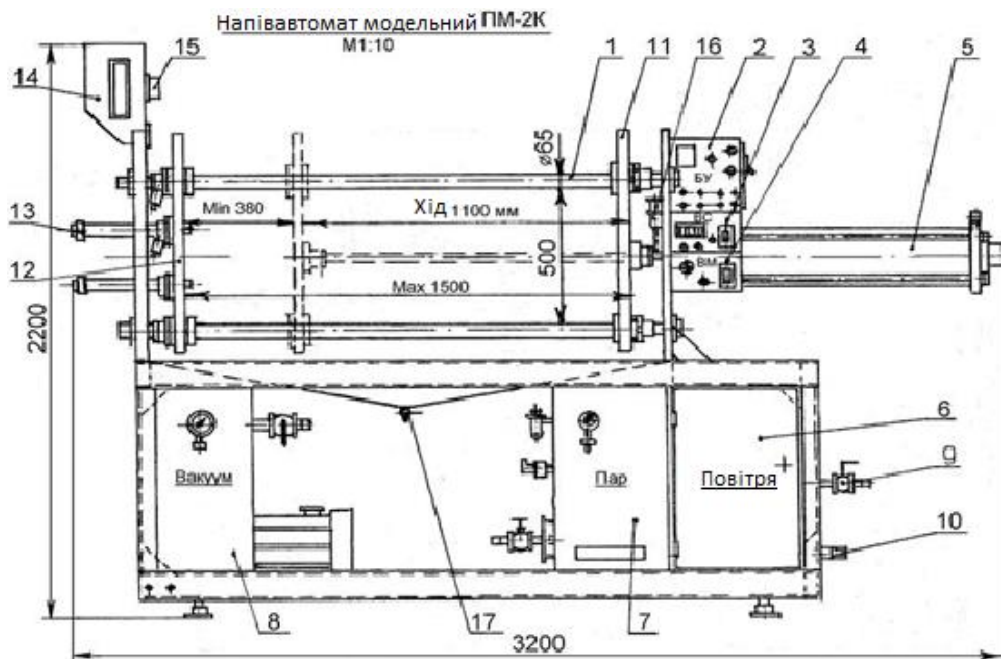


Рис. 3.23. Напівавтомат ПМ-2К [1]: 1 – станина; 2 – блок керування напівавтоматом; 3 – пульт керування парогенератором; 4 – пульт керування вакуумною системою; 5 – головний циліндр  $\varnothing 200$ ; 6 – пульт повітряної системи ( $P=1$  МПа); 7 – парогенератор ( $P=0,15$  МПа,  $T \geq 130^\circ\text{C}$ ); 8 – вакуумна машина з ресивером; 9 – блок підведення стисненого повітря, води; 10 – система відводу води і пари; 11 – рухома плита; 12 – нерухома плита; 13 – задувний пристрій (2-6 шт.); 14 – бункер підспіненого полістиролу; 15 – вібратор завантаження; 16 – запірний пристрій; 17 – піддон

Конструкція ПМ-2К економічна через відсутність зовнішнього парогенератора і теплоізованого паропроводу. Вбудований вакуумний пластинчастий насос продуктивністю  $1,0 \text{ м}^3/\text{хв.}$  з вакуумним акумулятором об'ємом  $0,7 \text{ м}^3$  забезпечує напівавтомату 25-30 знімачів моделей на годину, а установка вібратора в бункері підспіненого полістиролу - рівномірне подавання гранул у прес-форми. Управління ПМ-2К здійснюється програмованим контролером фірми «Siemens», пневмоапаратура і датчики такі ж, як і на ПМ-5М. Через розташування котла парогенератора (потужністю  $N_{\text{уст.}} = 32 \text{ кВт}$ ;  $P=0,15$  МПа) поруч із прес-формою пара залишається сухою. Максимальний тиск пари досягає  $0,2$  МПа, температура -  $130^\circ\text{C}$ , продуктивність -  $50 \text{ кг}$  пари на годину, енергоспоживання - менш як  $50 \text{ кВт/год}$ . Рекуператор пари не передбачений з огляду на складність і вартість установки.

Напівавтомат ПА-600 призначений для виготовлення пінополістирольних моделей на ручних пресформах, що мають більше однієї площини роз'єму.

Параметр	Значення
Маса, кг	1100
Габарити, мм (ш×г×в)	1090×1500×2350
Споживана потужність, кВт	12,5
Внутрішні робочі розміри камери, мм (ш×г×в)	600×600×300



Максимально допустимий тиск пари в камері, атм	2
Температура спікання, °С	120

Завдяки цьому обладнанню на підприємстві стає можливим:

- часткова автоматизація процесу виготовлення моделей;
- підвищення продуктивності в 3 рази (порівняно з автоклавним методом);
- розширення діапазону одночасного спікання моделей з різними товщинами стінок;
- відмова від ванн охолодження;
- виготовлення моделей складної форми.

Прискорення циклу виготовлення моделей на напівавтоматі можливе завдяки використанню пароаккумуляторів у пароводі та вбудованої системи охолодження форм. У конструкції також передбачена система вакуумування форм.

Під час циклу спікання одного комплекту оснащення оператор напівавтомата виконує розбирання і знімання моделей, складання і заповнення спініним полістиролом другого комплекту оснащення.

Система вбудованого охолодження дає змогу охолодити оснащення без його переміщення від місця спікання до місця охолодження. Система управління циклом, захист параметрів ПН-кодом, можливість запису в пам'ять до 10 програм циклів - повністю усуває «людський фактор» з циклу спікання моделей.

### 3.3.4 Допоміжне обладнання формувальньо-дільниці

Ванна охолодження прес-форм (табл. 3.10) призначена для охолодження прес-форм після автоклавного спінювання. Механізм переміщення дає змогу опустити у воду і підняти прес-форми за командою оператора без занурення рук у воду.

Таблиця 3.10

#### Технічна характеристика ванни

Параметр	Значення
Привід ванни охолодження прес-форм	Пневматичний
Управління	За допомогою педалі, ножне
Габаритні розміри (д×ш×в), мм	862×1016×900
Маса, кг	318

Отримання для ППС моделей як для одиничних, так і для серійних виливків різного розважування і матеріалу, є найбільш трудомістким процесом, що впливає на якість і вартість виливка. Нині в ливарних цехах для ЛГМ-процесу застосовують автоклави ємністю 100, 400, 700 і 1000 л. Під час використання автоклава ємністю 100 літрів (ГП-100) для отримання моделей виливків вагою до 20 кг, або частин моделей великої ваги, маса алюмінієвих

прес-форм досягає 20-25 кг. Маса прес-форм, використовуваних в автоклавах ємністю 400 літрів і вище, іноді досягає 100 кг. Це призводить до необхідності докладання великої фізичної сили під час їхнього завантаження і вивантаження в камеру автоклава, опускання і виймання з камер охолодження. З огляду на ці труднощі, у ФТІМС розроблено обладнання - стіл модельника (рис. 3.24), що полегшує працю модельника і знижує витрату води для охолодження витягнутих із камери автоклава прес-форм після спікання моделей.

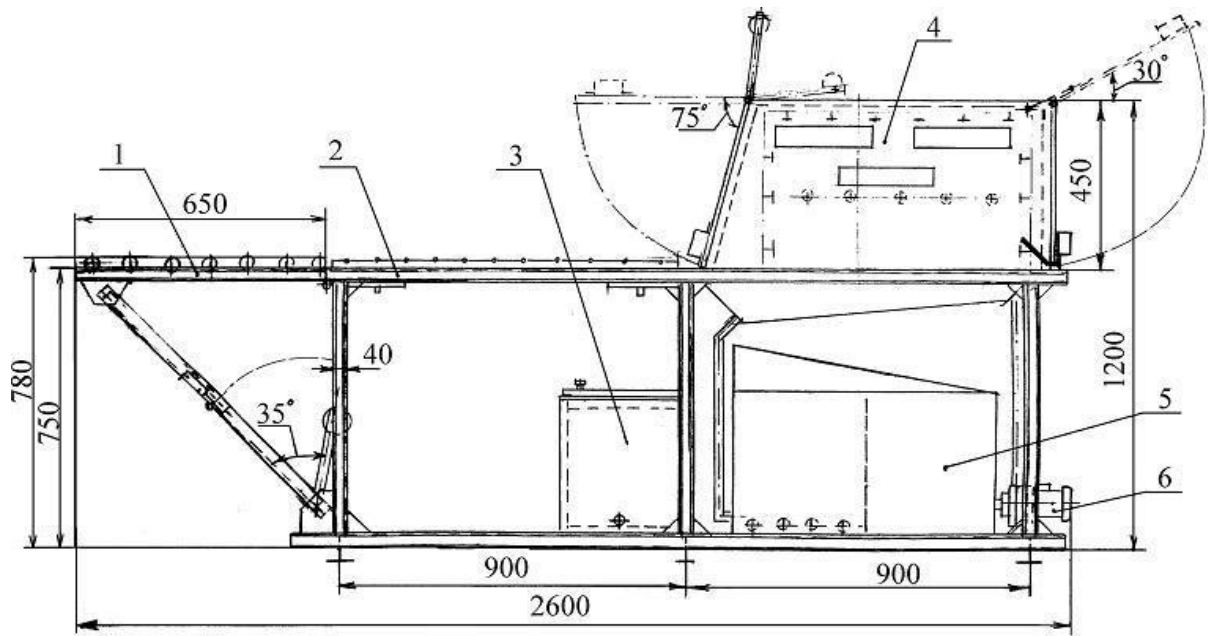


Рис. 3.24. Стіл модельника: 1 – рампа; 2 – робочий майданчик; 3 – ємність; 4 – камера охолодження; 5 – бак для охолоджувальної води; 6 – насос

Цей стіл модельника включає: складальну рампу 1 з котками, противагою і системою фіксації, робочий майданчик 2 для збирання-розбирання і задування прес-форм спіненим полістиролом, ємність 3 для зберігання і подачі на задування спіненого ППС пістолетом, камеру охолодження 4, бак 5 для охолоджувальної води з системою барботажу, насос 6 і систему розпилення води.

Прес-форма з рампи 1 на котках передається на робоче місце 2, що має поверхню з кульок, які обертаються, і в камеру охолодження 4. Передня і задня стінки камери охолодження 4 відчиняються догори і мають противаги, як і рампа 1, що зменшує зусилля, які докладаються для їхнього повороту. Спеціальні розпилювальні регульовані сопла розташовані в бічних стінках цієї камери 4, на стелі та стінках. Регульовані сопла по 5-8 шт розміщені на кожній трубці. Трубки мають ступінь свободи для зміни кута по відношенню до стінок прес-форм.

Операція задувки, спікання та охолодження мають переходи в такому порядку: 1) після розбирання і знімання моделі з прес-форми необхідно здути вологу задувним пістолетом; 2) зібрати прес-форму, задути пістолетом підспінений полістирол; 3) скласти рампу і відчинити дверцята камери автоклава; 4) підняти рампу і закотити прес-форму; 5) скласти рампу і зачинити дверцята,

спекти модель; 6) після спікання при складеній рампі відчинити дверцята автоклава і камери охолодження; 7) підняти рампу і закотити прес-форму по обертових ковзанках і кульках рампи в камеру охолодження; 8) закрити стінки камери і ввімкнути насос; 9) охолоджену прес-форму викотити на робочий майданчик, розібрати і витягти модель.

На бічних стінках камери охолодження є оглядові вікна. Система барботування в баку з охолоджувальною водою служить для її охолодження. Втрату води в баку періодично поповнюють.

Задувочний пістолет гнучкою трубкою підключають до цехової системи стисненого повітря  $P_{\text{над}} \geq 6 \text{ кг/см}^2$ . Робочу поверхню столу після задування прес-форми регулярно очищають (стисненим повітрям з пістолета) від просів ППС для запобігання гальмування кулькових опор.

Більш простий у порівнянні з вищеописаним є стіл складання та охолодження прес-форм СРПФ-06-1400.900-00. Ванна для охолодження прес-форм вбудована в стіл. Поверхня столу поруч із ванною призначена для складання прес-форм і задувки ППС перед спіканням, розбирання прес-форм після охолодження.

Робочий простір передбачає оптимальний доступ до робочої зони та безпеку під час роботи обладнання.

Електропарогенератор призначений для прямої подачі пари на об'єкт за наявності споживача системи центрального водопостачання. Парогенератори електродні (електропарогенератори) застосовуються для виробництва насиченої водяної пари (від 10 до 150 кг на годину) надлишковим тиском від 0,01 МПа до 0,8 МПа (0,1-8,0 кг/см<sup>2</sup>) і температурою від 105С° до 180С° для технологічних цілей. Електропарогенератор ПГ вимагає лише три підключення на місці встановлення: до водопроводу, паропроводу, електромережі.

### **3.3.5 Верстати для різання**

В умовах одиничного та дрібносерійного виробництва модель виготовляють шляхом механічної обробки стандартних плит та блоків з пінополістиролу. Проте, сам процес вирізання моделі з пінополістиролу блоку, як правило, вручну, характеризується великою трудомісткістю, а сама модель не відрізняється високою точністю.

В даний час термоплотери (інші назви подібних верстатів - termocutter, верстат ЧПУ для різання пінопласту, верстат комп'ютерного різання пінопласту) використовують для фігурного різання пінопласту. Термоплоттер - це апаратно-програмний комплекс, що включає в себе персональний комп'ютер, контролер і виконавчий механізм (рис. 3.25). Ріжучим елементом є нагріта ніхромово струна. Струна переміщається у вертикальній площині, а щодо неї рухається пінополістироловий блок – заготівка.

Комплекс різання пінопласту призначений для нарізання відформованих великогабаритних блоків полістирольного пінопласту на заготовки та моделі необхідного розміру методом термічного різання.

Зазвичай нагрівання струни проводиться електричним струмом із регулюванням потужності розжарювання. Швидкість переміщення Ni-Cr струни регулюється інтервалом 0~100 мм/с.



Рис. 3.25. Верстат для різання «ПК Вікурс»

Найбільший переріз блоку, що розрізається цим верстатом, становить 1240×1240×2040 (3040) мм. Комплекс різання оснащений пультом керування на сенсорній панелі із силовим трансформатором 4 кВа (табл. 3.11). На тоководи та ніхромові ріжучі струни подається безпечна для людини напруга 42 В. Також до комплексу входить завантажувальний візок для блоків.

Верстати різання можуть комплектуватися парасолькою витяжної вентиляції для видалення димоутворення при термічному різанні.

Таблиця 3.11

Основні характеристики комплексу різання

Параметр	Значення
Продуктивність комплексу, щонайменше, м <sup>3</sup> /год (при виробництві ППС-14), м <sup>3</sup> при довжині блоку 2(3) м	12 (22)
Загальні габаритні розміри всього комплексу з візком та пультом керування (без парасольки витяжної вентиляції), не менше (д×ш×в), мм	4400(5400)×4550×2500
Маса, кг	750
Номінальна потужність, кВт	4,5

Верстат для фігурного 2D та 3D різання пінополістиролу СРП-3220 (рис. 3.26) з поворотним столом дозволяє обробляти як пінополістирол спінений

(пінопласт) щільністю 15-50 кг/м<sup>3</sup>, так і екструдований пінопласт будь-якої щільності.



Рис. 3.26. Верстат СРП-3220 <<Максі>>

На верстат СРП-3220 Макси можна встановити до 6 різальних струн одночасно. Робоче поле дозволяє встановити 4 блоки пінополістиролу одночасно. Управління верстатом здійснюється комп'ютером (табл. 3.12). Саме різання здійснюється ніхромовою струною діаметром від 0,3 мм (при встановленні 6 струн) до 0,5 мм (максимум 2 струни).

Поворотний стіл для різання тіл обертання та об'ємних 3D-моделей із зубчастою передачею забезпечує високу точність повороту заготовки.

Таблиця 3.12

#### Технічні характеристики верстата

Параметр	Значення
Робоче поле, мм	2200×1250×1100(2200)
Довжина різальних струн, мм	2200
Кількість різальних струн	6
Потужність, кВт	2
Формат файлів	PLT, DXF, STL

Верстат СРП-С для фігурного різання пінопласту з незалежним переміщенням струни та поворотним столом відрізняється від СРП-3220 тим, що має:

- довжину струни, що змінюється від 1000 до 3000 мм залежно від поставленого завдання;
- контроль обриву струни (автоматична зупинка із продовженням після заміни);
- незалежне переміщення кінців струни (асинхронний рух координат X+X, Y+Y);
- високу швидкість холостого ходу – до 120 мм/с;
- мобільність під час перевезення з об'єкта на об'єкт, а також можливість встановлення практично в будь-якому приміщенні.

Верстат СРП-112 «Базис» (рис. 3.27, табл. 3.13) відрізняється меншим робочим полем, потужністю та наявністю лише однієї струни.

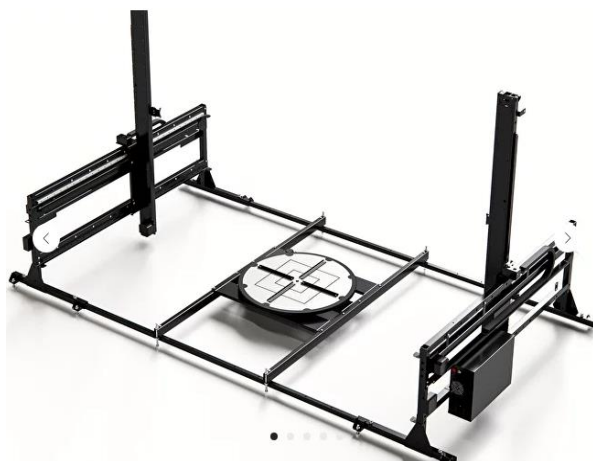


Рис. 3.27. Верстат СРП-112 «Базис»

Таблиця 3.13

Технічні характеристики верстата

Параметр	Значення
Робоче поле, мм	1400×1400
Довжина різальних струн, мм	1000-3000
Кількість різальних струн	1
Потужність, кВт	1
Формат файлів	PLT, DXF, STL

Стіл для різання моделей СПР-КОНТУР (рис. 3.28) має робоче поле 750×490×1350мм, довжину ріжучих струн 1350 мм, потужність 1500 Вт.



Рис. 3.28. Стіл для різання моделей СПР-КОНТУР

Невеликий стіл-верстат для різання піномоделей та виготовлення елементів ливникової системи (рис. 3.29) має такі габаритні розміри: 600×500 і висота 600 мм. Він виготовлений з листа склотекстоліту товщиною 12 мм, стійка натягу та кріплення ріжучої спіралі виготовлена з нержавіючої сталі. На

столі розміщені металеві лінійки та напрямна з кріпленням для виставлення розмірів різку.



Рис. 3.29. Стіл для різання елементів ливникової системи

Під поверхнею столу розміщено блок живлення нагрівального елемента з регулюванням струму. Живлення блоку здійснюється від мережі 220 В змінного струму, напруга живлення нагрівального елемента становить 12В постійного струму.

### 3.4. Складання ливарних моделей

Для якісного складання складних піномоделей часто застосовується термо-клей різних марок. Вимоги до термоклею такі:

- при згорянні не утворює «рідкої фази», а отже, потенційно можливих раковин;
- при склеюванні створює досить тонкий шар і забезпечує міцну фіксацію;
- при висиханні заповнює рівномірно шви, не створюючи тріщин;
- використовуватися як в електричній печі, так і в клейових пістолетах;
- має високу швидкість висихання та міцність;
- не має запаху, не токсичний
- легко згорає при заливці металу.

Більшість клеїв мають такі властивості:

- температура розм'якшення – 100°C,
- міцність на розрив -  $\geq 40$  Н/см<sup>2</sup>,
- робоча температура - 110-130°C,
- час схоплювання - 5-10 сек,
- температура просушування -  $\leq 55$ °C (до 65°C не деформується, не розм'якшується),
- газоутворення при заливці алюмінію (800 °C) - 500 мл/г.

Установка для склеювання піномodelей, а також елементів ливникової системи (рис. 3.30) призначена для підтримання постійно стабільної температури клею і складається з електронепровідного, теплоізоляційного корпусу, ванни для зберігання і підігріву термоклею, механізму переміщення перфорованої пластини з шаром клею, ручки переміщення з фіксатором, тону з термо-регулятором і блоком живлення.



Рис. 3.30. Установка для склеювання моделей

Перед увімкненням установки у ванну засипають сто грамів клею, після вмикання живлення і виставляють потрібну температуру. Після прогріву ванни і розплавлення клею, можна починати його використання.

Після підготовки поверхонь, що склеюються, за допомогою повороту ручки до спрацьовування фіксатора піднімають склеювальну пластину, на якій залишається тонкий шар розплавленого клею, одну з половинок піномodelі притискають до пластини, в результаті чого клей наноситься тонким шаром на модель. Після чого частини піномodelі з'єднують. Завдяки температурним якостям клею він швидко остигає, з'єднуючи частини піномodelі без викривлень та інших пошкоджень.

Клейова ванна KB-04-00 (рис. 3.31) також призначена для розплавлення гранульованого або стрижневого клею, але, на відміну від описаної раніше установки, має дві незалежні зони нагріву, на яких можна задати різну температуру. Вона оснащена 4 датчиками температури: два з яких забезпечують контроль температури ванни поблизу робочої поверхні, ще два - захист нагрівальних елементів від перегріву і виходу з ладу. Ванна оснащена регульованими ніжками для вирівнювання на робочому місці.





Рис. 3.31. Клейова ванна KV-04-00

### 3.5. Приготування антипригарних покриттів

Фарбозмішувач (рис. 3.32) служить для приготування антипригарної суміші, яка в подальшому застосовується для фарбування пінополістирольних виробів.

Досвід роботи з піномоделями показав, що 30% успіху становить антипригарне покриття, його склад, газопроникність, адгезія, спосіб приготування та нанесення.

Найчастіше ємність фарбозмішувача виготовляється з нержавіючої сталі, це металевий круглий бак з діаметром від 600 до 800 мм (табл. 3.14). Бак встановлюється на раму, на яку кріпиться електродвигун із механізмом приводу. Привід електричний (400 В змінного струму) із зміною частоти робочого механізму. Також на рамі встановлено шафу керування з перемикачем швидкостей та індикаторними лампами. Управління здійснюється з панелі шафи керування. У середині шафи керування встановлено частотний перетворювач.

На старих фарбозмішувачах, в яких перемішування відбувається з активаторами, встановленими зверху, перемішування здійснюється в локальній зоні ємності і не охоплює весь її обсяг. У таких агрегатах антипригарне покриття для початкового застосування доводиться перемішувати протягом 12-15 годин, і наступне перемішування 3-5 годин, до застосування. При цьому на них не перемішується наповнювач по краях ванни і його доводиться діставати вручну за допомогою совка або лопати.

У фарбозмішувачах з нижнім активатором є можливість зміни швидкості перемішування (8-12 швидкостей) за допомогою частотного перетворювача, встановленого в шафі управління, що дозволяє тримати антипригарне покриття в постійній готовності завдяки малим швидкостям і зменшити час початкового приготування фарби до 5-6 годин.

## Характеристики фарбозмішувачів

Параметри	ХУҀ-III	FL4	KP5	СП	АКС
Розміри бака, мм/літр	Ø650×630	Ø 500x450	Ø600×500	Ø1200×600	Ø800×600 260
Продуктивність, кг/год	50-100	—	—	—	—
Максимальна вхідна потужність, кВт	2,2	5,5	4,0	3,0 (2,2+0,75 для гідростанції)	2,0
Особливості	Допустимий режим роботи – 24 години	—	—	Діаметр імпелера – 150 мм. Частота валу до 1500 об/хв. Висота траверси – 700 мм.	Швидкість обертання бака 30 об/хв
Маса, кг	280	800	—	400	—



Рис. 3.32. Фарбозмішувачах з гідравлічним механізмом підйому/опускання FL4

У фарбозмішувачі KP5 завантаження компонентів фарби здійснюється через верх, а випуск через кульовий кран. У бак із водою засипається порошкоподібний протипригарний матеріал. Змішування проводиться до отримання однорідної маси необхідної в'язкості. Всі елементи, що піддаються в процесі експлуатації безпосередньому контакту з суспензією, виготовляються з нержавіючої сталі. Ця модель міксеру забезпечує

- різну швидкість обертання активатора;
- відсутність осаду на дні ємності;

- можливість занурення моделей разом із перемішуванням антипригарного покриття.



Рис. 3.33. Фарбозмішувач КР5

Змішувач компанії «СП» (рис. 3.34) є жорсткою колоною, зафіксованою на підставці. У середині колони розташований гідравлічний циліндр, шток якого з'єднаний із верхньою поворотною траверсою. На траверсі розташовується перемішувальний вал, електродвигун, а також ремінна передача, закрита кожухом.



Рис. 3.34. Змішувач компанії «СП»

Ємності з водою розташовують у безпосередній близькості до змішувача, після чого заводять і опускають перемішувальний вал у внутрішню область ємності за рахунок гідроциліндра і включають перемішування. Частоту обертання валу можна налаштувати в діапазоні 0-1500 об/хв. При

постійному перемішуванню в ділянку валу змішувача рівномірно засипають порошкоподібну фарбу в необхідному обсязі. Консистенцію фарби перевіряють вискозиметрами і за необхідності додають воду або суху фарбу.

Аналогічно іншим конструкціям, даний фарбозмішувач перешкоджає розшарування фарби і сприяє рівномірному розподілу її компонентів по всьому об'єму.

За допомогою механізму нахилу осі обертання змішувача можна ефективно підтримувати рівномірну щільність антипригарного покриття на всій глибині ванни. Розміри ванни визначаються максимальними параметрами кластерів.

Фарбозмішувач вогнетривкого складу компанії «АКС» (рис. 3.35) має – подібний нерухомий ніж, який кріпиться на дві нерухомі опори зверху бака. До бака через передачу підключають привід, за рахунок чого обертається бак. При обертанні бака ніж піднімає важкі фракції та рівномірно перемішує їх по всьому об'єму. В керуванні змішувачем передбачено таймер, що дозволяє встановлювати час роботи та час простою змішувача.



Рис. 3.35. Фарбозмішувач вогнетривкого складу «АКС»

Для серійного та масового виробництва ВАТ «НДІТАвтопром» розроблено напівавтоматичну установку для фарбування модельних блоків зануренням. Установка включає раму, на якій змонтовані: фарбувальний бак, призначений для поточної витрати фарби; бак зберігання фарби, призначений для підтримки фарби в робочому стані і заповнення втрат фарби в фарбувальному баку; підйомник, призначений для закріплення модельного блоку, його рівномірного занурення у фарбу та вилучення з бака; пневмо- та електрообладнання. Баки мають однакову конструкцію, мають кришки з приводами від пневмоциліндрів, мішалками для фарби з електроприводами і насосами для перекачування фарби.

Установка працює у такий спосіб: готова фарба заливається в бак фарбування і в бак зберігання фарби. Блок моделей вручну встановлюється та фіксується на консолі підйомника. Включенням пневмоциліндра проводиться опускання модельного блоку в бак та його підйом із бака. Потім вручну здійснюється знімання пофарбованого блоку моделей із тримачів консольного

підйомника. У міру витрати фарби в процесі фарбування блоків за командою сигналізатора рівня фарба з бака зберігання перекачується в бак фарбування.

З метою попередження осідання компонентів фарби та підтримки необхідної консистенції мішалка в баку зберігання працює постійно, а у фарбувальному баку включається при знаходженні консолі підйомника у верхньому положенні і відключається при спрацюванні захвату блоку. Технічна характеристика установки для фарбування модельних блоків моделі наведена в табл. 3.15

Таблиця 3.15

Технічна характеристика встановлення моделі 4205

Параметр	Значення параметрів
Максимальні розміри модельного блоку: діаметр описаного кола/висота, мм	700×950
Продуктивність, блоків/год Привід Система управління	60 пневматичний релейна
Встановлена потужність, кВт	10
Габарити: (д×ш×в), мм	2900×3300×3200

На рис. 3.36 представлено схему устаткування для фарбування модельних блоків, аналогічну до описаної вище, але тільки з одним баком. Габаритні розміри установки без електрошафи (д×ш×в) становлять 1550×1250×2500 мм.

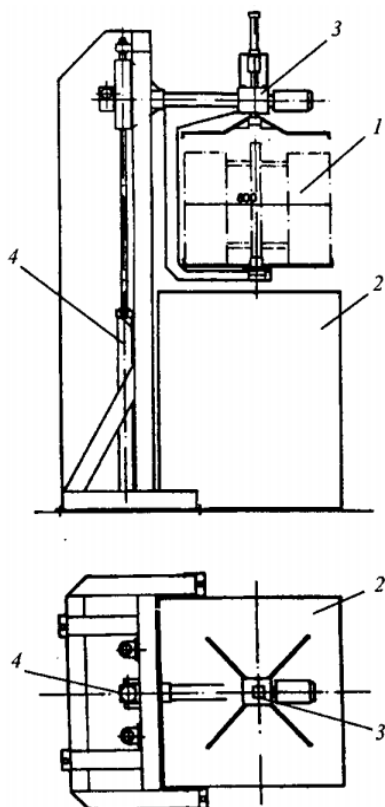


Рис. 3.36. Схема обладнання для фарбування модельних блоків фірми «FATA ALUMINIUM»: 1 – модельний блок; 2 – бак з фарбою; 3 – вузол кріплення модельного блоку; 4 – механізм переміщення модельного блоку

### 3.6. Сушка моделей

Як уже зазначалося раніше, перед формуванням моделі покривають про-типригарною фарбою, яку сушать за температури не вище за  $+35-40^{\circ}\text{C}$ , інакше можливе розтріскування та осипання покриття. Тривалість висихання водного покриття при обдуванні повітрям із зазначеною температурою становить 65-75 хв. Важливість рівномірного сушіння на гідрофобній поверхні пінополісти-ролу з можливістю усадкових явищ з боку фарби аналогічна необхідній при отриманні багат шарових керамічних оболонок. З урахуванням наванта-ження-розвантаження тривалість гарантованого вистоювання в конвектив-ному середовищі теплого повітря прийнято рівною 90 хв.

Сушильна шафа (рис. 3.37, табл. 3.16) призначена для сушіння пофарбо-ваних ливарних деталей та елементів ливникової системи перед їх формуван-ням.

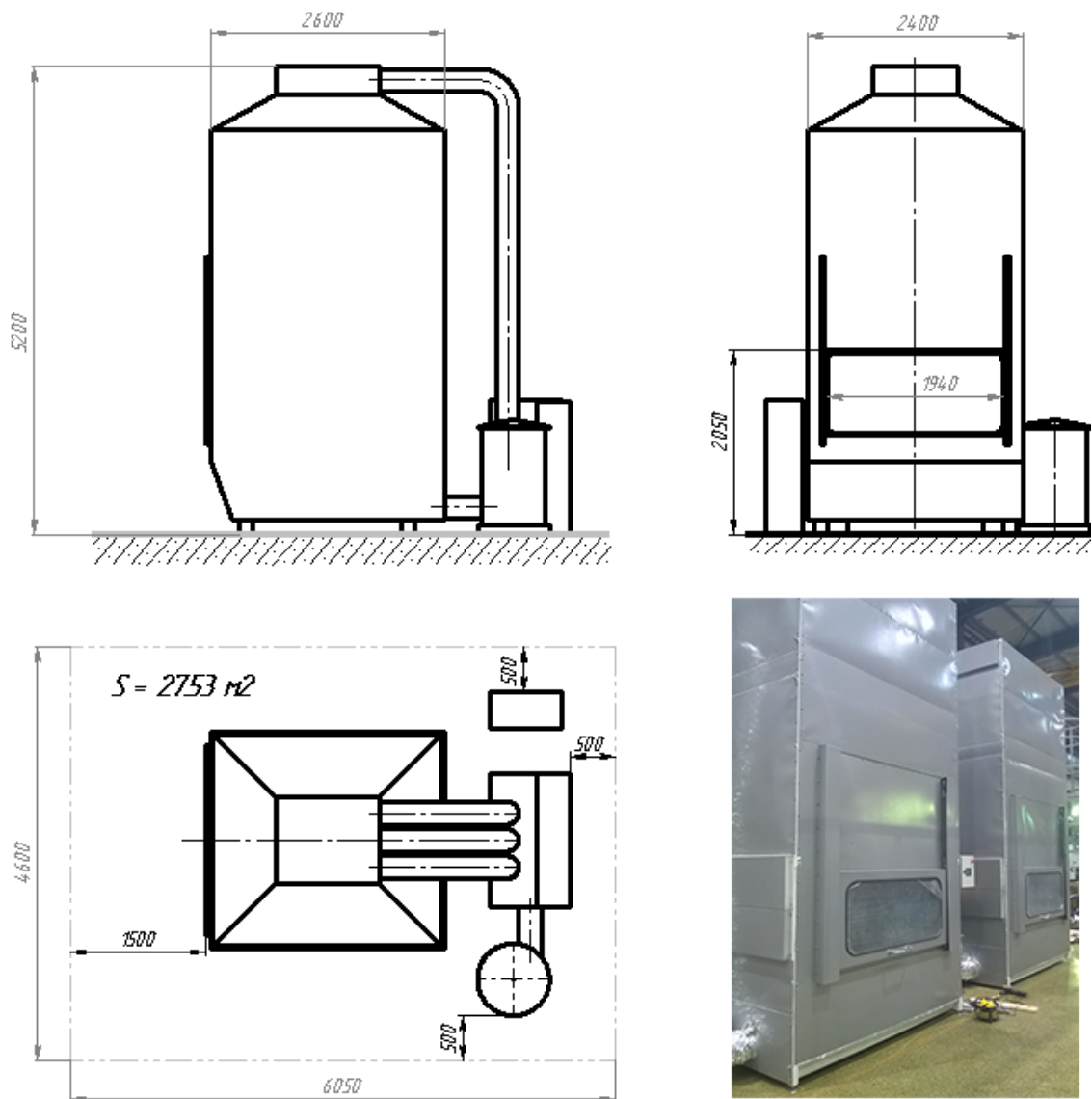


Рис. 3.37. Сушильна шафа

Таблиця 3.16

Технічні характеристики сушильної установки

Параметр	Значення	
Займана площа, м <sup>2</sup>	27,53	
Висота, м	5,2	
Обсяг сушильної камери, м <sup>3</sup>	22	
Температура сушіння, °С	до 54	
Кількість місць підвіски, шт	6	
Кількість підвісок на місце, шт	2 (для «куща»)	
Продуктивність циркуляції повітря в камері, м <sup>3</sup> /год	1 режим	не менше 200
	2 режим	не менше 400
	3 режим	не менше 600

Процес сушіння моделей виконується таким чином: моделі за допомогою спеціальних зачепів підвішуються на поперечини, встановлені в камері на ланцюговому механізмі. Процес підвіски моделей розрахований на сушіння як окремих елементів, так і цілком зібраної і пофарбованої ливникової системи.

Для сушіння моделей різних типорозмірів знадобиться специфічна конструкція підвісок за кожним типорозміром.

Так звані «Поперечини», встановлені на ланцюговому механізмі, передбачають підвіску на них по два комплекти підготовленої ливникової системи («куща»). Камера розрахована на встановлення шести «поперечин» для підвіски на них по два «кущі». Таким чином, у камері може проводитися сушіння відразу 12 «кущів» (передбачений розмір «куща» - Ø700 мм; h=750 мм). За бажанням кількість «перекладин» може бути збільшено, якщо сушіння передбачається для моделей менших габаритів, що дасть змогу проводити одночасне сушіння більшої кількості моделей.

У процесі сушіння підвішені моделі здійснюють кругове обертання в камері за допомогою ланцюгового механізму (рис. 3.38). Привід ланцюгового механізму оснащений плавним запуском і зупинкою, що дає змогу унеможливити значні коливання підвішених частин під час початку та наприкінці руху і запобігти зіткненню моделей, що може призвести до дефектів забарвлення. Для забезпечення швидкого завантаження камери на початку зміни привід оснащений можливістю швидкого переміщення, що також передбачає плавний запуск і зупинку.

Завантаження моделей здійснюється через спеціальне вікно, яке в процесі сушіння закривається зсувними дверима (вгору, вниз). Для забезпечення ергономіки робочої зони, вікно і місця підвіски елементів розташовані в найбільш комфортній зоні «на рівні очей робітника», що дає змогу скоротити навантаження на його поперек і забезпечити стабільну продуктивність праці протягом зміни.

Сушіння моделей у камері здійснюється за допомогою циркуляції нагрітого повітря за температури не більше 54°C. Нагрівання повітря здійснюється нагрівальними елементами в блоці підготовки повітря. Температура подачі контролюється на вході в камеру датчиком температури.

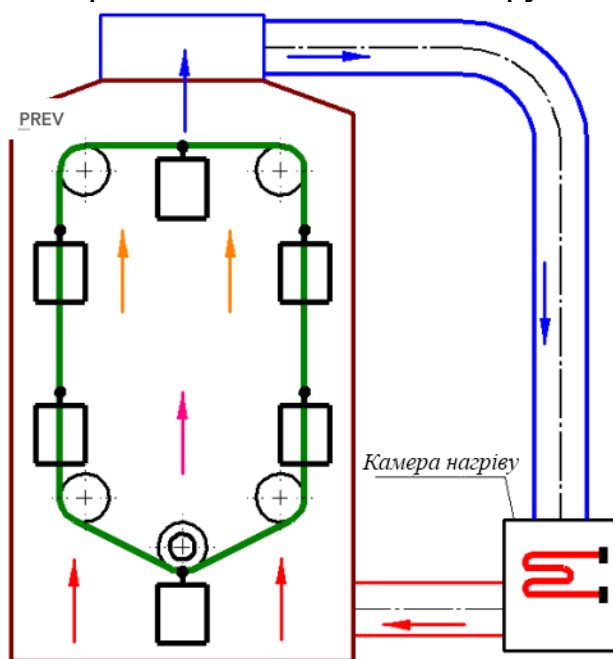


Рис. 3.38. Схема повітрообміну в сушильній шафі



Циклічність роботи повітрообміну така: натискаючи кнопку «пуск циркуляції» на панелі управління шафи, запускають процес циркуляції повітря за допомогою встановлених вентиляторів на вході та виході камери через блок підготовки повітря, в якому відбувається його нагрівання і подача назад у камеру шафи. Температурний датчик на вході камери контролює температуру повітря, що подається. Залежно від контрольованої температури контролер зменшує потужність нагріву або зовсім відключає нагрівальні елементи.

На вихідних повітропроводах встановлено датчик концентрації випаровувань. При досягненні певної концентрації контролер перемикає відкачування повітря з циркуляції камери на скидання в систему вентиляції цеху. Одночасно з цим починається забір цехового повітря в блок підготовки, нагрівання і подача його в камеру. При зниженні концентрації до необхідного рівня, скидання в систему вентиляції припиняється і відновлюється стандартний процес циркуляції.

Процес забору цехового повітря полягає в наступному: засмоктування повітря проводиться через фільтр, що забезпечує його очищення від присутнього в цеху пилу і дрібних зважених часток. Далі повітря потрапляє в осушувач, в якому забезпечується зниження вологості повітря до необхідного рівня. Потім повітря подається на нагрівальні елементи і через них потрапляє в камеру для процесу сушіння.

У процесі циркуляції передбачено три режими продуктивності, що забезпечує гнучке налаштування залежно від поточних завдань технологічного циклу.

Використовувана у ФТІМС виробнича площа цеху під сушарку має розміри  $5,5 \times 13,5$  м при висоті приміщення 4,5 м, тоді, на думку автора роботи [Дорошенка], оптимальним є замкнений ланцюговий привід із вузлами підвіски сушильних кошиків із кроком 0,5-0,6 м, який забезпечить необхідну продуктивність сушильної камери. Висота  $h_{\text{п}}$  вузла підвіски, виходячи з ергономічних вимог, становить 1,5 м. Необхідна швидкість переміщення, виходячи з тривалості сушіння 90 хв, становить 1 м/хв.

Можливі варіанти розміщення ланцюгового транспортера: на вертикальній стінці та на підлозі приміщення. При розміщенні на вертикальній стінці можна отримати тільки три гілки  $H/h_{\text{п}} = 4,5/1,5 = 3$ . При цьому загальна довжина гілок не перевищить 50 м і потрібна швидкість переміщення ланцюга  $V_1 = 0,55$  м/хв. Це ускладнить конструкцію приводу ланцюга і не забезпечить повернення вузла підвіски без додаткової гілки, для цього число гілок має бути парним. При розміщенні ланцюга з його вигинами по горизонталі радіусом  $R = 350-400$  мм паралельно підлозі можна розмістити 6 гілок, заповнивши площу сушарки зигзагоподібно із загальною довжиною ланцюга  $L = 90$  м. Тоді швидкість ланцюга буде  $V_2 = 90 \text{ м} / 90 \text{ хв} = 1 \text{ м/хв}$ .

Для прикладу розрахунків приводу можна прийняти ланцюг пластинчастий із кроком  $t = 19,05$  мм марки 63-15В. Вихідні параметри:

- довжина ланцюга  $L = 90$  мм,

- час сушіння  $T=90$  хв,
- швидкість сушіння  $V_{\text{ц}}=1$  м/хв,
- навантаження на 1 вузол підвіски  $p=10$  кг.
- крок підвісних вузлів  $l_1=0,6$  м.
- діаметр підвісного вузла  $d_n=0,5$  м.
- кількість підвісних вузлів за довжиною ланцюга  $N'=L/l_1=90/0,6=150$  шт.
- відстань між опорними зірочками  $l_2=2$  м;
- кількість підвісок між опорами

$$N'=l_2/l_1=2/0,6=3,3 \text{ шт.}$$

Навантаження на опору зірочки

$$P_1=N' \cdot p=3,3 \cdot 10=33 \text{ кг (нормальна складова сил на опору).}$$

Опори підшипників кочення з коефіцієнтом тертя  $f=0,01-0,03$ .

Зусилля на опору

$$P=P_{o1} \cdot f=33 \cdot 0,03=0,99 \text{ кг.}$$

Сумарне необхідне тягове зусилля ланцюга

$$P=P_o \cdot N'=0,99 \cdot 150=148,5 \text{ кг (150 кг).}$$

Звідси обираємо хвильовий редуктор MB<sub>3</sub>-160 ( $N_{\text{дв}}=1,1$  кВт,  $M_{\text{кр}}=1000$  НМ,  $n_{\text{вих. вала}}=9$  об./хв.).

Хід ланцюга за 1 обор. вихідного вала редуктора за числа зубів  $Z_1$  зірочки, що дорівнює 20, (зубчасте колесо PH312B1B20)

$$v_{\text{ц}}'=t_{\text{ц}} \cdot n_{\text{вих.}} \cdot Z=19,05 \cdot 9 \cdot 20=3429 \text{ мм/хв.}$$

Отже, необхідно встановити ланцюгову передачу з

$$i=v_{\text{ц}}'/v_2=3429/1=3,429.$$

Необхідне число обертів приводного вала

$$n_2=n_1/i=9/3,429=2,62 \text{ об/хв.}$$

Необхідне число зубів зірочки на приводному валу:  $Z=Z_{21} \cdot i=20 \cdot 3,429=68,5$  зубів. Приймаємо  $Z_2=70$  зубів. Зірочка PH 312B1B70.

Кінематика передачі включає: 1) мотор-редуктор із зірочкою; 2) вал приводний ланцюгового конвеєра; 3) притискну планку.

Швидкість ланцюгового конвеєра  $v_p^{\text{ц}}=n_2 \cdot Z_1 \cdot t=2,62 \cdot 20 \cdot 19,05=998,2$  мм/хв., що задовольняє вимогам сушіння покриття.

З метою усунення спадання ланцюга з приводної зірочки застосовуємо притискну планку: N 1642-610 12 45, профіль СТ 9/2 ISO № 12B-1. Для забезпечення з'єднання зірочок із валами використовували з'єднувальні муфти Sit-lock 4,  $d \times D=25 \times 50$ .

Як опори використано підшипникові вузли P25TF; вали - Precision-shaftsSKFLJM 25×200. Опори для встановлення зібраних валів із зірочками виготовляються з прокату. Труби квадратні 40×40×2,5. Для натягу ланцюга використовуємо стандартні вузли.

Розрахований привід і ланцюг  $L=90$  м при безперервному русі зі швидкістю 1 м/хв. з 150 підвісками забезпечить сушіння фарби моделей при температурі 35-40°C з поверненням сухих моделей у зону, сусідню із завантажувальною, для подальшого відправлення моделей на формування.

### 3.7 Використання пінополістирольних відходів

Комплекс дроблення ДРП-01 (табл. 3.17) призначений для подрібнення пінополістирольних відходів, що утворилися після різання блоків, заготовок та елементів ливникової системи, підрізання по їх краях, а також подрібнення залишків пінопласту після роботи на 3D станках. Комплекс складається з установки дроблення, вентилятора пневмотранспорту, силосу для зберігання «подрібненої крихти» із шибером, збірною металоконструкцією та системи пневмотранспорту.

В результаті переробки одержують подрібнену крихту (дроблянку), що використовується як добавку до первинно спінених гранул полістиролу при виробництві пінополістирольних блоків.

Таблиця 3.17

Технічні параметри комплексу дроблення полістиролу ДРП-01

Параметр	Значення
Тип дробильної установки	Молоткова
Перетин завантажувального розтрубу, мм	450×130
Розмір одержуваної фракції подрібненого матеріалу, мм	8-15
Продуктивність установки в середньому по марці ППС 14, м <sup>3</sup> /год	3
Загальні габаритні розміри всього комплексу, щонайменше, мм. д×ш×в	6500×4000(6000)×450 0
Маса комплексу, кг	400
Номинальна потужність, кВт.	7

Потужність дробарки (рис. 3.39) та жорсткість конструкції дозволяє подрібнювати пінопласт щільних марок та формований пінопласт. При цьому пропускна здатність дробарки не зменшується.



Рис. 3.39. Молоткова дробарка

Розміри одержуваної таким чином крихти складають до 15 мм. Встановлена на виході з дробарки сітка дозволяє отримати дрібнішу фракцію. Далі

дроблянка за допомогою вентилятора пневмотранспорту надходить у спеціальний бункер (силос), де і зберігається до моменту змішування та використання у

При виготовленні блоку з використанням дроблянки бажано дотримуватись пропорції 1×8 (10).

У процесі дроблення пінопластових відходів на молотковій дробарці утворюється як дроблянка так і полістирольний пил. Пи́л негативно впливає на спікання блоків, тому існує комплекс рекуперації дробленого пінопласту (рис. 2.43).

Комплекс складається з сепаратора знепилювання дроблянки, пиловловлюючої установки, вентилятора пневмотранспорту, шнекового дозатора з бункером дроблянки та пуансону для блок-форми перетином в мм. 1000×600 та 1200×1000 (у разі виробництва пресового пінопласту).

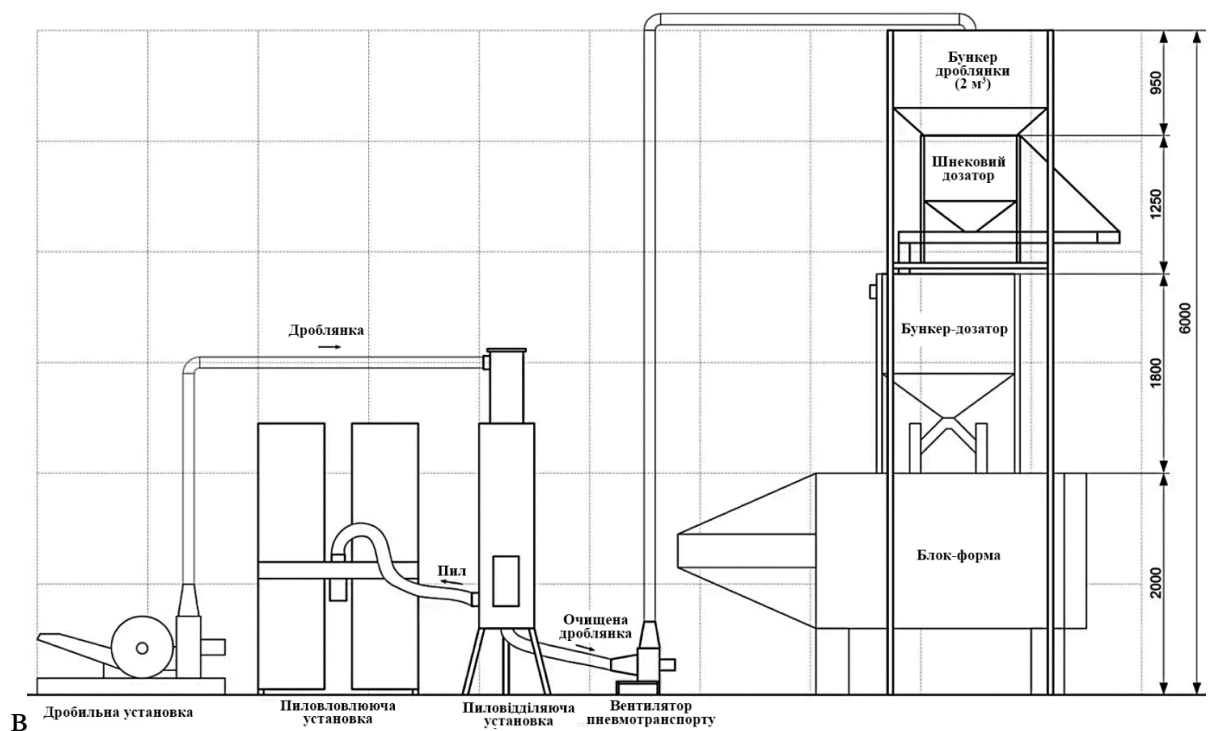


Рис. 3.40. Комплекс рекуперації дробленого пінопласту

Нижче наведено технічні характеристики комплексу рекуперації подрібненого пінополістиролу

Параметр	Значення
Продуктивність комплексу, в середньому м <sup>3</sup> /годину, при ППС14	3
Загальні габаритні розміри всього комплексу при монтажі не менше мм. д×ш×в	3000×2800×3500
Маса комплексу, середня, кг.	550
Номинальна потужність, кВт.	8,5

Існує 2 варіанти реалізації комплексу:

1. Система дозації подрібненого пінополістиролу за рахунок шнекового дозатора закінчує процес рекуперації пінопласту у виробничому циклі додаванням подрібненого пінополістиролу під час завантаження блоку форми.

2. З отриманої знепиленої дроблянки при заміні штовхача в блок-формі на пуансон виробляється пресовий пінопласт зі 100% подрібненого пінопласту. Отриманий пінопласт відповідає майже за всіма фізичними характеристиками ГОСТ 15 588–2014.

## Висновки

Сучасний технологічний рівень масового ливарного виробництва висуває дедалі вищі вимоги до якості виливків, їх складності, виходу придатного тощо. У цих умовах одним із найперспективніших напрямів є впровадження на наявних ливарних виробництвах технології лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ). Основним принципом ЛГМ є заливка сплаву в опоку, що перебуває під негативним тиском, усередині якої в щільній піщаній суміші розташована пінополістирольна модель, що випалюється розплавом.

Переваги технології:

- виробництво виливків високої складності, точності та якості при значному зниженні трудовитрат і собівартості виготовлення.
- майже безвідходне виробництво - приблизно 97% піску повторно використовується в системі піскообігу. Втрати піску становлять лише 3%, які складаються на відсів дрібної фракції, знепилювання і втрати у вигляді просипу.
- відносно проста технологія формування без сполучних компонентів і формувальних сумішей.

Спроекована деталь Кришка ВУ 8.040.041 має розміри 272x50x222мм масою 3.28 кг. Ця деталь виготовляється зі сплаву СЧ20. Для отримання цієї деталі використано опоку розмірами 700x700x450, у зв'язку з цим розміщується 4 деталі в одній опці. Розраховали припуски на механічну обробку, ливникову систему та її масу. Був розрахований баланс придатного литва, що клав 81,1%. Для отримання рідкого чавуну марки СЧ20, було запропоновано індукційну тигельну піч високої частоти ІЧТ-0,5. Для виконання річної програми в кількості 1500т необхідно виготовити 607000 виливок, тому потрібно отримати рідкого металу 3000т.

В роботі проведено аналіз сучасного обладнання білого цеху та розрахована кількість необхідного обладнання для цеху лиття виливок по технології ЛГМ. В спеціальній частині роботи було більш детально вивчено всі можливі частини обладнання для ЛГМ. Отримані різні моделі обладнання та їх можливі характеристики. Кожне з них вибирається індивідуально для умов конкретного цеху та етапу виробництва. Вибір базується на продуктивності цеха, рівні автоматизації, можливостях розвитку, наявних ресурсах