

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до виконання розрахункового завдання**  
з дисципліни «Системи технологій та інженерна екологія»  
для студентів спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього  
середовища» усіх форм навчання

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол №1 від 13.02.2025р.

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2025

**Методичні вказівки** до виконання розрахункового завдання з дисципліни «Системи технологій та інженерна екологія» для студентів спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища» усіх форм навчання / уклад.: Самойленко Н.М., Шестопапов О.В., Босюк А.С., Гадаєва Ю.С. – Харків: НТУ «ХП», 2025. – 31 с.

Укладачі: Н.М. Самойленко  
О.В. Шестопапов  
А.С. Босюк  
Ю.С. Гадаєва

Рецензент: І.Л. Красніков

Кафедра хімічної техніки та промислової екології

## ПЕРЕДМОВА

Машинобудівні заводи у своєму складі містять ливарні, механіко-обробні, гальванічні виробництва, які є джерелом утворення та надходження у атмосферне повітря різних викидів, що містять різні забруднюючі речовини. Серед останніх виділяється пил, оксиди азоту та вуглецю, фториди, пари кислот та лугів, аерозолі важких металів та ін. речовини, що чинять негативний вплив на довкілля та здоров'я людей.

У машинобудуванні та приладобудуванні до 80% деталей виготовляються литвом, тому виробничий процес на даних підприємствах, як правило, передбачає виготовлення виливків, що здійснюється у ливарних цехах. Водночас останні є осередком утворення найбільших обсягів забруднюючих речовин, що надходять у атмосферне повітря. До складу ливарного цеху заводу машинобудівного профілю входить плавильне відділення, місця розливання металу й очищення лиття, шихтовий двір, ділянки приготування формувальних і стрижневих сумішей. Кожна з цих ділянок формує загальні викиди цеху, що потребують обов'язкового очищення.

### 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЛИТВА ТА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

#### 1.1 Загальні відомості щодо технологій ливарного виробництва

Ливарні цехи входять як до складу машинобудівних підприємств, так і до складу окремих ливарно-металургійних виробництв. Завданням ливарного виробництва є виготовлення з металів та металевих сплавів виробів – *виливків*, що мають різноманітні форми і призначені для використання в різних цілях.



Рис. 1.1 – Виливки зі сталі та чавуну [<https://www.metexport.com.ua/>]

*Литво* - це заповнення металом пустотілої форми. Сутність ливарного виробництва зводиться до отримання рідкого, тобто нагрітого вище температури плавлення сплаву потрібного складу і необхідної якості, а також його заливки в приготовлену форму. При охолодженні рідкий сплав твердне і в твердому стані зберігає конфігурацію тієї порожнини, в яку він був залитий. У процесі кристалізації і охолодження сплаву формуються основні механічні та експлуатаційні властивості виливки. Ливарна технологія може бути реалізована різними способами (рис. 1.2).

Способи ливарної технології	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. У піщано-глинистих, хімічно та самотвердних формах із ручним та машинним формуванням</li> <li>2. У металевих формах (кокілях)</li> <li>3. Під тиском</li> <li>4. По виплавлюваних моделях</li> <li>5. В оболонкових (керамічних) формах</li> <li>6. Відцентровим виливанням</li> <li>7. Електрошлаковим виливанням</li> <li>8. Під низьким тиском</li> <li>9. Вакуумним всмоктуванням</li> <li>10. Витискуванням</li> </ol>
-----------------------------	---

Рис. 1.2 – Способи ливарної технології

Весь цикл виготовлення виливки складається з ряду основних і допоміжних операцій, які здійснюються як паралельно, так і послідовно в різних відділення ливарного цеху. Виготовлення виливків піщано-глинистим способом, який є найбільш поширеним, потребує приготування формувальних сумішей, а саме: формувальних та стрижневих. Основою кожної суміші є пісок (наповнювач), а матеріалом, що зв'язує, – глина. Крім того, у суміш вводяться спеціальні добавки: протипригарні; добавки, що збільшують газопроникність, піддатливість, плинність і пластичність суміші, а також добавки, що зменшують прилипаність сумішей.

У природних формувальних пісках вміст глини коливається в межах 2-50%, але цього недостатньо для отримання високих фізико-механічних властивостей стрижнів. Тому для приготування стрижневих сумішей використовують зв'язуючі – масляні і рослинні масла і їх замітники: декстрин; брага, яка утворюється у виробництві целюлози, рідке скло; синтетичні смоли і ін.

З протипригарних матеріалів, що зменшують утворення пригару на відливання, найчастіше використовують графіт, циркон, пилоподібний кварц і порошок кам'яного вугілля. Для збільшення податливості і газопроникності стрижнів в стрижневі суміші додають деревну тирсу.

*Ливарні сплави.* Експлуатаційні та ливарні властивості багатьох чистих металів гірше, ніж сплавів. Тому більшість виливків виготовляють з металевих сплавів, у яких, крім основного компоненту (заліза), містяться неметалеві (вуглець, сірка, фосфор) і металеві (марганець, хром і ін.) домішки. Домішки поділяються на легуючі або спеціальні, постійні (немінучі) і випадкові. Легуючі домішки вводяться в сплав з цілю надання йому необхідних експлуатаційних чи технологічних властивостей.

В цілому від 50 до 95 % заготовок для деталей машин одержують литтям, а у верстатобудуванні – не менше ніж 90-95%. Литтям можна отримати виливки практично будь-якої складності, маси та розмірів.

Технологія виготовлення, виливків у разових піщано-глиняних формах складається наступних послідовних операцій:

- виготовлення модельних комплектів;
- приготування формових і стержневих сумішей ;
- виготовлення форм і стержнів;
- сушіння стержнів;
- складання форм;
- одержання рідкого металу;
- заливання ливарних форм металом;
- вибивання виливків з форм;
- обрубубання і очищення литва;
- термічна обробка, виливків (в разі необхідності);

контроль готових виливків.

## **1.2 Ливарні цеха та забруднення атмосферного повітря**

Джерелами утворення пилових і газоподібних забруднень у ливарних цехах є: плавильне відділення; дільниці складування та переробки шихти і формувальних матеріалів; дільниці вибивання та очищення лиття.

*Плавильне відділення* ливарного цеху призначено для отримання рідкого металу. У якості плавильних агрегатів знаходять своє застосування вагранки закритого типу з повною герметизацією шахти, очистки та рециклінгу всього обсягу забрудненого газу. Такі конструкції печей мають спеціальні завантажувальні пристрої та використовуються для переплавки чавуну. Проте вагранковий чавун не завжди задовольняє вимогам щодо хімічного складу компонентів, у т.ч. шкідливих домішок, а також ступені перегріву металу.

Сучасні ливарні цеха досить широко використовують у якості плавильних агрегатів електродугові печі різної ємності і продуктивності. Електрична дугова піч являє собою піч, в якій для плавлення металів та інших матеріалів використовується тепловий ефект електричної дуги (рис.1.3, 1.4).

Дугові печі застосовують для:

– виплавляння з металевого брухту сталі та чавуну (мають краще у порівнянні з іншими агрегатами пристосування для переробки металевого брухту);

– для перегрівання рідкого чавуну, який був отриманий у інших плавильних агрегатах, наприклад вагранках;

– виплавляння з руд чавуну та феросплавів.

Головним складником шихти для плавки у електродугових печах є сталевий брухт.

Плавка у таких печах дозволяє виготовити метал, що містить низькі концентрації фосфору, сірки, кисню та інших шкідливих домішок, а також у процесі плавки проводити якісне легування з введенням великої кількості легуючих елементів.

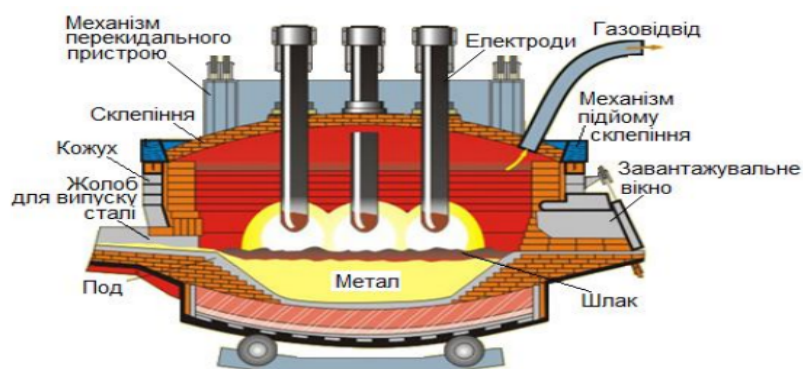


Рис.1.3 – Конструкція електродугової сталеплавильної печі



Рис. 1.4 – Електродугова піч [<https://ua.all.biz/uk/pechi-plavylni-g27238986>]

Електродугові печі із завантаження 0,1-3,0 т застосовується для плавки конструкційних, низько- та легованих сталей, а також широкого асортименту чавунів, сплавів на основі заліза.

Для плавки чавуну все більшого поширення набувають індукційні печі промислової частоти струму, тигельні, каналні. Переваги індукційних

печей стосуються можливості переробки значної кількості небрикетованої чавунної стружки, відходів заліза. Також у порівнянні з вагранками, такі печі зменшуються обсяги угарів кремнію та марганцю.

У ливарних цехах можуть використовуватися дуплекс-процеси, що поєднують плавку в дуговій та індукційній печі. Однак така плавка досить витратна, тому її застосовують у змішаних чавуносталеливарних цехах і тільки у випадках плавки хромистих чавунів з особливо низьким вмістом фосфору і сірки, а також при забрудненні іншими металами вихідних матеріалів.

Виробничим процесом передбачається підготовка шихтових та формувальних матеріалів у *підготовчому відділенні*, вилучення виливок з піщано-глиняних форм та очищення від відпрацьованих сумішей на *ділянці вибивки*, а також первинне очищення виливків на *ділянці очистки відливок*. Найбільші обсяги у викидах складає пил.

Хімічний склад вагранкового пилу залежить від складу завалки, палива та умов роботи вагранки. Склад забруднювачів коливається у таких межах (%):  $\text{SiO}_2$  – 20-50;  $\text{CaO}$  – 2-12;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,5-4,0;  $(\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3)$  – 10-36;  $\text{MnO}$  – 0,5-2,5;  $\text{C}$  – 30-45. Медіанний розмір пилу в закритих вагранках складає 35 мкм.

Склад пилу при плавці сталей також залежить від марки і наближено може складати (%):  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 56,8;  $\text{CaO}$  – 6,9;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5,0;  $\text{SiO}_2$  – 6,9;  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  – 10,0;  $\text{MgO}$  – 5,8; решта – хлориди, оксиди хрому і фосфору.

Плавка в індукційних печах має ряд переваг і характеризується меншим утворенням пилових та газових забруднювачів у порівнянні з електродуговими.

Джерелами пилу у ливарних цехах також є дробарки, млини, транспортне обладнання, вибивні решітки, гідравлічні та електрогідравлічні установки, очисні барабани, обдирно-шліфувальні верстати. Виконання навантажувально-розвантажувальних робіт також супроводжується пиленням.

Формування газо- пароподібних забруднювачів з формувальних сумішей (оксид вуглецю, бензол, фенол, формальдегід, метанол та ін.) проходить при заливанні рідкого металу у форми та залежить від складу сумішей, маси та ін.

## 2. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВИКИДІВ ЛИВАРНОГО ЦЕХУ

Розрахунок включає визначення валових (кг/рік) та максимально разових викидів (г/с) пилу по всім дільницям ливарного цеху.

### 2.1 Плавка металу та розливка у форми

Валові викиди забруднюючих речовин (кг/рік) визначаються за формулою:

$$M_{\text{пл}(i)} = q_{1(i)} V \beta \left(1 - \frac{\eta_A}{100}\right), \quad (2.1)$$

де  $q_{1(i)}$  – питоме виділення речовин на одиницю продукції, кг/т, (табл. 2.1);

$V$  - кількість металу, що виплавляється на рік, т;

$\beta$  - поправковий коефіцієнт для врахування умов плавки (табл. 2.2);

$\eta$  - ефективність очищення уловлювальних апаратів, % (табл. 2.3);

$A$  - коефіцієнт, що враховує справну роботу очисного устаткування (у розрахунках приймаємо  $A=1$ ). За відсутності очисних апаратів 0.

Максимально разові викиди забруднюючих речовин (г/с) визначаються за формулою:

$$G_{пл(i)} = \frac{q_{1(i)}}{3,6} V^1 \beta \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.2)$$

де  $q_{1(i)}$  – питоме виділення речовин за одиницю часу, кг/год (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Питоме виділення забруднювальних речовин (кг/т) з електродугових печей

Єм-ність печі, т	Виплавка сталі				Виплавка чавуну			
	Продуктивність, т/год	$q_1$ , кг/т			Продуктивність, т/год	$q_1$ , кг/т		
		Пил	Оксид вуглецю	Оксид азоту		Пил	Оксид Вуглецю	Оксид азоту
0,5	0,33	9,9	1,4	0,27	-	-	-	-
1,5	0,94	9,8	1,2	0,26	-	-	-	-
3,0	1,56	9,5	1,3	0,26	1,65	9,5	1,3	0,26
5,0	2,00	9,4	1,3	0,26	2,50	9,4	1,3	0,26
6,0	2,70	9,2	1,4	0,27	2,80	9,2	1,4	0,27
10,0	3,00	8,8	1,4	0,27	4,50	8,8	1,4	0,27
12,0	4,20	8,7	1,4	0,29	5,10	8,7	1,5	0,29
20,0	5,90	8,1	1,5	0,29	7,00	8,1	1,5	0,29
25,0	6,20	7,6	1,5	0,29	8,00	7,6	1,5	0,29

Крім речовин, зазначених у табл. 2.1, у викидах присутні: оксиди сірки – 1,6 г/т, ціаніди – 28,4 г/т, фториди – 0,56 г/т.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнта  $\beta$

Умови плавки	Для сталі	Для чавуну
Кислий процес	1,00	1,00
Основний процес	0,80	0,67
Застосування кисню	1,15	1,10
Плавка легованої сталі	0,85	–
Попереднє нагрівання шихти до 400 <sup>0</sup> С	–	1,22

Таблиця 2.3 – Ефективність очищення пиловловлювальних апаратів

Назва апарату	Ефективність очищення, %
Батарейні циклони	85-93
Електрофільтри	97-99
Рукавні фільтри	До 99
Центробіжні скрубери	88-90
Групові циклони ЦН-15	85-90
Жалюзійні апарати	75-85

Слід зазначити, що при плавці у закритих чавуноливарних вагранках продуктивністю 5-10 т/год у середньому виділяється на 1 т чавуну 11,5 кг пилу; 193 кг оксиду вуглецю; 0,4 кг сірчистого ангідриду; 0,7 кг вуглеводнів.

Виділення забруднюючих речовин під час плавки у електродугових печах залежить від виплавлених марок сплавів, продувки киснем та ін. У даному процесі склад і кількість компонентів, що виділяються, змінюються протягом плавки. На машинобудівних заводах для плавки сталі та чавуну використовуються електродугові печі, ємність яких не перевищує 100 т.

Крім організованих викидів, при роботі плавильних агрегатів утворюються неорганізовані викиди, що становлять у середньому 40 % від маси речовин, які утворилися у обладнанні. Зважаючи на це, у формулу валових викидів забруднювачів вводиться коефіцієнт 1,4.

Для плавки кольорових металів і сплавів на їхній основі на заводах машинобудівної галузі використовують електродугові печі, індукційні тигельні і каналні. Проходить процес сублімації металу та його оксидів, а також утворюються оксиди сірки та азоту, фтористий водень, аміак, іони хлору, графітовий пил, фтористий кальцій, хлористий барій та інші сполуки.

**Валове утворення** та виділення забруднюючих речовин у процесі випуску чавуну з вагранок (кг/рік) визначається за формулою:

$$M_{вч(i)} = q_i \cdot B \cdot 10^{-3}, \quad (2.3)$$

де  $B$  – кількість виплавленого чавуну, т;

$q_i$  – питома виділення речовин на одиницю продукції, г/т. Під час випуску 1 т чавуну в ковші з вагранок в атмосферу цеху виділяється  $q_i$ : оксиду вуглецю 125-130 г; пилу графітного 18-22 г (видаляється через ліхтарні прорізи або через систему загальнообмінної вентиляції )

Під час розливання чавуну у форми як неорганізований викид виділяється оксид вуглецю. Його обсяги залежать від маси виливків ( табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Виділення оксиду вуглецю під час заливання чавуну у форми і під час охолодження виливків

Час процесу та найменування	Маса виливок, кг									
	10	20	30	50	100	200	300	500	1000	2000
Повний час перебування в цеху від початку заливки, хв	10	15	20	30	40	60	90	120	150	180
Кількість вуглецю, що виділився за час охолодження, г/т	1200	1200	1200	1100	1050	1000	900	800	750	700
Кількість оксиду вуглецю, що виділився під час заливання металу, г/т	600	600	600	550	525	500	450	400	375	350

**Максимально разові викиди** забруднювальних речовин (г/с) під час випуску чавуну визначаються за формулою:

$$G_{вч} = (q_i B) / 3600, \quad (2.4)$$

де  $B$  – кількість виплавленого чавуну на годину, т.

## 2.2 Підготовче відділення

Підготовка шихтових та формувальних матеріалів супроводжується виділенням значних обсягів пилу. Дані щодо виділення пилу при обробці сипучих матеріалів на різних ділянках ливарного виробництва та при складуванні і транспортуванні приведені у табл. 2.5-2.6. Питоме виділення пилу при приготуванні шихтових та формівних сумішей приведені у табл. 2.7.

**Валові викиди** пилу в процесах переробки шихтових і формувальних матеріалів (кг/рік) визначають за формулою:

$$M_{підг} = q_{п}^1 B \left(1 - \frac{\eta_A}{100}\right), \quad (2.5)$$

де  $q_{п}^1$  – кількість пилу, що виділяється, на одиницю маси матеріалу, яка переробляється, кг/т (табл. 2.5-2.7);

$B$  – кількість перероблюваного матеріалу за рік, т.

Таблиця 2.5 – Питоме виділення пилу (кг/т) під час обробки матеріалів на різних ділянках ливарного виробництва

Вид робіт	Пісок	Бентоніт, цемент	Вапняк	Кокс ливарний	Вугілля Кам'яне	Глина формована	Тирса, торф'яна крихта
Вивантаження з вагонів і самоскидів грейферними механізмами в приймальні ями	0,10	0,25	0,23	0,28	0,14	0,08	0,33
Завантаження в приймальні бункери і засіки сховища через аспіровані точки	-	0,31	0,75	0,70	0,40	0,22	0,85
Переміщення матеріалу місцевими кранами з грейферними механізмами і канатно-скреперними установками продуктивністю до 17 м <sup>3</sup> /год	0,15	0,28	0,45	0,15	0,07	0,12	0,13
Переміщення матеріалу однокішшовим екскаватором продуктивність до 90 м <sup>3</sup> /год	0,05	0,09	0,15	0,05	0,07	0,12	0,13

Таблиця 2.6 – Питоме виділення пилу (кг/т) під час складування і транспортування сипучого матеріалу

Вид робіт	Матеріал		
	Кусковий (середній діаметр >8 мм)	Порошкоподібний (середній діаметр <8 мм)	Горіла земля
Завантаження сипучого матеріалу в жолоби при перевантаженнях і транспортуванні	1,41	4,20	–

Продовження табл. 2.6

Розвантаження сипучого матеріалу в жолоби при перевантаженнях і транспортуванні	1,13	2,73	–
Пересипання на транспортери	0,70	1,53	0,50
Пересипання з комбінованих укріттів стрічкових конвеєрів, транспортерів, елеваторів під час транспортування	0,40	1,03	0,30
Пересипання з комбінованих укріттів у галереях стрічкових конвеєрів під час транспортування	0,53	1,17	0,43
Місцевий відсмоктування від живильників і дозаторів	0,50	1,06	0,30

Таблиця 2.7 – Виділення пилу в процесах переробки шихтових і формувальних матеріалів

Процеси, обладнання	Маса пилу, що виділяється,	
	на одиницю часу роботи обладнання, кг/год, $q^2_{\text{п}}$	на одиницю маси роботи обладнання, кг/год, $q^1_{\text{п}}$
<b>Сушіння шихтових та формувальних матеріалів</b>		
Сушильні барабани горизонтальні продуктивністю до 5 т/год:		
Піску	27,0-31,5	6,3-9,0
Глини	12,9-25,0	4,3-5,2
Бентоніту	105,9-135,5	27,1-35,3
Шлаку	124,2-151,5	30,3-41,4
Сушильні барабани горизонтальні продуктивністю 5-10 т/ч:		
Піску	30,0-43,0	3,0-8,6
Глини	22,5-35,2	3,5-4,5
Бентоніту	160,5-250,0	23,0-32,1
Шлаку	186,0-256,0	25,6-37,2
Сушильні барабани горизонтальні продуктивністю 10-15 т/год:		
Піску	45,0-78,0	3,0-7,8
Глини	44,0-48,0	3,2-4,4
Бентоніту	305,0-318,0	21,2-30,5
Шлаку	314,0-346,0	23,1-30,5
Сушильні барабани горизонтальні продуктивністю 15-20 т/год:		
Піску	60,0-90,0	3,0-6,0
Глини	48,0-88,0	3,2-4,4
Бентоніту	355,5-390,0	19,5-23,7
Шлаку	421,5-428,0	21,4-28,1

Продовження табл. 2.7

Установка сушіння піску у потоці гарячих газів продуктивністю 3-5 т/год	12,6-28,5	4,2-5,7
Установка сушіння піску у киплячому шарі продуктивністю, т/год		
3	22,2-28,5	7,4-9,5
10-16	68,0-108,8	6,8-8,7
25	140,0-195,0	5,6-7,8
Установки сушіння піску вертикальні продуктивністю 3 т/год	3,6-4,2	1,2-1,4
<b>Дроблення та помел шихтових та формувальних матеріалів</b>		
Дробарки щоківі продуктивністю:		
до 5	7,5-13,5	1,5-2,7
10-13	19,0-46,8	1,9-3,6
Дробарки конусні продуктивністю 20-30 т/год	60,0-15,0	2,0-5,0
Дробарки молоткові продуктивністю до 5 т/год	14,0-24,5	2,8-4,9
Дробарки валкові продуктивністю 3,5 т/год	8,7-14,0	2,5-4,0
Бігуни для помелу глини продуктивністю, т/год:		
3-5	1,7-2,5	0,3-0,8
8-10	3,2-9,0	0,4-0,9
Млин кульовий продуктивністю до 1 т/год	4,0-10,0	4,0-10,0
Млин молотковий продуктивністю до 2 т/год	12,0-15,0	6,0-8,0
<b>Сепарація, змішування та дозування формувальних матеріалів</b>		
Сито вібраційне грубого очищення продуктивністю, м <sup>3</sup> /год:		
25	30,0-50,0	3,0-5,0
40	48,0-80,0	3,0-5,0
100	120,0-200,0	3,0-5,0
240	288,0-480,0	3,0-5,0
Сито вібраційне тонкої очистки продуктивністю, м <sup>3</sup> /год:		
25	15,0-25,0	1,5-2,5
40	25,0-40,0	1,5-2,5
100	60,0-100,0	1,5-2,5
240	144,0-240,0	1,5-2,5
Сито плоске вібраційне продуктивністю, м <sup>3</sup> /год:		
160	160	160
250	250	250
Змішувачі періодичної дії з вертикально-обертливими катками (бігуни) продуктивністю до 50 т/год	20,0-25,0	0,4-1,0

Кінець табл. 2.7

Змішувачі періодичної дії з горизонтально-обертливими котками продуктивністю до 50 т/год	35,0-40,0	.	0,6-1,2	.
Змішувачі тарілчасті продуктивністю до 20 т/год	4,0-8,0	.	0,2-0,6	.

*Примітка:* Під час просіювання гарячих матеріалів із температурою понад 50°C виділення пилу збільшується на 25-30%.

**Максимально разові викиди** пилу (г/с) визначаються за формулою:

$$G_{\text{підг}(i)} = \frac{q^2_{\text{п}}}{3,6} \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.6)$$

де  $q^2_{\text{п}}$  – кількість пилу, що виділяється на одиницю часу роботи обладнання, кг/год (табл.2.7).

У табл. 2.8 наведено дані про виділення забруднюючих речовин при сушінні форм і стрижнів, а в табл. 2.9 – відомості про виділення забруднюючих речовин із холоднотвердних формувальних та стрижневих сумішей, що містять синтетичні смоли.

Таблиця 2.8 – Виділення забруднюючих речовин (кг/год) при сушінні форм і стрижнів

Тип обладнання	Оксид вуглецю	Сірчистий ангідрид	Фтористий водень	Формаль дегід	Метан	Акролеїн
Горизонтальні конвеєрні сушила	0,511	0,253	0,140	–	0,080	0,031
Конвеєрні сушила	0,400	0,013	–	0,017	–	–
Верти-кальні сушила	0,119	0,032	0,097	0,016	–	–
Камерні сушила	0,055-0,070	0,0012	0,102	–	–	0,033

Таблиця 2.9 – Виділення забруднюючих речовин із холоднотвердних формувальних та стрижневих сумішей при різних процесах

Марка та тип смоли	Формаль дегід	Фенол	Метанол	Фурфурол	Ацетон	Оксид вуглецю
Фенолформальдегідна смола	<b>Заповнення ящиків, мг/(кг·год)</b>					
	8,08	3,25	26,3	–	831,0	–
Фенолформальдегідна смола	<b>Затвердіння сумішей, мг/(кг·год)</b>					
	1,29	0,52	4,20	–	132,8	–

Продовження табл. 2.9

Фенолформальдегідна смола	<b>Охолодження залитих форм, г/(дм<sup>3</sup>·год)</b>					
	0,14	3,29	0,21	–	–	8,75
Фенолформальдегідна смола	<b>Заповнення ящиків, мг/(кг·год)</b>					
	8,53	7,61	75,3	6,66	–	–
	<b>Затвердіння сумішей, мг/(дм<sup>3</sup> год)</b>					
	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	<b>Охолодження залитих форм, г/(дм<sup>3</sup>·год)</b>					
Немає даних						
Сечовинофуранові смоли	<b>Заповнення ящиків, мг/(кг·год)</b>					
	34,2	–	614,4	46,41	–	–
	<b>Затвердіння сумішей, мг/(дм<sup>3</sup> год)</b>					
	3,05	–	547,0	2,29	–	–
	<b>Охолодження залитих форм, г/(дм<sup>3</sup>·год)</b>					
0,25	–	0,26	–	Аміак 5,86	Ціаніди 1,19	

### 2.3 Вибивання виливків

Вилучення виливків з піщано-глинистих форм і звільнення їх від відпрацьованих формувальних сумішей проводиться за допомогою устаткування, що вибиває, і супроводжується виділеннями пилу, горілої землі і окалини в кількості до 30 кг/т відлитого металу.

**Валові викиди** забруднюючих речовин, що виділяються при вибивці (кг/год), розраховуються за формулою:

$$M_{\text{виб}} = q^1_{\text{виб}(i)} V \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.7)$$

де  $q^1_{\text{виб}(i)}$  – питоме виділення речовин на одиницю виплавлюваного металу, кг/т (табл. 2.10).

**Максимально разові викиди** забруднюючих речовин, що виділяються при вибиванні (г/с), визначаються за формулою:

$$G_{\text{виб}(i)} = \frac{q^2_{\text{виб}}}{3,6} \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.8)$$

де  $q^2_{\text{виб}}$  – питоме виділення речовин на одиницю часу роботи обладнання, кг/год (табл.2.10)

### 2.4 Очищення виливків

Виливки після завершення процесу вибивання підлягають первинному очищенню, для якого використовується різне

Таблиця 2.10 – Виділення шкідливих речовин при вибиванні форм та стрижнів

Устаткування	Шкідливі речовини									
	Пил		Оксид вуглецю		Оксид сірки		Оксиди азоту		Аміак	
	q <sup>2</sup> <sub>виб</sub>	q <sup>1</sup> <sub>виб</sub>	q <sup>2</sup> <sub>виб</sub>	q <sup>1</sup> <sub>виб</sub>	q <sup>2</sup> <sub>виб</sub>	q <sup>1</sup> <sub>виб</sub>	q <sup>2</sup> <sub>виб</sub>	q <sup>1</sup> <sub>виб</sub>	q <sup>2</sup> <sub>виб</sub>	q <sup>1</sup> <sub>виб</sub>
Підвісні вібратори при висоті опоки над решіткою не більше 1 м	14,6	9,7	1,8	1,2	0,06	0,04	0,30	0,20	0,60	0,40
ґрати вибивні ексцентрикові	6,0	3,6	1,6	0,94	0,05	0,029	0,35	0,17	0,59	0,28
ґрати вибивні інерційні	6,0	3,6	1,6	0,94	0,05	0,029	0,35	0,17	0,59	0,28

*Примітка:* При температурі виливків вище 200°С виділення пилу та інших компонентів збільшується на 10-15%.

**Валові викиди пилу** під час очищення лиття чорних металів (кг/рік) визначаються за формулою:

$$M_{\text{оч.}} = q^1_{\text{оч}(i)} L \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.9)$$

де  $q^1_{\text{оч}(i)}$  – питома виділення пилу на одиницю маси виливків, кг/т (табл. 2.11);

$L$  – кількість оброблюваного металу протягом року, т.

**Максимально разові викиди** пилу (г/с) визначаються за формулою:

$$G_{\text{оч}(i)} = \frac{q^2_{\text{оч}}}{3,6} \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.10)$$

де  $q^2_{\text{оч}}$  – кількість пилу, що виділяється на одиницю часу роботи обладнання, кг/год (табл. 2.12).

Зважаючи на відсутність значень питомого виділення забруднюючих речовин у процесах очищення лиття кольорових металів, їх величини можливо приймати за даними табл.2.12

Таблиця 2.12 – Виділення пилу при первинному очищенні лиття чорних металів

Процес та технологічне обладнання	Сталь		Чавун	
	q <sup>2</sup> , кг/год	q <sup>1</sup> , кг/т	q <sup>2</sup> , кг/год	q <sup>1</sup> , кг/т
<b>Дробометне очищення</b>				
Барабани очисні дробометні для виливок масою, кг:				
до 25	28,0	до 25	28,0	до 25
до 80	64,0	до 80	64,0	до 80
до 400	141,0	до 400	141,0	до 400
Камери очисні дробометні об'ємом, м <sup>3</sup> :				
до 2	до 2	до 2	до 2	до 2
до 10	до 10	до 10	до 10	до 10
до 80	до 80	до 80	до 80	до 80
Столи очисні дробометні для виливків масою, кг:				
до 150	до 150	до 150	до 150	до 150
до 300	до 300	до 300	до 300	до 300
до 600	до 600	до 600	до 600	до 600
Машини напівавтоматичні дробометні періодичної дії для виливків масою, кг:				
до 25	33,0	6,9	24,8	10,3
до 400	90,0	12,8	67,6	19,3
Камери очисні дробометні підвісками для лиття: безперервної дії з обертовими				
Дрібного та середнього	120,0	6,0	90,2	9,1
Великого	180,0	2,8	135,1	4,2
<b>Дробоструминне очищення</b>				
Камери очисні дробоструминні, що обслуговуються робітниками, які знаходяться зовні камери, діаметр сопла 6-8 мм:				
Тупікові	24,0	8,0	18,1	12,1
Прохідні	77,4	12,4	58,2	19,3
Камери очисні дробоструминні, що обслуговуються робітниками, які знаходяться всередині камери, діаметр сопла 10-12 мм:				
Тупікові	46,4	18,5	34,9	27,9
Прохідні	178,5	25,5	134,2	38,4
Камери очисні дробоструминні, двозахідні з підвісками, що обертаються, для лиття:				
Дрібного та середнього	34,8	8,7	26,1	13,0
Великого	182,3	26,1	137,2	39,3
<b>Галтівка</b>				
Барабани очисні галтувальні для виливків масою, кг:				
до 10	до 10	до 10	до 10	до 10
до 40	до 40	до 40	до 40	до 40
до 100	до 100	до 100	до 100	до 100

Продовження табл. 2.12

Механічна зачистка виливків				
Верстати обдирно-шліфувальні зі стаціонарним колом	1,0	–	0,8	–
Станки обдирно-шліфувальні підвіски	0,3	–	0,2	–
Столи очищення та обрубки виробів	2,3	–	1,8	–

### 3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Розрахувати викиди забруднювальних речовин, утворених у ливарному цеху під час виплавки 7000 т сталі в електродугових печах продуктивністю 1,5 т/год. Режим роботи безперервний 230 днів на рік. На підготовчій ділянці перероблено 1400 т піску і 1400 т бентоніту. Тривалість розвантаження вагонів – 60 годин, завантаження в приймальні бункери – 60 год. Тривалість роботи ділянки з переміщення матеріалу – 240 годин. Сушіння піску і бентоніту здійснювалося в сушильних барабанах продуктивністю 5-10 т/год, тривалість роботи – 600 годин. Ступінь пилоочищення при сушінні матеріалів 85%, апарати пиловловлювання працюють справно. Змішування формувальних матеріалів виконувалося в змішувачах тарілчастих продуктивністю до 20 т/год; ступінь очищення від пилу 88%. Вибивання виливків проводилося на інерційних решітках. Ступінь пилоочищення на ділянці вибивання виливків – 85%. Очищення отриманих виливків здійснювалося в прохідних дробоструминних камерах з діаметром сопла 6-8 мм. Ступінь пилоочищення на ділянці первинного очищення виливків – 85%.

**3.1 Плавильне відділення.** Розрахунок валового викиду забруднюючих речовин (кг/рік) здійснюється за формулою (2.1):

$$M_{\text{пл}(i)} = q_{1(i)} V \beta \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.1)$$

де  $q_{1(i)}$  – питома виділення речовин на одиницю продукції, кг/т, (табл. 2.1);

$V$  – кількість металу, що виплавляється на рік, т;  $V=7000$  т/рік;

$\beta$  - поправковий коефіцієнт для врахування умов плавки (табл. 2.2);  
 $\beta=1$ ;

$\eta$  – ефективність очищення уловлювальних апаратів,  $\eta=0$ , так як очисні апарати відсутні

$A$  – коефіцієнт, що враховує справну роботу очисного устаткування.  
За відсутності очисних апаратів  $A=0$ .

$q_1$  пил = 9,5 кг/т;  $q_1$  CO = 1,3 кг/т;  $q_1$  NO<sub>x</sub> = 0,26 кг/т;  $q_1$  SO<sub>2</sub> = 1,6 г/т;  $q_1$  ціаніди = 28,4 г/т;  $q_1$  фториди = 0,56 г/т;

$$M_{\text{пил пил}} = 9,5 \cdot 7000 \cdot 1 = 66500 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил CO}} = 1,3 \cdot 7000 \cdot 1 = 9100 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил NO}_x} = 0,26 \cdot 7000 \cdot 1 = 1820 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил SO}_2} = 1,6 \cdot 7000 \cdot 1 = 11,2 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил ціаніди}} = 28,4 \cdot 7000 \cdot 1 = 198,8 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил фториди}} = 0,56 \cdot 7000 \cdot 1 = 3,920 \text{ кг/рік}.$$

Розрахунок максимально разових викидів забруднюючих речовин (г/с) визначається за формулою (2.2):

$$G_{\text{пл}(i)} = \frac{q_1(i)}{3,6} V^1 \beta \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.2)$$

де  $q_1(i)$  – питоме виділення речовин за одиницю часу, кг/год (табл. 2.1);

$V^1$  – потужність печі, т/год.  $V^1 = 1,5$  т/год

$$G_{\text{пил пил}} = 9,52 \cdot 1,5 / 3,6 = 3,967 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пил CO}} = 1,3 \cdot 1,5 / 3,6 = 0,542 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пил NO}_x} = 0,26 \cdot 1,5 / 3,6 = 0,108 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пил SO}_2} = 1,6 \cdot 1,5 / 3600 = 0,00067 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пил ціаніди}} = 28,4 \cdot 1,5 / 3600 = 0,0153 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пил фториди}} = 0,56 \cdot 1,5 / 3600 = 0,00023 \text{ г/с}.$$

З урахуванням неорганізованих викидів, що мають місце під час розливу сталі в ковші та форми, а також виділення за рахунок нещільності обладнання, валові та максимально разові викиди складають:

$$M_{\text{пил пил}} = 1,4 \cdot 66500 = 93100 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил CO}} = 1,4 \cdot 9100 = 12740 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил NO}_x} = 1,4 \cdot 1820 = 2548 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил SO}_2} = 1,4 \cdot 11,2 = 15,8 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил ціаніди}} = 1,4 \cdot 198,8 = 278,3 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{пил фториди}} = 1,4 \cdot 3,92 = 5,6 \text{ кг/рік}.$$

$$G_{\text{пил пил}} = 1,4 \cdot 3,967 = 5,554 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пил CO}} = 1,4 \cdot 0,542 = 0,759 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пил NO}_x} = 1,4 \cdot 0,108 = 0,151 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пл SO}_2} = 1,4 \cdot 0,00067 = 0,0009 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пл ціаніди}} = 1,4 \cdot 0,0153 = 0,0214 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{пл фториди}} = 1,4 \cdot 0,00023 = 0,00032 \text{ г/с}.$$

### 3.2. Підготовче відділення.

Розрахунок валового викиду пилу в процесах переробки формувальних матеріалів (кг/рік) розраховується за формулою (2.5):

$$M_{\text{підг}} = q^1_{\text{п}} \cdot B \left(1 - \frac{\eta_A}{100}\right), \quad (2.5)$$

де  $q^1_{\text{п}}$  – кількість пилу, що виділяється, на одиницю маси матеріалу, яка переробляється, кг/т (табл. 2.5-2.7);

$B$  – кількість перероблюваного матеріалу за рік, т.

1. При вивантаженні з вагонів:

$$q^1 = 0,1 \text{ кг/т (пісок); } q^1 = 0,25 \text{ кг/т (бентоніт)}$$

2. Під час завантаження в приймальні бункери:

$$q^1 = 0 \text{ (пісок); } q^1 = 0,31 \text{ кг/т (бентоніт)}$$

3. Під час переміщення матеріалу місцевими кранами:

$$q^1 = 0,15 \text{ кг/т (пісок); } q^1 = 0,28 \text{ кг/т (бентоніт);}$$

4. Під час сушіння матеріалу

$$q^1_{\text{п}} = 6,3 \text{ кг/т (пісок); } q^1_{\text{п}} = 27,1 \text{ кг/т (бентоніт); } , q^2_{\text{п}} = 27,0 \text{ кг/ч (пісок); } q^2_{\text{п}} = 105,9 \text{ кг/ч (бентоніт);}$$

5. При змішуванні формівних матеріалів  $q^1_{\text{п}} = 0,6 \text{ кг/т}$

Кількість перероблюваного матеріалу за рік:

$$B = 2000 \text{ т піску, } B = 2000 \text{ т бентоніту.}$$

$$M_{1 \text{ пил}} = (1400 \cdot 0,1 + 1400 \cdot 0,25) = 490 \text{ кг/год};$$

$$M_{2 \text{ пил}} = (1400 \cdot 0 + 1400 \cdot 0,31) = 434 \text{ кг/год};$$

$$M_{3 \text{ пил}} = (1400 \cdot 0,15 + 1400 \cdot 0,28) = 602 \text{ кг/год};$$

$$M_{4 \text{ пил}} = (1400 \cdot 6,3 + 1400 \cdot 27,1) \cdot (1 - 85/100) = 7014 \text{ кг/год};$$

$$M_{5 \text{ пил}} = [2800 \cdot 0,6] \cdot (1 - 88/100) = 201,6 \text{ кг/год};$$

$$M_{\text{пил (заг)}} = 490 + 434 + 602 + 7014 + 201,6 = 8741,6 \text{ кг/год}.$$

Розрахунок максимально разових викидів забруднюючих речовин (г/с) виконується з урахуванням часу роботи ділянки за рік:

$$G_{\text{підг}(i)} = \frac{M_{\text{підг}}}{n \cdot 24 \cdot 3600} \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right),$$

$$G_{1 \text{ пил}} = 490 \cdot 1000 / (60 \cdot 3600) = 2,269 \text{ г/с};$$

$$G_{2 \text{ пил}} = 434 \cdot 1000 / (60 \cdot 3600) = 2,009 \text{ г/с}$$

$$G_{3 \text{ пил}} = 602 \cdot 1000 / (240 \cdot 3600) = 0,697 \text{ г/с}$$

**Максимально разові викиди пилу (г/с)** можуть визначатись шляхом питомих виділень забруднюючих речовин на одиницю часу (варіант 1) або з урахуванням продуктивності обладнання (варіант 2).

**Варіант 1.** Максимально разові викиди пилу (г/с), формула (2.6):

$$G_{\text{підг}(i)} = \frac{q^2_{\text{п}}}{3,6} \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.6)$$

де  $q^2_{\text{п}}$  – кількість пилу, що виділяється на одиницю часу роботи обладнання, кг/год (табл.2.7).

$$G_{4 \text{ пил (пісок та бентоніт)}} = (27,0 + 105,9) \cdot (1-85/100) / 3,6 = 5,538 \text{ г/с.}$$

**Варіант 2.** Максимально разові викиди пилу (г/с) складають:

$$G_{\text{підг}(i)} = \frac{q^2_{\text{п}}}{3,6} V^1 \beta \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right)$$

$G_{4 \text{ пил (пісок та бентоніт)}} = (27,1 \cdot 5) \cdot (1-85/100) / 3,6 + (6,3 \cdot 5) \cdot (1-85/100) / 3,6 = 6,959 \text{ г/с}$  (розрахунок викидів з урахуванням пилу, що утворився при сушінні піску та бентоніту та з урахуванням продуктивності сушарки – 5 т).

Кінцевим значенням є максимальне:  $G_{4 \text{ пил (пісок та бентоніт)}}$  з двох варіантів, а саме 6,959 г/с.

$G_{5 \text{ пил}} = [0,6 \cdot 20] \cdot (1-88/100) / 3,6 = 0,4 \text{ г/с}$  (розрахунок з урахуванням продуктивності змішувача).

$G_{\text{пил}} = 2,269 + 2,009 + 0,697 + 6,959 + 0,4 = 11,934 \text{ г/с}$  (за умови одночасної роботи усіх ділянок відділення).

### 3.3. Дільниця вибивки відливок.

**Валові викиди** забруднюючих речовин, що виділяються при вибивці (кг/год), розраховуються за формулою

$$M_{\text{виб}} = q^1_{\text{виб}(i)} V \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.7)$$

де  $q^1_{\text{виб}(i)}$  – питома виділення речовин на одиницю виплавленого металу, кг/т (табл. 2.10).

$$q^1_{\text{виб пил}} = 3,6 \text{ кг/т}; \quad q^1_{\text{виб CO}} = 0,94 \text{ кг/т}; \quad q^1_{\text{виб SO}_2} = 0,029 \text{ кг/т}; \quad q^1_{\text{виб}}$$

$$\text{NO}_x = 0,17 \text{ кг/т}; \quad q^1_{\text{виб NH}_3} = 0,28 \text{ кг/т.}$$

$$M_{\text{виб пил}} = 3,6 \cdot 7000 \cdot (1-85/100) = 3780 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{виб CO}} = 0,94 \cdot 7000 \cdot 1 = 6580 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{виб SO}_2} = 0,029 \cdot 7000 \cdot 1 = 203 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{виб NO}_x} = 0,17 \cdot 7000 \cdot 1 = 1190 \text{ кг/рік};$$

$$M_{\text{виб NH}_3} = 0,28 \cdot 7000 \cdot 1 = 1960 \text{ кг/рік}$$

**Максимально разові викиди** забруднюючих речовин, що виділяються при вибиванні (г/с), визначаються за формулою:

$$G_{\text{виб}(i)} = \frac{q_{\text{виб}}^2}{3,6} \left(1 - \frac{\eta_A}{100}\right), \quad (2.8)$$

де  $q_{\text{виб}}^2$  – питома виділення речовин на одиницю часу роботи обладнання, кг/год (табл.2.10)

$$q_{\text{виб пил}}^2 = 6,0 \text{ кг/год};$$

$$q_{\text{виб CO}}^2 = 1,6 \text{ кг/ч};$$

$$q_{\text{виб SO}_2}^2 = 0,05 \text{ кг/ч};$$

$$q_{\text{виб NO}_x}^2 = 0,35 \text{ кг/ч};$$

$$q_{\text{виб NH}_3}^2 = 0,59 \text{ кг/ч}.$$

$$G_{\text{виб пил}} = 6,0 (1-85/100) / 3,6 = 0,249 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{виб CO}} = 1,6 / 3,6 = 0,444 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{виб SO}_2} = 0,05 / 3,6 = 0,0139 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{виб NO}_x} = 0,35 / 3,6 = 0,0972 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{виб NH}_3} = 0,59 / 3,6 = 0,164 \text{ г/с}.$$

#### 3.4. Ділянка очищення виливок.

Розрахунок валових викидів пилу при очищенні лиття чорних металів, кг/рік (формула 2.9):

$$M_{\text{оч.}} = q_{\text{оч}(i)}^1 \cdot L \cdot \left(1 - \frac{\eta_A}{100}\right), \quad (2.9)$$

де  $q_{\text{оч}(i)}^1$  – питома виділення пилу на одиницю маси виливків, кг/т (табл. 2.11);

$L$  – кількість оброблюваного металу протягом року, т.

$$q_{\text{оч}}^1 = 19,3 \text{ кг/т};$$

$L$  – кількість металу, що оброблюється за рік, т;

$$M_{\text{оч.}} = 19,3 \cdot 10000 \cdot (1-85/100) = 28950 \text{ кг/рік}.$$

Максимально разові викиди пилу (г/с) розраховуються за формулою (2.10):

$$G_{\text{оч}(i)} = \frac{q^2_{\text{оч}}}{3,6} \left(1 - \frac{\eta A}{100}\right), \quad (2.10)$$

де  $q^2_{\text{оч}}$  – кількість пилу, що виділяється на одиницю часу роботи обладнання, кг/год (табл. 2.12).

$$G_{\text{оч пил}} = 58,2 \cdot (1 - 85/100) / 3,6 = 2,425 \text{ г/с}$$

**Загальний обсяг валових викидів** по ділянкам цеху представлений у табл. 2.13

Таблиця 2.13 – Викиди забруднюючих речовин ливарного цеху

Забруднюючі речовини	Плавка сталі		Підготовче відділення		Ділянка вибивки виливок		Ділянка очистки відливок	Ливарний цех
	M, т/рік	G, г/с	M, т/рік	G, г/с	M, т/рік	G, г/с	M, т/рік	M, т/рік
Пил	66,5	3,967	8,742	11,934	3,8	0,249	28,95	107,992
CO	9,1	0,542	–	–	6,8	0,444	–	15,900
NO <sub>x</sub>	1,82	0,108	–	–	1,2	0,097	–	3,02
SO <sub>2</sub>	0,011	0,0007	–	–	0,2	0,014	–	0,211
Фториди	0,004	0,0002	–	–	–	–	–	0,004
Ціаніди	0,199	0,0153	–	–	–	–	–	0,199
NH <sub>3</sub>	–	–	–	–	1,96	0,164	–	1,96

#### 4. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

1. Визначити обсяги викидів забруднюючих речовин, що утворюються у ливарному цеху машинобудівного підприємства при виконанні операцій отримання виливок зі сталі та чавуну. Вихідні дані для розрахунку приведені у Додатку 1.

2. Зробити висновок щодо характеру забруднення атмосферного повітря викидами ливарного цеху та охарактеризувати пріоритетний напрямок у їх зменшенні.

3. Запропонувати та описати очисні апарати, які забезпечують ступінь очищення викидів від пилу, зазначений у поз.10-12 Додатку 1.

4. Оформити розрахункову роботу. Зразок оформленого титульного аркуша наведено у Додатку 2.

## Список рекомендованої літератури

1. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
2. Формувальні матеріали: підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття» / Р. В. Лютий, І. М. Гурія; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 258 с.
3. Технологія основних виробництв: навч. посібник для студентів денної та заочної форм навчання / В.М. Кропивний, А.В. Кропивна, Л.А. Молокост, М.В.Босий, О.В. Кузик – Кропивницький : Видавництво ТОВ «КОД», 2021. – 196 с.
4. Павленко Т. П. Електротехнологічні установки : конспект лекцій для магістрів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Т. П. Павленко, О. М. Петренко, Н. П. Лукашова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 130 с.
5. Райнер Ремус, Мігель А. Агуадо Монсоне, Серж Рудьє, Луїс Дельгадо Санчо. Довідковий документ з найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ) для виробництва чавуну та сталі /Довідковий звіт ОДЦЄС. Інститут перспективних технологічних досліджень. doi:10.2791/97469
6. Марченко С. В. Основи виробництва матеріалів та формоутворення об'єктів технологій : навч. посіб. / С. В. Марченко, А. Ф. Будник, В. Б. Юскаєв. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 232 с.
7. Крусір Г. В., Мадані М.М., Гаркович О.Л. Техніка та технології очищення газових викидів [Електронний ресурс] : навч. посіб. Одеса : ОНАХТ, 2017. Електрон. текст. дані. 207 с.
8. Сучасні технології захисту атмосфери: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів екологічного профілю /Укл. Мартиненко С.А. Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 155 с.
8. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери : навчальний посібник / Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.
9. Мальований М.С., Боголюбов В.М., Шаніна Т.П., Шмандій В.М., Сафранов Т.А. Техноекологія: підручник / За ред. М.С.Мальованого. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. – 424 с.
10. Техноекологія: курс лекцій / Укладач: Н.В.Сарапіна – Харків: НУЦЗУ, 2017. – 184 с.

### ДОДАТОК 1 – Варіанти індивідуального завдання

Вар.	Кількість металу, що виплавляється, т	Продуктивність печі, т / Режим роботи, дні	Кількість піску/ бентоніту, т <sup>1</sup>	Тривалість розвантаження вагонів / завантаження матеріалів у бункера, год	Тривалість роботи ділянки з переміщення матеріалу, год	Обладнання			Пилоочищення, % <sup>3</sup>			
						Сушіння піску і бентоніту / тривалість роботи, год	Змішування матеріалів <sup>2</sup>	Очищення	Сушіння матеріалів	Змішування матеріалів	Вибивання виливків	Очищення виливків
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Сталь-10000 Чавун- 800	2/230 2/100	2/2 0,5/0,5	60/60 5/5	250 100	Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 600  Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 300	Тарілчаті змішувачі продуктивністю до 20 т/год	Прохідні дробоструминні камери з діаметром сопла 6-8 мм	85	88	85	85
2	Сталь- 8000 Чавун- 100	3/160 3/50	1,6/1,6 0,3/0,3	55/55 10/10	150 45	Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 580  Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 200	Тарілчаті змішувачі продуктивністю до 20 т/год	Те ж	85	87	88	88

Продовження Додатку 1

3	Сталь- 6000 Чавун- 400	1/ 150 1/90	1,2/1,2 0,5/0,5	40/40 20/20	150 80	Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 550  Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 200	Тарілчаті змішувачі продуктивністю до 20 т/год	Те ж	87	85	88	88
4	Сталь-8500 Чавун- 300	1,8 / 200 1,8/90	1,7/1,7 0,4/0,4	45/45 10/10	210 85	Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 580  Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 200	Змішувачі періодичної дії з катками (бігунами), що вертикально обертаються, продуктивністю до 50 т/год	Те ж	85	85	87	87
5	Сталь-5000 Чавун- 500	0,8/100 0,8/100	1,0/1,0 0,5/0,5	30/30 25/25	120 90	Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 500  Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 300	Тарілчаті змішувачі продуктивністю до 20 т/год	Те ж	85	85	88	88

Продовження Додатку 1

5	Сталь-1000 Чавун- 400	0,1/ 210 0,1/90	1/1 0,5/0,5	25/25 10/10	220 90	Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 300  Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 200	Тарілчаті змішувачі продуктивністю до 20 т/год	Те ж	86	87	86	87
7	Сталь-6000 Чавун- 400	1,3 / 230 1,3/90	1,2/1,2 0,5/0,5	40/40 10/10	240 90	Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 550  Сушильні барабани продуктивністю 5-10 т/год / 200	Тарілчаті змішувачі продуктивністю до 20 т/год	Те ж	85	85	88	88
8	Сталь-10000 Чавун- 200	2,5 / 180 2,5 /90	2/2 0,3/0,3	60/60 18/18	180 90	Сушильні барабани продуктивністю 10-15 т/год / 600 Сушильні барабани продуктивністю 10-15 т/год / 100	Змішувачі періодичної дії з катками (бігунами), що вертикально обертаються, Продуктивністю до 50 т/год	Те ж	85	85	87	88

Кінець Додатку 1

9	Сталь-15000 Чавун- 1000	2,7/ 230 2,7/100	2,5/2,5 0,8/0,8	65/65 25/25	240 110	Сушильні барабани продуктивністю 10-15 т/год / 600  Сушильні барабани продуктивністю 10-15 т/год / 400	Змішувачі періодичної дії з катками (бігунами), що вертикально обертаються, Продуктивністю до 50 т/год	Те ж	86	87	88	88
10	Сталь-9500 Чавун- 700	2,6 / 190 2,6/90	1,9/1,9 0,8/0,8	55/55 35/35	200 100	Сушильні барабани продуктивністю 10-15 т/год / 400	Змішувачі періодичної дії з катками (бігунами), що вертикально обертаються, продуктивністю до 50 т/год	Те ж	85	85	88	88

Примітка:

<sup>1</sup> на виробництві можливо використання до 25 % формувальних сумішей, що пройшли регенерацію

<sup>2</sup> для формівних сумішей при виготовленні виливків зі сталі та чавуну

<sup>3</sup> на стадіях отримання виливків зі сталі та чавун

**ДОДАТОК 2** – Зразок титульного аркуша розрахункової роботи

**МІНІСТЕРСТВО НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**КАФЕДРА ХІМІЧНОЇ ТЕХНІКИ ТА ПРОМИСЛОВОЇ ЕКОЛОГІЇ**

**РОЗРАХУНКОВЕ ЗАВДАННЯ**

з дисципліни «Системи технологій та інженерна екологія»

Тема: Розрахунок викидів ливарного цеху машинобудівного підприємства»

Виконав:

студ. гр. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(ПБ)

Перевірив:

\_\_\_\_\_  
(ступінь, посада)

\_\_\_\_\_  
(ПБ)

Харків – 202\_

## ЗМІСТ

Передмова.....	3
1. Теоретичні аспекти литва та забруднення атмосфери.....	3
1.1 Загальні відомості щодо технологій ливарного виробництва.....	3
1.2 Ливарні цеха та забруднення атмосферного повітря.....	5
2. Методика розрахунку викидів ливарного цеху.....	7
2.1 Плавка металу та розливка у форми.....	7
2.2 Підготовче відділення.....	10
2.3 Вибивання виливків.....	15
2.4 Очищення виливків.....	15
3. Приклад розрахунку.....	18
3.1 Плавильне відділення.....	18
3.2. Підготовче відділення.....	20
3.3. Дільниця вибивки відливок.....	21
3.4. Ділянка очищення виливок.....	22
4. Індивідуальне завдання.....	23
Список рекомендованої літератури.....	24
ДОДАТОК 1 – Варіанти індивідуального завдання.....	25
ДОДАТОК 2 – Зразок титульного аркуша розрахункової роботи....	29

Навчальне видання  
Методичні вказівки  
до виконання розрахункового завдання  
з дисципліни «Системи технологій та інженерна екологія»  
для студентів спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього  
середовища» усіх форм навчання

Укладачі:  
САМОЙЛЕНКО Наталія Миколаївна  
ШЕСТОПАЛОВ Олексій Валерійович  
БОСЮК Альона Сергіївна  
ГАДАЄВА Юлія Сергіївна

Відповідальний за випуск Шестопалов О.В.  
Роботу рекомендував до друку Нечипоренко Д.І.

В авторській редакції

План 2025 р., поз. 293

---

Підп. до друку                      Гарнітура Times New Roman  
Видавничий центр НТУ «ХПІ»,  
вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.  
Електронна версія

---