

**Міністерство освіти та науки України**  
**Донбаська державна машинобудівна академія**

**С. А. Гончарова,**

**Л. В. Дементій**

**ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**  
**З ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ**  
**«ОХОРОНА ПРАЦІ»**  
**ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ**  
**для студентів спеціальності**  
**«МЕТАЛУРГІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ»**

Затверджено  
на засіданні вченої ради  
Протокол № від

**Краматорськ 2009**

**УДК 658.382.3:621**

**ББК 65.9.248**

**Г 65**

Рецензенти:

**Присяник О. В.**, д-р хім. наук, професор, Український державний хіміко-технологічний університет;

**Агулов В. Т.**, канд. техн. наук, доцент, Слов'янський державний педагогічний університет.

**Гончарова С. А.**

**Г 65** Організація роботи студентів з виконання розділу «Охорона праці» дипломних проектів для студентів спеціальності «Металургійне обладнання»/ С. А. Гончарова, Л. В. Дементій. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – 112 с.

ISBN **XXXXXXXXXXXXXX**

У даному методичному посібнику наведено основні вимоги щодо змісту і оформлення розділу «Охорона праці» дипломних проектів для студентів спеціальності «Металургійне обладнання», наведено рекомендації щодо вибору конкретних завдань у залежності від теми дипломного проекту. В посібнику наведено багато довідкового матеріалу, який потрібен студентам при виконанні даного розділу проекту. Для основних засобів захисту людини від виробничих факторів металургійного виробництва наведено методики розрахунків та приклади конкретних рішень з охорони праці.

**УДК 658.382.3:621**

**ББК 65.9(2)248**

ISBN **XXXXXXXXXX**

© С.А. Гончарова,  
Л.В. Дементій, 2009  
©ДДМА, 2009

## ЗМІСТ

Вступ	4
1 Загальні вимоги щодо оформлення розділу «Охорона праці»	5
2 Аналіз виробничих факторів металургійного виробництва	6
3 Розробка заходів щодо виробничої санітарії	14
4 Розробка заходів щодо технічної безпеки	23
5 Методики розрахунків основних засобів захисту	35
5.1 Вентиляція виробничих приміщень	35
5.2 Захисні екрани	46
5.3 Захист від шуму	55
5.4 Захист від випромінювання	61
5.5 Виробниче освітлення	66
5.6 Захисне заземлення	74
5.7 Визначення категорії приміщення з вибухово-пожежної та пожежної небезпеки	78
Література	80
Додаток А. Рекомендації з використання нормативно-технічної документації	82
Додаток Б. Вимоги до повітря робочої зони	87
Додаток В. Вимоги до виробничого шуму та вібрації	92
Додаток Г. Вимоги до випромінювань	93
Додаток Д. Вимоги до виробничого освітлення	94
Додаток Е. Вимоги до пульта управління	100
Додаток Ж. Вимоги до електробезпеки	104
Додаток К. Вимоги до пожежної безпеки	109

## ВСТУП

«Основи охорони праці» та «Охорона праці в галузі» – нормативні дисципліни, яка вивчаються у усіх вищих закладах з метою формування у майбутніх фахівців знань щодо стану і проблем охорони праці в галузі, складових і функціонування системи управління охороною праці, методів і засобів забезпечення умов виробничого середовища і безпеки праці в галузі згідно з нормативно-правовими актами.

Мета цих курсів – одержання студентами як теоретичних, так і практичних знань, необхідних для творчого рішення питань, зв'язаних з опрацюванням і вибором технології і устаткування, які вилучають або доводять до мінімуму виробничий травматизм і професійні захворювання, а також забезпечують охорону навколишнього середовища.

Вивчення дисципліни передбачає вивчення засобів захисту працюючих від впливу найбільш широко поширених на металургійному виробництві шкідливостей і небезпек, вимог до промислової санітарії і техніки безпеки, до устаткування та технологічних процесів, загальні вимоги до пристрою підприємств і цехів. Крім того, студенти повинні вивчити джерела забруднення навколишнього середовища в металургійному виробництві та основні напрямки і методи захисту довкілля. Особливу увагу необхідно приділити на захист робітників від теплового випромінювання.

Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен знати:

- правові та організаційні основи охорони праці;
- причини виникнення шкідливостей і небезпек на виробництві і основні заходи щодо ліквідації і зменшення їх впливу на працюючих;
- складові безпечності технологічного обладнання та процесів, а також правила безпеки при конструюванні та експлуатації виробничого устаткування.

Студент повинен вміти :

- визначати фактичні величини виробничих небезпек і шкідливостей та напрямки зниження їх негативного впливу на працюючих;
- обґрунтувати вибір заходів забезпечення безпечних та комфортних умов праці на робочих місцях;
- розрахувати основні засоби захисту працюючих.

Для забезпечення формування перерахованих знань та умінь студенти усіх спеціальностей при розробки дипломних проектів та науково-дослідних робіт виконують розділ «Охорона праці». Це є завершальний етап формування компетенції студентів у галузі праці для подальшої професійної діяльності.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ»

При виконанні розділу «Охорона праці» дипломного проекту необхідно виконувати наступні **вимоги** [10, 15]:

- строго дотримуватися вимог НПАОП, ГОСТ, норм, правил, інструкцій та інших нормативних документів з питань охорони праці при прийнятті й обґрунтуванні відповідних рішень;

- вибір заходів щодо охорони праці проводити на основі аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів з метою зведення до мінімуму впливу їх на працюючу людину;

- вибір заходів щодо створення здорових і безпечних умов праці супроводжувати посиланнями на нормативні документи, а в необхідних випадках – інженерними розрахунками, науково-дослідними й конструкторсько-дослідницькими даними. Шифр і назва нормативних документів приводити безпосередньо в тексті пояснювальної записки дипломного проекту (роботи) на мові оригіналу (додаток А). При використанні чисельних значень величин і результатів робіт інших авторів необхідно привести посилання на джерело інформації;

- проектувати прогресивну, з високим ступенем автоматизації техніку, при експлуатації якої виключається потенційна небезпека аварій, вибухів, пожеж, нещасних випадків, професійних захворювань незалежно від кваліфікації й психофізіологічного стану обслуговуючого персоналу;

- розробляти заходи щодо профілактики травматизму, професійних захворювань, аварій, пожеж, а також по підвищенню культури виробництва, технічної естетики, наукової організації праці, ергономіки.

Розділ «Охорона праці» у загальному випадку **складається** з таких підрозділів:

- аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- розробка заходів щодо виробничої санітарії;
- розробка заходів щодо технічної безпеки.

**Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НіШВФ)** здійснюється для базового варіанта на основі результатів роботи існуючих виробництв. Ціль даного підрозділу – обґрунтування необхідності здійснення й вибір заходів щодо забезпечення безпечних умов праці. Матеріал для виконання цього підрозділу наведено у розділу 2 посібника.

**Розробка заходів щодо виробничої санітарії** здійснюється у такий послідовності:

- забезпечення якості повітря робочої зони;
- організація освітлення приміщень (цеху та пульта управління);
- захист від шуму, вібрації та випромінювання.

Матеріал для виконання цього підрозділу докладно наведено у розділу 3 посібника.

**Розробка заходів щодо технічної безпеки** здійснюється за такою схемою:

- заходи щодо забезпечення безпеки обладнання;
- заходи щодо забезпечення безпеки технологічних процесів, в тому числі охорона навколишнього середовища;
- вимоги до пульта керування;
- електробезпека;
- пожежна та вибухова безпека.

Матеріал для виконання цього підрозділу наведено у розділу 4 посібника.

Розрахунки захисних пристроїв, найбільш важливих для забезпечення безпечних умов праці, здійснюється згідно з відповідними методиками (розділ 5) безпосередньо у підрозділах 2 або 3, де розглядаються ці питання (тип розрахунків узгоджується з консультантом). Розрахунок пристрою наводиться за схемою:

- обґрунтування необхідності використання даного пристрою (засобу) захисту;
- опис захисного пристрою (при необхідності – рисунок), основні його характеристики;
- обґрунтування вибору методики розрахунку;
- розрахунок основних елементів пристрою;
- перевірка відповідності пристрою та його частин нормативним вимогам.

Розділ у цілому виконуються з урахуванням теми дипломного проектування та спеціальної частини проекту.

Використана **література** наводиться в загальному списку залежно від побудови записки в цілому. Нормативні документи (ГОСТ, НПАОП, ДСанПіН та інші) при цьому повинні бути наведені безпосередньо у тексті записки і у перелік літератури не входить. Назва документів наводиться на мові оригіналу.

Обсяг розділу «Охорона праці» не повинен перевищувати 10-15 сторінок. При захисті дипломного проекту необхідно освітити основні принципові питання з охорони праці, які розроблені в проекті.

## **2 АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ**

Металургійне виробництво відрізняється великою кількістю небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 підрозділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні [3, 6, 11, 16, 24].

**До фізичних небезпечних виробничих факторів у прокатному виробництві належать:**

- рухомі машини і механізми; рухомі частини устаткування; вироби, що пересуваються, заготівки, матеріали (валки, шпинделі, муфти станів,

викиди петлі прокатуваного матеріалу, осколки прокатуваного металу, окалини і шлаку, що відлітають);

- підвищена температура поверхонь;
- підвищене значення напруги в електричній мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- гострі кромки, заусенці і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів і устаткування;
- висока вірогідність можливості спалаху.

**До фізичних шкідливих виробничих факторів відносять:**

- підвищену запиленість повітря;
- підвищену температуру повітря робочої зони;
- підвищену вологість повітря;
- знижену рухливість повітря;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- підвищений рівень шуму, інфразвукових коливань, ультразвуку і вібрації;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- підвищену напруженість електричного і магнітного поля;
- недостатню освітленість робочої зони;
- підвищену яскравість світла;
- знижену контрастність.

**Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори** підрозділяються:

- по характеру дії на організм людини на: токсичні; подразнюючі; сенсибілізуючі; канцерогенні; мутагенні; що впливають на репродуктивну функцію;
- по шляху проникання в організм людини через: органи дихання; шлунково-кишковий тракт; шкірні покриви і слизисті оболонки.

Виділення шкідливих речовин в повітря (токсичного пилу, газів) відбувається при проведенні технологічних процесів прокату металу і проведенні робіт, зв'язаних із застосуванням хімічних речовин і матеріалів (масло, технічне масло та ін.). У листопрокатних цехах перед холодною прокаткою листів, перед нанесенням захисних покриттів метал очищають від слою окалини шляхом травлення в ваннах розведеною сірчаною, соляною або азотною кислотою.

При прокаті металу найбільш вірогідне проникнення в організм речовин у вигляді пару і пилу через органи дихання (близько 95 % всіх отруєнь).

**Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори** включають наступні біологічні об'єкти: патогенні мікроорганізми, продукти їх життєдіяльності і макроорганізми. При прокатці не є значними.

**Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори** по характеру дії підрозділяються на наступні:

- а) фізичні перевантаження (статичні і динамічні);

б) нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Найбільш характерними психофізіологічними факторами для прокатного виробництва є висока швидкість технологічних процесів та інтенсивність вантажопотоків, що обумовлює в свою чергу високу інтенсивність праці персоналу. Це приводить до великого розумового стомлення, що пов'язане з помилками в управлінні механізмами, і виникнення небезпечних ситуацій, тобто переважають нервово-психічні перевантаження.

У доменному виробництві небезпечними і шкідливими виробничими факторами є: рухомі частини машин і механізмів і ті, що обертаються; незахищені рухомі елементи обладнання; розплавлений, розжарений метал і шлак; підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів; висока концентрація пилу і газів в повітрі робочої зони, вібрація.

Ремонт чавунних і шлакових жолобів супроводжується виділенням токсичних газів. Концентрація  $SO_2$  складає в середньому  $19 \text{ мг/м}^3$ ,  $CO$  - до  $40 \text{ мг/м}^3$ . У приміщенні розливних машин при заливці чавуну утворюється в середньому 40 г пилу і 60 г окислів вуглецю на 1 т розлитого чавуну. Тепловипромінювання при розливанні досягає  $3,5-7,0 \text{ кВт/м}^2$ .

Радіоактивні ізотопи (іонізуючі випромінювання) застосовують в доменному виробництві як індикатори:

- для визначення рівня матеріалу в закритих ємностях (шихти в бункерах, в шахті печі і т.д.),
- контролю якості металу, зварних швів, місць з'єднання;
- контролю за ходом технологічного процесу: визначення вмісту фосфору, сірки, кальцію в металі і шлаку, зносу вогнетривкої футеровки, руху шихти і газів в доменних печах.

До небезпечних факторів при експлуатації електросталеплавильних печей відносяться: ураження електричним струмом, виплески рідкого металу і шлаку і ін. Шкідливі виробничі фактори: підвищена запиленість, загазованість (до  $120 \text{ мг/м}^3$  окислу вуглецю), рівень шуму (до 120 дБ), температура повітря (до  $30^\circ$ ) внаслідок значних тепловиділень (до  $1000 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{ч}$ ), ультразвук (використовують при обробці розплаву сталі, виплавленої в електропечі).

### **Коротка характеристика НіШВФ**

**Мікроклімат** в прокатних цехах визначається наявністю надмірного конвекційного і променистого тепла, у зв'язку з чим, вони відносяться до групи гарячих цехів. Джерелами тепла є прокатуваний метал, нагріті обладнання, механізми і комунікації, відкриті отвори або кришки нагрівальних пристроїв, горючі гази. Найбільша інтенсивність опромінення має місце на робочих місцях біля нагрівальних печей, прокатних станів, на дільницях ножиць та пил гарячої різки, а також біля штабелів гарячого металу на складах готової продукції. Рівні опромінення біля робочих місць наведені в табл.2.1, 2.2 [17].



Таблиця 2.1 – Опромінення на робочих місцях у електроплавильних печей

Робоча операція	Ємкість печі, т	Опромінення, кВт/м <sup>2</sup>
Огляд подини і заправка печі перед завантаженням лому	<10	1,05-11,2
	10-25	1,04-4,9
	40	2,1-7,0
	100 <sup>1</sup>	2,8-14
	100 <sup>2</sup>	0,35-3,5
	200 <sup>1</sup>	1,05-7,0
	200 <sup>2</sup>	0,35-3,5
Підсипка порогів, завантаження добавок, спостереження за плавкою після завантаження лому	<10	0,7-4,2
	10-25	0,35-5,6
	40	1,4-9,8
	100 <sup>1</sup>	0,7-10,5
	100 <sup>2</sup>	0,01-3,5
	200 <sup>1</sup>	0,35-5,6
	200 <sup>2</sup>	0,01-1,05
Продувка киснем, вимір температури і взяття проби	10-25 <sup>3</sup>	1,4-7
	10-25 <sup>4</sup>	6,3-9,1
	40 <sup>3</sup>	1,4-7,0
	40 <sup>4</sup>	7,0-10,5
	100 <sup>3</sup>	0,35-7,0
	100 <sup>4</sup>	6,3-12,6
	200 <sup>3</sup>	0,18-5,6
	200 <sup>4</sup>	6,3-12,6
Скачування шлаку	40 <sup>5</sup>	2,1-7,0
	40 <sup>6</sup>	7,7-12,6
	100 <sup>5</sup>	0,7-7,7
	100 <sup>6</sup>	3,5-14,0
	200 <sup>5</sup>	2,1-7,0
	200 <sup>6</sup>	3,5-14,0
Оброблення і закладення сталі випускного отвору	<10	0,35-1,4
	10-25	0,35-3,5
	40	0,18-3,5
	100	0,35-7,0
	200	0,35-5,6
Спостереження за випуском сталі	<10	1,05-3,5
	10-25	1,05-4,9
	40	0,35-2,1
	100	0,35-6,3
	200	0,35-4,2
Вимір температури сталі в ковші	<10	0,7-3,5
	10-25	0,7-7,0
	40	5,6-7,0
	100	4,2-7,0
	200	2,8-7,0

Примітка: <sup>1</sup>- робоча операція здійснюється без застосування машини; <sup>2</sup>- робоча операція здійснюється за допомогою машини; <sup>3</sup>- операції здійснюється із застосуванням теплозахисних засобів; <sup>4</sup>- те ж, без застосування теплозахисних засобів; <sup>5</sup>- електромагнітне переміщення працює; <sup>6</sup>- електромагнітне переміщення не працює.

Таблиця 2.2 – Опромінення на робочих місцях в прокатних цехах

Робоче місце	Тип стану	Опромінення, кВт/м <sup>2</sup>
<b>Обжимні цехи</b>		
Перед постом управління	780-800	0,18-14,0
	1100-1150	0,05-11,9
	1300	0,1-11,9
Робоче місце оператора	780-800	0,05-1,4
	1100-1150	0,05-0,7
	1300	0,05-2,8
Відкрите робоче місце біля технологічного устаткування	780-800	0,35-15,4
	1100-1150	0,35-16,1
	1300	0,18-19,6
<b>Листопрокатні цехи</b>		
Перед постом управління	1450	0,35-7,0
	1700-2300	0,35-7,0
	2500	0,07-1,4
	3600	0,35-4,2
	4500	0,07-1,4
Робоче місце оператора	1450	0,35-2,1
	1700-2300	0,18-3,5
	2500	0,02-0,7
	3600	0,35-0,7
	4500	0,05-0,35
Відкрите робоче місце у технологічного устаткування	1450	0,35-14,0
	1700-2300	0,18-13,3
	2500	0,18-8,4
	3600	0,35-14,0
	4500	1,75-17,5
<b>Сортопрокатні цехи</b>		
Перед постом управління	500-650	0,28-5,6
	300	0,07-2,45
	250-300	0,35-9,1
Робоче місце оператора	500-650	0,01-0,8
	300	0,01-1,4
	250-300	0,01-2,1
Відкрите робоче місце біля технологічного устаткування	500-650	0,17-14,0
	300	0,17-3,5
	250-300	0,17-3,5

Нагрітий метал є джерелом тепла, що переміщується по цеху. Промениста енергія на відстані 1м від прокату складає до 4-5 кал на 1см<sup>2</sup> в хвилину. Рухаючись по цеху прокат на своєму шляху нагріває все металеве обладнання цеху і нагріті предмети самі стають джерелом тепла та швидко нагрівають повітря.

На робочих місцях нагрівальників металу температура повітря в літній період досягає 40-45°C, на робочих місцях вальцювальників ливарних станів - 35-40°C. Висока температура повітря спостерігається також на постах управління операторів, в кабінах кранівників, що працюють в головному прольоті стану. Метеорологічні умови в прокатних цехах характеризуються також наявністю ділянок з високою та низькою вологістю повітря, що негативно впливає на самопочуття та здоров'я людини.

**Пил** є найпоширенішим несприятливим фактором виробничого середовища. У металургійному виробництві переважає пил, що містить оксиди заліза, кремнію, марганцю, фтористі сполуки і ін. Так пил біля машини вогневого зачищення при зачистці сталей рядових марок містить 73,96% Fe, 0,1% C, 0,51% Mn, 0,39% S, 25,04% O<sub>2</sub>. При роботі станів у результаті роздавлювання поверхневого шару окалини на металі утворюється металевий пил. Найбільш інтенсивне виділення пилу відбувається на блюмінгах і слябінгах – до 515-4400 мг/м<sup>3</sup>. У повітрі в станів гарячої прокатки металу зміст пилу окислів заліза досягає 2400-4400 мг/м<sup>3</sup>. При експлуатації машини вогневого зачищення поверхні металу загальна кількість пилу в продуктах згоряння досягає 12 г/м<sup>3</sup>. Зміст пилу в повітрі у клітей листових станів становить від 200 до 2400 мг/м<sup>3</sup>.

У атмосфері біля доменної печі виділяються гази (CO і CO<sub>2</sub>) і пил, що містить в основі окисел заліза. Запиленість складає 300-4000 мг/м<sup>3</sup>. Вміст CO і CO<sub>2</sub> – до 600 мг/м<sup>3</sup>. Велика кількість газів і пилу виділяється в процесі виплавки сталі в електросталеплавильних печах. Значна кількість пилу, парів і газів від випаровування емульсії утворюється при прокатці металу.

Викиди пилу в доменному виробництві з колошниковим газом складають до 50-100 кг/т. Пил містить 60% заліза, 10% окислу кальцію. Забруднення повітря відбувається і при грануляції шлаку. Концентрація суспензії в стічних водах доменної печі складає 0,5-2,0 г/л. Вміст суспензії в стічних водах підбункерних приміщень коливається від 2000 до 3500 мг/л

Технологічні процеси металургійного виробництва супроводжуються інтенсивним випромінюванням шуму який значно перевищує припустимий рівень. У виробничих умовах **джерелами шуму** є: механізми обладнання, кранів, ручні механізовані інструменти, електричні машини, компресори, підйомно-транспортне, допоміжне обладнання (вентиляційні установки, кондиціонери).

До шумонебезпечного устаткування відносяться електросталеплавильні печі: фурми, газові пальники, приводи скіпа доменної печі.

У прокатних цехах до шумонебезпечного устаткування відносяться робочі кліті, машини вогневої зачистки металу, ножиці для різання металу

маятниковій дисковій пилки, правильні машини; моталки, шлеппери, рольганги, листоукладчики, безперервно-травильні агрегати та ін.

У прокатних цехах шуми характеризуються великим значенням звукового тиску, спектральною широкосмуговою, постійністю в часі (залежно від змінності виробництва). Головним джерелом шуму при прокаті металу є прокатний стан, в якому знаходиться величезна кількість металевих механізмів. Основний шум прокатного цеху лежить у області частот до 1000 Гц і має значення звукового тиску в межах 75-95 дБ і може досягати 110 дБ. Рівні звукової потужності устаткування наведені в табл.2.3[10].

В умовах прокатного виробництва спостерігається **місцева** (локальна) і **загальна вібрації**. Прокатні стани (система механізмів) при своїй роботі створюють загальну вібрацію, яка полягає у відхиленні робочих місць від положення рівноваги на малу величину. При виробництві окремих видів робіт по обробці прокату працівники відчують локальну вібрацію, що передається на руки працюючого. У прокатному цеху вібрація неоднорідна по спектру частот і непостійна у часі. Локальна вібрація залежить від контакту оператора з тілом, що коливається.

Виробничими джерелами локальної вібрації є ручні механізовані машини ударної, ударно-обертальної і обертальної дії з пневматичним або електричним приводом. Інструменти ударної дії засновані на принципі вібрації. До них відносяться клепальні, рубильні, відбійні молотки, пневмотрамбовки. До ручних механізованих машин обертальної дії відносяться шліфувальні, свердлувальні машини, пили електромоторів.

У прокатному виробництві застосовується величезна кількість різноманітного електроустаткування, яке небезпечно впливає на працюючих (**електричні поля** промислової частоти і **електромагнітні поля** високої частоти).

Джерелом електричних полів промислової частоти є токоведучі частини діючих електроустановок (лінії електропередач, індуктори, конденсатори термічних установок, фідерні лінії, генератори, трансформатори, електромагніти, соленоїди, імпульсні установки, литі і металокерамічні магніти і ін.).

Джерелом електромагнітних полів високих частот є неекрановані елементи обладнання для індукційної обробки металу (гартування, відпал, плавка, паяння, зварювання і т.д.) і інших матеріалів, а також обладнання і приладів, що вживається для генерації струмів високої частоти.

У металургії струми високої частоти застосовуються при термообробці в прокатному виробництві при перемішуванні розплавленого чавуну по електромагнітному жолобі в доменному виробництві й а інших випадках

Доменні, електросталеплавильні і прокатні цехи є великими споживачами електроенергії і мають розвите електрогосподарство і складне електроустаткування.

Правильне **освітлення** робочих місць у прокатних цехах має велике значення для створення безпечних умов праці. Незадовільне освітлення може стати причиною травматизму, негативно впливає на зір працівників.

Таблиця 2.3 – Рівні звукової потужності устаткування

Найменування устаткування	Рівень звукової потужності, дБА	Сумарна тривалість впливу за зміну, год
<b>Електросталеплавильні цехи</b>		
Печі ємкістю 5-40 т:		
- період плавлення	118-121	2,5
- окислювальний період	114-118	2,0
- відновний період	107-110	1,0
Печі ємкістю 100-200 т:		
- період плавлення	123-126	2,5
- окислювальний період	117-119	2,0
- відновний період	109-113	1,0
<b>Доменне виробництво</b>		
Фурма доменної печі	110	4
Газовий пальник нагрівача	115	4
Привід скіпа	109	4
<b>Прокатне виробництво</b>		
Обжимні цехи:		
- блюмінг 1300	99-123	4
- безперервний заготівельний стан 730/500	96-120	4
Сортопрокатні цехи:		
- стан 500	102-123	4
- стан 800	105-114	4
Листопрокатні цехи холодної прокатки		
Стан:		
- 2500	115	4
- чотирьохвалковий	113	4
Агрегати різки листа	111-121	4
Ножиці:		
- летючі	118	4
- дискові	111	4
Розмотувач листа	122	
Листопрямильна машина	114	4
Транспортування листа по рольгангам	118	4
Листопрокатні цехи гарячої прокатки		
Стан 2000	103-108	4
Стан 2500	102-119	4

Рівномірний розподіл яскравості в умовах прокатного виробництва

не досягається. Внаслідок утворення величезної кількості пилу в прокатному цеху спостерігається погіршення видимості і зменшується огляд. Надмірна сліпуча яскравість металевих деталей порушує умови комфортного зору, погіршує контрастну чутливість.

У доменному виробництві **вибухово-пожежо-небезпечними** ділянками є місця, де в трубопроводах і обладнанні знаходяться під тиском горючі гази (доменний, генераторний і ін.); газоочисне устаткування; установки для вдування вугільного пилу в доменні печі, а також відділення розподільно-дозувальні відділення.

Пожежна небезпека електросталеплавильного виробництва визначається наявністю в агрегатах горючих газів, застосуванням кисню, наявністю кабельного господарства, масляних трансформаторів, застосуванням горючих рідин. Велику пожежну небезпеку представляють екзотермічні суміші, вживані при виплавці якісних сталей.

Пожежна і вибухова небезпека прокатного виробництва визначається наступними чинниками:

- наявністю широко розвиненої мережі кабельного господарства, великої кількості масла в маслемульсійних підвалах, мережі масляних гідроприводів;

- застосуванням горючих (вибухонебезпечних) газів в нагрівальних печах і колодязях, при різанні металу, вибухонебезпечний водень утворюється в травильних ваннах при обробці металу, вибухонебезпечного захисного газу при відпалі металу в без кисневому середовищі.

До **газонебезпечних** відносяться роботи, виконувані в місцях із загазованою атмосферою, і роботи, при виконанні яких можливе виділення отрутних або вибухонебезпечних газів, що викликають отруєння роботаці або руйнівні вибухи, а також пожежі.

Газонебезпечні роботи в доменному виробництві пов'язані з газоочисними спорудами, з ремонтними роботами на доменній печі, де знаходиться в обігу доменний, генераторний, коксівний, природний газ. У прокатних цехах небезпека вибухів виникає при сушці нагрівальних печей коксівним або природним газом, при пуску газу в нагрівальні колодязі і печі. Це зв'язано також з можливістю виходу газу в цех та отруєнням людей окислом вуглецю.

### **3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ**

Заходи щодо виробничої санітарії потрібно розглянути в наступній послідовності:

- забезпечення якості повітря робочої зони;
- захист від шуму, вібрації та випромінювання;
- організація освітлення приміщень (цеху та пульта управління).

#### **Забезпечення якості повітря робочої зони**

Нормативні вимоги до якості повітря робочої зони наведено у таблицях Б.1, Б.2, Б.6 додатка Б (ГОСТ 12.1.005-88, ДСН 3.3.6.042-99).

Для забезпечення нормативних вимог використовують наступні заходи [2, 3, 11, 16, 18]:

- механізація та автоматизація виробничих процесів, дистанційне управління процесами;
- удосконалення обладнання та процесів;
- використання процесів та обладнання, які виключають утворення шкідливих речовин або їх попадання в робочу зону;
- захист від теплового випромінювання;
- організація вентиляції та опалення;
- використання засобів індивідуального захисту.

При розгляді даного питання варто визначити можливі джерела виділення пилу, газів та пару, їх інтенсивність, а також намітити конкретні заходи щодо попередження забруднення повітряного середовища. Найбільшу увагу потрібно приділити питанням організації вентиляції та захисту від теплового випромінювання.

До числа найбільш радикальних заходів щодо боротьби з пилом відноситься раціоналізація технологічних процесів та удосконалення устаткування; герметизація агрегатів, що порожать, гідрознепилення, знепилююча вентиляція у вигляді місцевих відсмоктувачів та ін.

Для локалізації шкідливих виділень над місцями випуску шлаку і чавуна в домнах необхідно влаштовувати зонти з відсмоктуванням 250-300 тис. м<sup>3</sup>/год газоповітряної суміші. Для укриття головного жолобу необхідно передбачати кожух телескопічної конструкції, що керується дистанційно. Обсяг повітря, що відсмоктується, – 400000 м<sup>3</sup>/год при швидкості підсмоктування газів у торці кожуха 40-50 м/с.

Велика кількість газів і пилу виділяється в процесі виплавки стали в електросталеплавильних печах. Для печей ємкістю до 10 т газу видаляють через зонти, що встановлені над піччю. Для печей ємністю більш 10 т з піднімальними зводами використовують спосіб відводу газів зі зводу через патрубків з розривом. Підсмоктування повітря через щілину між патрубками забезпечує дожигання окису вуглецю.

У табл. 3.1. наведені приміщення станів гарячої та холодної прокатки з характеристиками систем вентиляції й інших заходів щодо поліпшення умов праці.

Для видалення металевого пилу необхідно передбачити гідрозмив. При холодній прокатці металу утворюються пари емульсії; особливо значний випар емульсії відбувається за третьої кліттю і на моталці. Для захисту від вибивання парів емульсії необхідно зачиняти кліті з гори та з боків. Крім того, необхідно встановлювати витяжний зонт за останньою кліттю, щоб охоплювалася й моталка.

Видалення повітря з укриття кліті повинне здійснюватися з верхньої (70 %) і нижньої зони (30 %). Обсяг повітря, що видаляється з кожного міжклітьового простору, рекомендується приймати 25000-40000 м<sup>3</sup>/год; більша величина відноситься до станів, що працюють зі швидкістю прокатки 20-25 м/с і більше.

Таблиця 3.1 – Характеристики систем вентиляції

Приміщення	Вентиляція і заходи щодо поліпшення умов праці
Приміщення сортових станів і складу готової продукції (гарячої прокатки)	Аерація: приплив повітря через аераційні ліхтарі. Душирування робочих місць і відкритих постів керування біля методичних печей. Кондиціонування повітря на постах керування станами. Гідрознепилення біля клітей. Душирування з використанням охолодженого повітря та устроєм кабін для відпочинку з радіаційним охолодженням при наявності робочих місць біля у клітей.
Приміщення листових станів гарячої прокатки	Аерація: гідрознепилення чорнових та чистових клітей. Душирування робочих місць біля методичних печей. Вентиляція (відсмоктування пилу ) агрегатів чищення та різання листа. Кондиціонування повітря на постах керування технологічним процесом
Склад гарячекатаних рулонів на станах холодної прокатки листа	Теплоізоляція і кондиціонування повітря кабіні крана.
Травильне відділення стану холодної прокатки листа	Відсмоктування парів з-під укриття ванн або бортова вентиляція ванн. Приплив повітря з компенсацією до 70 % витяжки, подача повітря – у робочу і верхню зону з додатковим підігрівом.
Станові прольоти холодної прокатки листа	Огородження станів металевими суцільними стінами. З протилежної сторони керування – клітьми; з боку керування – до рівня 2 м и відсмоктування з міжклітьового простору пару емульсії. Вентиляція агрегату електролітичного знежирення. Аерація відділення отжигу та вентиляція кабін кранів, що обслуговують печі отжигу. Відсмоктування пилу від дресировочних станів. Місцева вентиляція лудильних агрегатів.

При експлуатації машини вогневого зачищення поверхні металу загальна кількість пилу в продуктах згоряння досягає  $12 \text{ г/м}^3$ . У пилу переважає окисли заліза, присутні окисли марганцю, кремнію та ін. Над зоною, де відбувається зачищення слябів, варто встановлювати зонт. Торцеву стіну з боку входу сляба варто закривати листом, нижню частину – завісою з ланцюгів. Канали, що відводять гази влаштовують нижче рівня рольганга.



Доцільно проектувати установку з двома вентиляторами. Система вентиляції повинна забезпечувати відсмоктування 150-200 тис. м<sup>3</sup>/год продуктів згоряння, що розведені повітрям.

Вентиляція виробничих приміщень (цехів) металургійного виробництва докладно розглянуто в літературі [4, 8, 17, 25, 26]. Нормативні вимоги наведено в табл. Б.4 – Б.5 додатка Б. Методика розрахунку вентиляції цеху наведено у розділу 5.1 приклади 1 та 4. Методика розрахунку вентиляції пульта управління наведено у розділу 5.1 приклад 2.

### **Захист від шуму, вібрації та випромінювання**

Нормативні вимоги до рівнів шуму наведено у таблиці В.1 додатка В (ГОСТ 12.1.003-89, ДСН 3.3.6.037-99).

Для забезпечення нормативних вимог використовують наступні заходи [10, 14, 18, 23]:

- будівельно-акустичні заходи;
- санітарно-гігієнічні заходи;
- зменшення шуму у джерелі за рахунок зміни конструкції обладнання або технології;
- зменшення шуму по шляху його розповсюдження (звукопоглинання, ізоляція джерела шуму або робочого місця, використання глушників);
- використання засобів індивідуального захисту.

Технологічні процеси металургійного виробництва супроводжуються інтенсивним випромінюванням шуму який значно перевищує припустимий рівень. До шумонебезпечного встаткування ставляться електросталеплавильні печі: фурми, газові пальники, приводи скіпа доменної печі.

У прокатних цехах до шумонебезпечного устаткування відносяться робочі кліті, машини вогневої зачистки металу, ножиці для різання металу маятникові та дискові пили, правильні машини; моталки, шлепперы, рольганги листоукладчики, безперервно-травильні агрегати, дресировочні стани.

Для захисту робітників від шуму в сталеплавильному виробництві варто встановлювати звукоізолювані пульти керування, тому що задовільного рішення по зниженню шуму в джерелі поки не знайдено.

Для зниження шуму від прийомного карману використовують пристрої для збереження постійної висоти падіння прокату.

Зниження вібрацій і шуму при роботі листоукладчика здійснюється демпфіруванням вібрацій і амортизацією ударів листа о щит.

Ефективне зниження рівня шуму ножиців (на 15-20 дБ) досягається заключенням їх у звукоізолюючий кожух.

Для захисту робітників від шуму при вогневому зачищенні металу потрібні звукоізолюючі пости керування і звукоізоляція зони зачищення.

Для захисту від шуму операторів у прокатних цехах необхідно використовувати звукоізолюючі кабіни постів керування.

Методика розрахунку різних засобів захисту наведено у розділу 5.3: звукопоглинання шуму (приклад 16), ізоляція джерела шуму або робочого місця (приклад 11 – 13, 15), акустична обробка приміщення (приклад 14).

Нормативні вимоги до рівнів вібрації наведено у таблиці В.4 додатка В (ГОСТ 12.1.012-90, ДСН 3.3.6.039-99).

Для забезпечення нормативних вимог використовують наступні заходи [10, 18, 23]:

- дистанційне управління процесами;
- зменшення вібрації у джерелі за рахунок зміни конструкції обладнання або технології;
- зменшення вібрації по шляху його розповсюдження;
- санітарно-гігієнічні заходи;
- використання засобів індивідуального захисту;
- раціональний режим праці та відпочинку;
- контроль вібрації та сигналізація.

Методика розрахунку різних засобів захисту від вібрації наведено у літературі [18, 23].

Нормативні вимоги до рівнів електромагнітних випромінювань наведено у таблиці Г.1 додатка Г (ГОСТ 12.1.002-84, ГОСТ 12.1.006-84, ДСН 3.3.6.096-2002).

Для забезпечення нормативних вимог використовують наступні заходи [2, 18, 19, 23]:

- організаційні заходи (оптимальне розміщення, контроль інтенсивності випромінювання, виконання вимог до персоналу);
- організаційно-технічні заходи (захист відстанню, часом, екранування, використання засобів індивідуального захисту);
- санітарно-гігієнічні заходи.

Методика розрахунку екранування наведено у розділу 5.4 (приклади 16 – 19).

Ультразвук часто використовують при обробці розплаву стали, виплавленої в електропечі. Основні методи захисту від ультразвуку:

- підвищення робочої частоти;
- використання звукоізолюючих кожухів або екранів;
- виключення контакту рук робітників з ультразвуковим інструментом;
- установка технологічних частин ультразвукових установок у звукоізолюючих кабінах.

Іонізуючі випромінювання - радіоактивні ізотопи застосовують у доменному виробництві як індикатори:

- для визначення рівня матеріалу в закритих ємностях (шихти в бункерах, а шахті печі й т.д.),
- контролю якості металу, зварених швів, місць з'єднання;
- контролю за ходом технологічного процесу: визначення змісту фосфору, сірки, кальцію в металі й шлаках, зношування вогні завзятої футеровки, руху шихти й газів у доменних печах.

Для захисту від радіоактивних ізотопів необхідно передбачати індивідуальний радіаційний захист, що обмежує контури самого джерела випромінювання - використання контейнерів для ослаблення іонізуючих ви-

промінювань і забезпечення радіаційної безпеки навколишнього робочого простору:

- вживати додаткових заходів захисту від впливу високих температур на ампули з радіоактивним ізотопом (застосування водоохолоджуваних контейнерів);

- введення ампул з радіоактивними препаратами в доменну піч і закладку джерел у вимірювальні прилади необхідно робити швидко й пристосуваннями з довгими ручками;

- встановлювати екрани для захисту від прямого або неухважного. випромінювання у вигляді контейнерів, щитів і т.д. Товщину екрана розраховувати залежно від виду випромінювання [17];

- у місцях установки приладів з радіоактивними ізотопами вивішувати попереджуючі плакати й знаки;

- доменні шлаки, забруднений радіоактивними ізотопами, варто виводити у відвал;

- видалення радіоактивної футеровки робити в спеціальні контейнери з герметичними кришками. Концентрація радіоактивних речовин у футеровці повинна бути перевірена дозиметрами. При перевищенні припустимих норм футеровку потрібно поховати у могильниках як радіоактивні відходи.

У металургії струми високої частоти застосовуються при термообробці в прокатному виробництві при перемішуванні розплавленого чавуну по електромагнітному жолобі в доменному виробництві а також у інших випадках Основними заходами щодо захисту від електромагнітних полів є:

- екранування установок високої частоти екранами (метал товщиною не менш 0,5 мм) з високою електропровідністю; захисні екрани необхідно ретельно закрити;

- обмеження часу перебування працюючих поблизу установок;

- розміщення приладів керування на значній відстані від установок;

- обладнання устаткування високочастотних установок світловою сигналізацією, що сповіщає про включення установки.

**Для захисту від теплового випромінювання** в металургійному виробництві використовують наступні заходи [8, 17, 23]:

- теплоізоляція агрегатів;

- захист відстанню;

- екранування робочих місць або джерел випромінювання;

- використання повітряного душення;

- використання засобів індивідуального захисту;

- раціональний режим праці та відпочинку.

Вихідними даними для вибору й розрахунку захисту від теплових потоків на робочих місцях і оптимальному розташуванні постів (пультів) керування є значення максимальної інтенсивності теплових випромінювань (табл. 3.2) [23]

Таблиця 3.2 – Ефективність (Пе), умови і місце встановлення теплозахисних екранів

Екрани	Конструктивні елементи	Пе, %	Умови застосування		Місце встановлення
			Інтенсивність випромінення, кВт/м <sup>2</sup>	Температура, К	
Глухі непрозорі тепловідбивні екрани	Екран-панель з альфолію на сітці, рамі, азбофанері, шифері (2-4 шару з повітряними прошарками 15 мм)	50	3,5-7	1120	Гарячі стінки і відкриті джерела
	Екран з алюмінієвих аркушів ординарних	85	0,7-3,7	1070	Те ж
	Екран з алюмінієвих аркушів подвійний із природно вентиляваним повітряним прошарком	90	2-5,6	1270	Стіни кабін і постів керування
Глухі полупрозорі тепловідвідні	Екрани з металевої сітки, що зрошуються водою	75	0,7-5	1370	Прокатне поле, прорізи печей
	Завіси піною, що зрошуються водою	80	0,7-8,5	1470	Те ж
	Екрани з металевої сітки з осередком 3х3 мм	35	0,35	1070	Прокатне поле, прорізи печей
Глухі полупрозорі теплопоглинаючі	Завіси пінні Стекло, армоване металевою сіткою	60	0,7-5	1270	Те ж
		70	0,7-5	1270	Те ж

Продовження таблиці 3.2

Глухі прозорі тепловідвідні	Завіса плівкова водяна по склу	92	0,35-1,75	1170	Пости пультавщиків
	Завіса водяна без скла зливна	90	0,35-3,5	1170	Прорізи печей
	Екран акваріальний	93	0,7-2,0	1570	Прорізи пультавщиків
Глухі прозорі теплопоглинаючі	Скло загартоване одинарне	63	0,7-1,5	1270	Кабіни постів керування
	Скло загартоване подвійне з повітряно вентиляльованим прошарком розміром 20-40 мм	79	1,5-2,0	1270	Кабіна завалочної машини
	Скло подвійне з повітряним прошарком	67	1,5-2,0	1070	Кабіни, пости
	Оргскло товщиною 6-8 мм	70	3,5-5	До 1370	Кабіни, пости

Пульты керування заслінками або машинами варто розташовувати не ближче 5 м від джерела теплового випромінювання. Стіни печей рекомендується екранувати алюмінієвим листом товщиною 1,5-2,0 мм. Оглядовий проріз у пультів керування захищається сталевією сіткою з осередком 2x2 мм, що знижує інтенсивність опромінення на 50 %, а два слоя – на 75 %. Обшивання поруччя й площадок у пультів керування сталевим або алюмінієвим листом дозволяє в 2 рази знизити інтенсивність теплового опромінення на робочому місці; подвійний алюмінієвий лист із відкритим повітряним прошарком дозволяє знизити інтенсивність опромінення в 5-6 разів.

При інтенсивності опромінення огороження від 0,3 до 2,8 кВт/м<sup>2</sup>, стіни постів керування варто захищати гофрованими алюмінієвими екранами. При інтенсивності опромінення огорожень більше 2,8 кВт/м<sup>2</sup> варто використовувати подвійні алюмінієві екрани з відстанню між ними 30-50 мм.

Оглядові прорізи постів керування закривають склом. Подвійне загартоване скло варто застосовувати в постах керування при інтенсивності опромінення до 0,7 кВт/м<sup>2</sup>. Такі пости керування можуть бути розташовані біля технологічних ліній будь-яких прокатних цехів. При постійній або пе-

ріодичній інтенсивності опромінення, що досягає  $10,5 \text{ кВт/м}^2$ , і температурі джерела  $1200^\circ\text{C}$  (наприклад, пости керування біля головної частини технологічних ліній прокатних цехів та біля печей) рекомендується застосовувати сине загартоване скло, зі світлопропусканням 40-50 %.

При інтенсивності опромінення понад  $10,5 \text{ кВт/м}^2$  (пости керування в безпосередній близькості біля печей або розплавленого металу – кабіни кліщових та пратцен-кранів) варто застосовувати подвійне загартоване скло і вентиляцією їх з вільним виходом повітря.

Органічні стекла в оглядових прорізах постів керування можуть використовуватися при інтенсивності теплового опромінення не вище  $3,5 \text{ кВт/м}^2$ . Такі пости керування можуть перебувати а прокатних цехах уздовж технологічної лінії, на холодильниках у сортопрокатних цехах, у мартенівських та електросталеплавильних цехах.

У доменних цехах пост керування електропушкою та бурмашиною доменної печі повинен знаходитися біля стіни ливарного двору. Оглядові прорізи захищають органічним склом  $\delta = 19 \text{ мм}$  і сталочним пересувним екраном. Дублюючий пульт керування електропушкою і бурмашиною варто розташовувати біля доменної печі й обгороджувати цегельною стінкою. Оглядовий проріз захищати двома сталевими сітками, що переміщуються в пазах.

При обслуговуванні дугових сталеплавильних печей необхідно при скачуванні шлаків застосовувати пересувні екрани; пульт керування машинами розташовувати на відстані не менш 5 м від печі й екранувати поруччя майданчиків для спостереження за технологічним процесом. Оглядові прорізи завалочних машин захищати сталюю сіткою й загартованим склом, кабіни кранів – органічним склом.

Нормативні вимоги до рівнів теплового випромінювання наведено в табл. Б.7 додатка Б. У табл. Б.8 додатка Б наведено рекомендації щодо вибору заходів захисту від теплового випромінювання.

Методика розрахунку екранів різних типів наведено у розділі 5.2: металеві екрани (приклади 5 – 8), прозорі екрани (приклад 9), водяні екрани (приклад 10).

Нормативні вимоги до душування наведено в табл. Б.12 додатка Б. Методика розрахунку душування наведено у розділі 5.1 приклад 3.

Нормативні вимоги до режиму праці та відпочинку наведено в табл. Б.9 – Б.11 додатка Б.

### **Організація освітлення приміщень**

Нормативні вимоги до освітлення виробничих приміщень наведено у таблицях Д.1 – Д.2 додатка Д (ДБН В.2.5-28-2006). Рекомендації до освітлення приміщень металургійних виробництв наведено у таблиці Д.5 додатка Д. Освітленість пультів управління повинна складати по ГОСТ 12.2.072-82 не менше 400 лк.

Методика розрахунку природного освітлення наведено у літературі [2, 5, 18].

Методика розрахунку загального освітлення методом використання світлового потоку наведено у розділі 5.5 [18, 19]: виробничого приміщення (цеху) у прикладі 20, пульта управління у прикладі 21. Методика розрахунку місцевого освітлення та освітлення вертикальних й нахилених поверхонь точковим методом [5, 19] наведено у прикладі 22. Методика розрахунку комбінованого освітлення наведено у літературі [19].

При розрахунках висоти підвісу  $h$  необхідно враховувати технологічну необхідність підвісу, тобто пересування крана, пронос деталей і устаткування. З погляду зручності обслуговування й безпеки, висоту підвісу приймають не більше 5 м [21].

Вибір типу розрахунків захисних пристроїв, найбільш важливих для забезпечення нормативних умов щодо виробничої санітарії, узгоджується з консультантом з охорони праці. Розрахунок пристрою наводиться за схемою, яка наведена у розділі 1. Кожний студент повинен виконати не менш одного розрахунку захисного пристрою.

#### **4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ТЕХНІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

Заходи щодо технічної безпеки включають наступні питання:

- заходи щодо забезпечення безпеки обладнання, в тому числі засоби захисту, кольори та знаки безпеки;
- заходи щодо забезпечення безпеки технологічних процесів, в тому числі охорона навколишнього середовища;
- вимоги до пульта керування;
- електробезпека;
- пожежна та вибухова безпека.

##### **Заходи щодо забезпечення безпеки обладнання**

Нормативні вимоги до безпеки обладнання наведено у ГОСТ 12.2.003-91 і літературі [9, 22]. Особливості забезпечення безпеки обладнання у металургійному виробництві наведено у НПАОП 27.0-1.01-87, НПАОП 27.1-1.03-97, НПАОП 27.1-1.11-89, НПАОП 27.1-1.46-69, НПАОП 27.2-1.06-87, НПАОП 27.35-1.05-97, НПАОП 27.5-1.15-97, НПАОП 28.0-1.12-60 (назви див. додаток А) і літературі [3, 6, 11, 12, 16, 20, 24].

Загальні вимоги безпеки встановлені ГОСТом 12.2.003-91 ССБТ [24]. Відповідно до ГОСТ 12.2.003-91 безпека виробничого устаткування повинна забезпечуватися за рахунок наступних заходів:

- вибір принципу дії, схеми, елементів і відповідних матеріалів;
- застосування в конструкції устаткування засобів захисту;
- застосування в конструкції засобів механізації, автоматизації і дистанційного керування;
- виконання ергономічних вимог;
- включення вимог безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування і збереження.

Застосування в конструкції машин засобів захисту – один з основних у даний час напрямів із забезпечення безпеки. Класифікація засобів захисту:

- огорожувальні засоби;
- запобіжні засоби;
- засоби автоматичного контролю і сигналізації, у тому числі кольори і знаки безпеки;
- засоби дистанційного керування;
- спеціальні засоби.

**Огороджувальні** пристрої служать для запобігання влучення людини в небезпечну зону. Вони можуть бути стаціонарними та переносними. Стаціонарні огорожувальні пристрої використовують для огороження майданчиків обслуговування технологічних агрегатів, рухливих і обертових частин механічного встаткування. Огороження можуть бути суцільними або сітчастими. Товщина огорожень із листової сталі, приймається 0,8 мм, з листового алюмінію – не менш 2 мм. Біля частин, що рухаються, огороження повинне бути висотою не менш 1,7 м.

У доменному виробництві необхідно передбачати огороження сталевими аркушами рейок і мостів скіпових підйомників доменної печі; міцними ґратами варто обгороджувати місця посадки скіпа.

У прокатному виробництві на станах необхідно обгороджувати наступне устаткування:

- сполучні шпинделі, муфти й корінні вали прокатних станів – щитами й кожухами;
- батоги й калібри валків станів ливарного типу;
- рольганги й плити на сортових станах – високими бортами для захисту від ударів розкатом;
- валки на станині – сітчастими щитами або густими ланцюгами для захисту від відстаючих часток окалини й осколків металу.

Для захисту операторів від окалини, що відлітає, необхідно передбачити заскління пультів керування з небиткого скла, армованого скла або захист стекол густими металевими сітками.

**Запобіжні захисні засоби** призначені для автоматичного відключення агрегатів і машин при відхиленні якого-небудь параметра, що характеризує режим роботи устаткування, за межі припустимих значень. Відповідно до ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов» запобіжні пристрої за характером дії підрозділяють на блокувальні й обмежувальні.

Блокувальні пристрої перешкоджають проникненню людини в небезпечну зону або на час перебування його в цій зоні усувають небезпечний фактор. Використовують наступні блокування:

- механічні (зв'язки захисного огороження з гальмами, що зупиняють машину при знятті огороження). Блокуванням варто обладнати електропушку для забивання льотки доменної печі, що виключає травми рук при закиданні в завантажувальний отвір гармати стрічкової маси. Для ви-



ключення можливості пуску стану при відсутності огороження муфт і шпинделів після ремонту, необхідно влаштовувати автоблокування, що автоматично відключає стан при відсутності огороження, встановленого на певному місці;

- електричні (в огороження електроустановки встановлений кінцевий вимикач, що відключає електроустановку при відкритті огороження);
- пневматичні блокування подачі газу в піч; вони призначені для відключення подачі газу, якщо зменшилася або припинилася подача повітря.

У результаті виключається утворення вибухонебезпечної суміші.

Обмежувальні пристрої за конструктивним виконанням підрозділяють на муфти, штифти, клапани, шпонки, мембрани, пружини, сильфони і шайби. Призначення – відключення устаткування при перевантаженнях. Спрацьовування слабкої ланки призводить до зупинки машини на аварійних режимах, що дозволяє виключити поломки, руйнування і, отже, травматизм. Наприклад, для виключення самовільного пуску механізмів після відновлення подачі току застосовують нульовий захист. Так, на машині для футеровки конвертора при переході на керування з пульта оператор в якості ключа-бірки, що дозволяє проведення робіт, отримує з'ємну рукоятку ключа керування з пульта на порталі машини. Рукоятка ключа може бути знята лише при знаходженні в нульовому положенні.

**Засоби автоматичного контролю і сигналізації.** Наявність контрольно-вимірювальних приладів – одне з умов безпечної і надійної роботи устаткування. Пристрої автоматичного контролю і сигналізації підрозділяють за:

- призначенням – на інформативні, попереджуючі, аварійні і відповідні;
- характером сигналу – на звукові, світлові, кольорові, знакові й комбіновані;
- характером подачі сигналу – на постійні та пульсуючі.

Ефективність використання засобів автоматичного контролю підвищується при об'єднанні їх із системами сигналізації. Звукова сигналізація служить для інформації персоналу про появу виробничої небезпеки. В якості звукової сигналізації використовують сирену, гудок, дзвінок. Сигнал повинен добре розрізнятися в умовах виробничого шуму; рекомендується звуковий сигнал із частотою до 2000 Гц.

ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ. «Цвета сигнальные и знаки безопасности» передбачає застосування чотирьох сигнальних кольорів: червоного, жовтого, зеленого і синього.

Встановлено чотири групи знаків безпеки ГОСТ 12.4.026-76 ССБТ «Цвета сигнальные и знаки безопасности»: що забороняють, наказують, попереджуючі та вказівні.

**Пристрої для дистанційного керування** устаткуванням дозволяють здійснювати контроль і регулювання його роботи з ділянок, досить вилучених від небезпечної зони, і тим самим вирішувати проблему безпеки праці (керування електроприводами конвертера з центрального та допомі-

жного постів керування, які розташовані поблизу конвертера; керування приводом тягнучої кліти машини безперервного лиття заготівель проводиться як з головного посту на розливочному майданчику так і з поста керування машини для різки злитка).

### **Заходи щодо забезпечення безпеки технологічних процесів**

Нормативні вимоги до безпеки виробничих процесів наведено у ГОСТ 12.3.002-75 і літературі [9, 22]. Заходи для забезпечення безпеки:

- вибір технологічного процесу і режиму роботи;
- вибір виробничого приміщення чи промислового майданчика;
- вибір виробничого устаткування, його розміщення й організація робочих місць;
- раціональний розподіл функцій між людиною й обладнанням;
- вибір способів збереження і транспортування вихідних матеріалів, заготівель, напівфабрикатів, готової продукції і відходів виробництва;
- професійний вибір і навчання працівників;
- включення вимог безпеки в нормативно-технічні документи.

Для попередження травматизму **при ремонтах** металургійного устаткування необхідно всіляко механізувати ремонтні роботи. Варто передбачати заміну вийшли з ладу агрегатів і встаткування вузлами, блоками або повністю агрегатами.

Перед ремонтом агрегати й устаткування повинні бути надійно відключені від електромереж. При цьому необхідно повністю виключити можливість передчасного включення в дію агрегатів, устаткування й комунікацій, що ремонтуються. Для цього потрібно відключати пристрої з дотриманням видимого розриву або застосовувати спеціальні блоки-замки.

При короткочасній зупинці агрегатів і устаткування для їхнього огляду і незначного ремонту варто замикати пускові пристрої на замок з передачею ключа особі, що відповідає за проведення ремонту, або застосовувати жетонну систему.

При ремонті газових пристроїв, що зв'язані з небезпекою отруєння і вибухів, необхідно суворо дотримуватися вимог, які встановлені правилами техніки безпеки в газовому господарстві металургійних заводів.

Для захисту від ушкодження голови варто користуватися запобіжними касками [12, 16].

Особливу увагу необхідно приділяти безпеці при **під'ємно-транспортних роботах**. Спеціальні металургійні крани (міксерні, магнітні й ін.) необхідно забезпечити засобами безпеки:

- обмежниками підйому й пересування крана ;
- огороженнями робочих площадок, що рухаються й обертаються частин крана, струмоведучих деталей;
- блокуваннями відкривання дверей;
- блокуванням вихідних люків на міст крана;
- звуковим сигналом.

Від правильної експлуатації кранів у великому ступені залежить безпека працюючих у прокатних цехах. Пратценкрани варто обладнати: спе-

ціальними захопленнями для металу, що виключають його падіння при транспортуванні; обмежниками висоти підйому вантажу й пересування крана та його вантажних візків; кінцевими вимикачами; огороженнями робочих майданчиків; частин крана, що рухаються й обертаються; блокуванням відкривання дверей в кабінку крана; звуковим сигналом.

Нормативні **вимоги до устрою будинків** та приміщень наведено у НПАОП 45.2-4.01-98, СН 245-71, СНіП 2.09.02-85, НПАОП 27.0-1.01-87 (назви див. додаток А).

**Вимоги до організації автоматичних ліній**, конвеєрів та застосування робототехнічних комплексів наведено у ГОСТ 12.2.072-82, ГОСТ 12.2.119-88 (назви див. додаток А).

При **організації робочих місць** керуються такими положеннями, що викладені в ГОСТ 12.2.061-81: конструкція робочого місця, його розміри і взаємне розташування його елементів (органів керування, засобів відображення інформації, крісел, допоміжного устаткування і т. п.) повинні відповідати:

- антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним даним людини;

- характеру роботи.

Конструкція робочого місця повинна забезпечувати:

- зручну робочу позу людини, що досягається регулюванням положення крісла, висоти і кута нахилу підставки для ніг при її застосуванні чи висоти і розмірів робочої поверхні;

- виконання трудових операцій у зонах моторного поля (оптимальної, легкої досяжності, досяжності) чи в залежності від необхідної точності і частоти дій. Визначення зони моторного поля виробляється відповідно до вимог ГОСТ 12.2.032-78 ГОСТ 12.2.033-78;

- стійке положення і волю рухів працюючого, безпеку виконання трудових функцій. Виключати чи допускати в рідких випадках короткочасну роботу, що викликає підвищену стомлюваність;

- раціональне розміщення технологічного й організаційного оснащення на робочому місці;

- необхідний огляд – засоби відображення інформації мають бути розміщені в зонах інформаційного поля робітника чи місця з урахуванням частоти і значущості інформації, що надходить.

Загальні ергономічні вимоги до пультів керування встановлені ГОСТ 23000-78 (див. додаток Е). До складу пульта керування, як правило, входять: панель керування, крісло, органи керування (ОК) і засоби відображення інформації (ЗВІ). Елементи пультів керування повинні задовольняти нормативним вимогам. При взаємному розташуванні елементів робочого місця оператора необхідно враховувати (ГОСТ 22269-76):

- робочу позу людини-оператора;

- простір для розміщення людини-оператора;

- можливість огляду елементів робочого місця;

- можливість здійснення всіх необхідних рухів і переміщень для екс-

платуації і технічного обслуговування устаткування;

- можливість забезпечення оптимального режиму праці і відпочинку.

При розташуванні засобів відображення інформації і органів керування на панелях пульта слід враховувати наступні основні чинники:

- пріоритет;

- угруповання в логічні блоки;

- взаємозв'язок між органами управління і засобами відображення інформації.

Засоби відображення інформації і органи управління на панелях пульта повинні бути розташовані таким чином:

- важливі і найчастіше використовувані ЗВІ і ОК — в межах оптимальної зони;

- аварійні — в легко доступних місцях, але не в оптимальній зоні;

- другорядні, періодично використовувані — не в оптимальних зонах, при цьому керуються в основному правилами угруповання і взаємозв'язку між ними.

Для правильної організації робочого місця необхідно вирішити наступні основні задачі :

- вибрати доцільне робоче положення (сидячи, стоячи );

- раціонально розмістити індикатори й органи керування відповідно до їх важливості і частоти використання в межах полю зору і зон досяжності;

- забезпечити оптимальний огляд елементів робочого місця;

- забезпечити відповідність конструкції робочого місця антропометричним, фізіологічним і психологічним характеристикам людини;

- забезпечити умови для короткочасного відпочинку оператора в процесі роботи.

Ергономічна оцінка пульта керування проводиться по наступних етапах [14,15]:

1) Загальний опис, що містить у собі коротку характеристику досліджуваного об'єкта: призначення пульта, основні задачі оператора (за якими параметрами він стежить, які регулює, з яких питань приймає рішення, послідовність виконання операцій; ведучі канали інформації (зоровий, слуховий), моторні дії (ручне, ніжне керування ), можливі аварійні ситуації і відмовлення, обмеження в роботі.

2) Оцінка умов праці на робочому місці, що дається на підставі зіставлення нормативних вимог (СН-245-71) з фактичними характеристиками виробничого середовища. Оцінюючи умови праці необхідно вказати, які несприятливі фактори можуть зустрітися на даному робочому місці, і дати рекомендації з усуненню шкідливого впливу середовища на роботу оператора (якщо воно є).

3) Антропометрична оцінка місця, коли варто оцінити фактичне робоче місце оператора і розробити його найбільш раціональну конструкцію. Необхідно вказати орієнтовне планування пульта керування, уточнити відповідність його розмірів, обсяг приміщення, висоту панелі, зони огляду ер-

гономічним вимогам. Вибір пози та положення оператора залежить від розмірів інформаційного поля і відстані від приборів до очей оператора.

При роботі з видаленням від панелі на 25-35 см поза сидючи є переважною. При видаленні на 35-60 см робота частіше виконується в позі стоячи, а понад 50 см – робота виконується тільки в позі стоячи. У випадку, якщо всі індикатори й органи керування можуть бути розміщені на фронтальній поверхні пульта його максимальні розміри, що визначені з урахуванням антропометричних характеристик людини, приведені в табл. 4.1.

Оцінка ЗВІ виробляється в наступному порядку:

1) Описуються загальний вид, розміри і розташування інформаційних панелей. На кресленні приводиться орієнтоване планування пульта. Уточнюється відповідність розмірів пульта, обсягу приміщення, висоти панелі, зони огляду ергономічним вимогам.

Відстань між оператором і розглянутою панеллю визначається співвідношенням:

$$l = \frac{S}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \quad (4.1)$$

де  $l$  - відстань від панелі до оператора, м;

$\alpha$  - кут огляду, град ( $\alpha = 30-40^\circ$ , допускається  $50-60^\circ$ );

$S$  - ширина, екрана, м;

Таблиця 4.1 – Розміри пультів керування фронтальної форми, мм

Параметри	При роботі сидючи	При роботі стоя	При роботі сидючи і стоя
Загальна висота пульта	700-1650 700-1650	1100-1180 1100-1800	1100-1800 1100-1800
Максимальна ширина	1500	1500	1500
Висота установки ЗВІ	850-1650	1100-1800	1400-1700
Висота установки ОК	600-1000	1000-1600	1000-1400
Висота стола	660-800	1000-1150	980-1050
Висота сидіння	380-500	-	760-840
Глибина пульта	320-550	320-550	320-550

2) Проводиться оцінка окремих приладів: їхнє призначення, характеристика (стрілочні, віконцеві, картинні);

3) Аналізується схема розташування приладів. Найбільш важливі з них у функціональному відношенні, а також прилади найбільш часто використовувані повинні знаходитися в центральному полі зору.

При оцінці органів керування необхідно показати їхнє призначення, кількість, відповідність розміщення органів керування робочим зонам, форму, колір, частоту включення і т.д.

На схемі необхідно вказати розташування найбільш важливих органів керування. При цьому врахувати, що найбільш важливі органи керування варто розташовувати попереду і праворуч від оператора в зоні досяжності правої руки (700x1100 мм). Глибина пульта не повинна перевищувати 300 мм. Висота пульта повинна бути в межах 750-850 мм, а кут нахилу його панелі до горизонтальної площини – у межах 10-20°. Місце на пульті для ведення записів розміром 1000x300x400 мм повинне бути розташоване безпосередньо перед оператором.

Розміри букв, що рекомендуються, у написах на пульті приведені в табл. 4.4

При розміщенні постів управління в закритих кабінах мінімальні внутрішні розміри кабіни по ГОСТ 12.2.072-82 повинні складати: висота – 2100 мм, ширина – 1700 мм, довжина – 2000 мм, ширина дверного отвору – 600 мм. Температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря і зміст шкідливих речовин в повітрі кабіни або приміщення, звідки ведеться управління комплексом, встановлюють по ГОСТ 12.1.005-88. У кабіну повинне подаватися повітря в кількостях не менше 30 м<sup>3</sup>/год на людину (СН 245-71). Точну кількість повітря, що подається в кабіну, визначають розрахунком (приклад 2 розділу 5.1). Інтенсивність променистого потоку, що поступає через оглядові вікна кабіни, не повинна перевищувати 1200 кДж/(м<sup>2</sup>·год) або 350 Вт/м<sup>2</sup>, а рівень звуку – 80 дБА.

*Таблиця 4.2 – Розміри букв , що рекомендуються, на пульті*

Відстань до ока, м	Розміри букв або цифр, мм	
	важливі надписи	звичайні надписи
0,7	2,5-5,0	1,2-4,0
1,0	3,3-6,6	1,5-4,0
2,0	6,6-12,0	3,3-10,0
6,0	22,0-43,0	11,6-33,0

### **Заходи з охорони навколишнього середовища**

У металургійному виробництві застосовують різноманітні технологічні процеси, що пов'язані з викидами шкідливих забруднюючих речовин у повітря та водний басейн. Враховуючи це, потрібно визначити основні джерела цих забруднень, її параметри з тим, щоб прийняти обґрунтовані рішення по знешкодженню або зниженню їхнього шкідливого впливу на довкілля [27, 25, 31].

Основними джерелами забруднення довкілля у металургійному виробництві є:

- металовідходи;
- пил;
- стічні води.

Металовідходи краще видаляти механізованим шляхом. Потім його сортирують, подрібнюють та брикетують.

Вибір методів та засобів очищення викидів шкідливих речовин здійснюється в залежності від фізико-хімічних характеристик речовин та специфічних особливостей технологічного процесу.

Викиди пилу в доменному виробництві з колошниковим газом складають до 50-100 кг/т. Для очищення колошникового газу рекомендується використовувати три ступеня: суху (циклони), мокру (зрошувані скрубери або труби Вентурі) і електрофільтри. Забруднення повітря відбувається і при грануляції шлаку. Для зв'язування сірчистих виділень необхідно передбачити закриті установки грануляції шлаку.

Для електросталеплавильних печей, гази яких містять дрібнодисперсний пил і можуть вибухати, очистку здійснюють мокрим способом у швидкісних пиловловлювачах з високонапорними трубами Вентурі та сухим способом у пластинчатих багатопільних електрофільтрах або тканинних рукавних фільтрах.

У прокатному виробництві боротьбу з запиленістю здійснюють здебільше гідрозливом окалини безпосередньо з поверхні прокатуваного металу, встановленням зонтів або відсмоктуючих повітроводів біля прокатних клітей у районі найбільшого виділення пилу. Покриття прокатних клітей з відсмоктуванням повітря та очисткою його в мокрих центробіжних циклонах застосовують на станах при прокатці металу зі спеціальних сталей, коли неприпустима подача води на поверхню металу для боротьби з пилом. У прокатних цехах газоочисне устаткування необхідно встановлювати в системах вентиляції від міжклітьових просторів і від моталки станів і холодної прокатки; машин вогневої зачистки металу, безперервних травильних агрегатів і ін.

У прокатних цехах газоочисне устаткування необхідно встановлювати в системах вентиляції від міжклітьових просторів і від моталки станів і холодної прокатки; машин вогневого зачищення металу, безперервних травильних агрегатів і ін.

Для очищення стічних вод крупних доменних печей застосовують радіальні відстійники з двома водозбірними лотками. Для очищення стічних вод підбункерних приміщень доменних печей використовують горизонтальні відстійники, відкриті гідроциклони з попереднім уловлюванням крупних частинок суспензії в пастках.

#### **Заходи щодо забезпечення електробезпеки**

Нормативні вимоги для забезпечення електробезпеки наведено у ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.009-76, ГОСТ 12.1.031-87, ГОСТ 12.1.038-81,

НПАОП 40.1-1.07-01, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП 40.1-1.21-98 (назви див. додаток А) і літературі [3, 7, 15, 28, 29]

Для забезпечення електробезпеки у відповідності з нормативними документами необхідно передбачити наступні засоби захисту:

- застосування малих напруг і захисне розділення мереж;
- застосування посиленої (подвійної) ізоляції;
- захисне заземлення і занулення корпусів електроустаткування і інших конструктивних елементів електроустановок, які можуть виявитися під напругою; металевих конструкцій, на яких встановлюється електроустаткування; приводів електричних апаратів; корпусів електричних машин; трансформаторів; устаткування, розміщеного на рухомих частинах верстатів, машин і механізмів;

- автоматичне захисне відключення частин електроустаткування і пошкоджених ділянок мережі, що випадково виявилися під напругою;

- всі неізольовані токоведучі частини електроустаткування, яке встановлене поза електричними приміщеннями, повинні мати суцільні огорожі, зняття або відкриття яких можливе при допомозі, спеціальних, ключів або інструментів;

- кабельні троси, прокладені усередині стін на робочих майданчиках доменних і електросталеплавильних печей, необхідно захищати від прямої дії розплавленого металу і шлаку.

Методика розрахунку захисного заземлення наведена у розділі 5.6.

#### **Заходи щодо забезпечення пожежної та вибухової безпеки**

Нормативні вимоги щодо забезпечення пожежної та вибухової безпеки наведено у ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.033-81, ГОСТ 12.1.044-89, ГОСТ 12.1.010-76, ОНТП 24-86, СНіП 2.01.02-85 (назви див. додаток А) і літературі [12, 20].

Методика визначення категорії приміщення з вибухово-пожежної та пожежної безпеки та визначення необхідної кількості вогнегасників наведена у прикладах 24, 25 підрозділу 5.7 [18].

Заходи пожежної профілактики включають:

- 1) систему попередження пожеж;
- 2) систему протипожежного захисту;
- 3) систему організаційно-технічних заходів.

У доменному виробництві вибухопожежонебезпечними ділянками є місця, де в трубопроводах і обладнанні знаходяться під тиском горючі гази (доменний, генераторний і ін.); газоочисне устаткування; установки для вдування вугільного пилу в доменні печі, а також відділення розподільно-дозувальні відділення.

Пожежна небезпека електросталеплавильного виробництва визначається наявністю в агрегатах горючих газів, застосуванням кисню, наявністю кабельного господарства, масляних трансформаторів, застосуванням горючих рідин. Велику пожежну небезпеку представляють екзотермічні суміші, вживані при виплавці якісних сталей.



Пожежна і вибухова небезпека прокатного виробництва визначається наступними чинниками:

- наявністю широко розвиненої мережі кабельного господарства, великої кількості масла в маслоемулсійних підвалах, мережі масляних гідроприводів;

- застосуванням горючих (вибухонебезпечних) газів в нагрівальних печах і колодязях, при різанні металу, вибухонебезпечний водень утворюється в травильних ваннах при обробці металу, вибухонебезпечного захисного газу при відпалі металу в безкисневому середовищі.

При проектуванні необхідно передбачати наступні заходи для попередження пожеж:

- пульти управління розливних машин, кабіни завалочних машин, і ін., що розташовані в безпосередній близькості від місця випуску розплавленого металу, і шлаку, повинні бути виконані з негорючого матеріалу, захищені металеву сіткою, зашклені теплопоглинаючим склом і мати не менше двох виходів;

- кабель електромеханізмів електроустаткування і пристрою гідроприводу у місць розливу металу, шлаку і в інших зонах підвищених температур повинні бути захищені від механічних пошкоджень, дії променистого тепла, а також від попадання на них бризок розплавленого металу і шлаку;

- при дробленні феросплавів, пил яких в зваженому стані є вибухо і пожежонебезпечним, видаляти пил від дробильних агрегатів;

- маслопідвали і кабельні тунелі в прокатному виробництві повинні бути закриті для запобігання попаданню в них з робочих майданчиків окалини, іскор і інших джерел запалювання.

Міжконусний простір колошника, бункер для пиловугільного палива, розподільна установка і пилопроводи обладнаються установками парового або газового гасіння. Для створення вогнегасного ефекту треба створити в обсязі приміщення, що захищається, концентрацію пари 35% і більш. Стаціонарною установкою пожежегасіння оснащується і пиловловлювач системи газоочистки для розведення вибухонебезпечного середовища і для усунення самозаймання пірофорних відкладень

Камери пічних трансформаторів обладнаються стаціонарними установками гасіння пожежі й автоматичною пожежною сигналізацією. Установка пожежегасіння повинна мати ручний дистанційний пуск. Пожежна сигналізація видає сигнал на пульт керування піччю н у пожежне депо. Для гасіння пожеж на трансформаторах у електросталеплавильних цехах застосовують повітряно-механічну піну.

Для гасіння пожеж у кабельних приміщеннях застосовують водяні перфоровані сухотруби і внутрішні пожежні крани. В якості пересувних засобів гасіння застосовуються вуглекислотні вогнегасники ємністю не менш 40 л. Застосовуються також вуглекислотні причепи (ОУ-400), на яких змонтовані 8 балонів ємністю по 50 л (табл. 4.3).

Для гасіння пожеж у маслоподвалах застосовують пар і повітряно-механічну піну.

Таблиця 4.3 – Норми первинних засобів пожежогасіння

Найменування приміщення	Величина виміру	Пінні вогнегасники, шт.	Вуглекислотні		Ящики з піском $V=0,5\text{м}^3$ і лопатою
			ОУ-5 ОУ-8	П-1м УП-2м	
Прокатні цехи, $\text{м}^2$	4000	4	2	-	4
Доменні цехи	На одну домну	1	6	-	4
Електросталеплавильні цехи, $\text{м}^2$	2000	2	2	1	2
Пости керування прокатних станів доменних печей і інших металоплавильних агрегатів	на одне приміщення	-	5	-	1

### Безпека газонебезпечних робіт

До газонебезпечних відносяться роботи, що виконуються в місцях із загазованою атмосферою та роботи, при виконанні яких можливе виділення отруйних або вибухонебезпечних газів, які викликають отруєння робочих або руйнівні вибухи, а також пожежі.

Газонебезпечні роботи в доменному виробництві пов'язані з газоочисними спорудженнями, з ремонтними роботами на доменній печі де є в обігу доменний, генераторний, коксовий, природний газ. У прокатних цехах небезпека вибухів виникає при сушінні нагрівальних печей коксовим або природним газом, при пуску газу в нагрівальні колодязі і печі. Це сполучено також з можливістю виходу газу в цех отруєнням людей окисом вуглецю.

Для попередження вибухів газу необхідно передбачати наступні заходи [3, 12,]:

- усунення можливості змішування пального газу з повітрям у вибухонебезпечних межах;
- видалення розпечених предметів та джерела вогню й іскор від газових об'єктів, що містять вибухову суміш, а також запобігання її запалення;
- розведення вибухової газоповітряної суміші паром або інертними газами.

## 5 МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКІВ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ

### 5.1 Вентиляція виробничих приміщень

Основним заходом з оздоровлення повітря робочої зони є вентиляція. Розрахунок механічної вентиляції виробничого приміщення здійснюють за різними принципами [2, 4, 18, 19, 23, 25, 26]. Найбільш поширеними в машинобудуванні є розрахунки по виділенню теплових надлишків (приклад 1) та по кількості робітників в приміщенні (приклад 2). Розрахунок місцевої витяжної вентиляції докладно наведено у літературі [4, 18, 19, 23]. Розрахунок місцевої припливної вентиляції (повітряні душі, повітряні та повітряно-теплові завіси) наведено у літературі [18, 23]. Розрахунок повітряного душування наведено у прикладі 3. Розрахунок природної вентиляції наведено у літературі [5, 18] та у прикладі 4. Кондиціонування повітря наведено у літературі [18].

**Приклад 1.** Розрахувати необхідний повітрообмін прокатного цеху. У цеху встановлене устаткування, загальна потужність якого 170 кВт, середня потужність одного електродвигуна не перевищує 10 кВт. Коефіцієнт завантаження електродвигунів – не менш 0,8. У цеху працюють 60 чоловік, категорія робіт з важкості – Пб (вага деталі не перевищує 10 кг). Приміщення освітлюється 20 лампами потужністю 700 Вт, висота приміщення 7 м. Розрахунок зробити для періоду року із середньою температурою - 10°C.

**Розв’язання.** Розрахунок вентиляції прокатного цеху необхідно робити по виділенню теплових надлишків, тому що в місцях виділення шкідливих речовин повинна бути організована система місцевої вентиляції. Кількість повітря, яку необхідно подавати вентиляцією, м<sup>3</sup>/с, визначають за формулою:

$$L = \frac{Q}{C \rho (t_{\text{вих}} - t_{\text{пр}})}, \quad (5.1)$$

де  $Q$  – кількість теплоти, яка виділяється всіма джерелами, кВт;

$t_{\text{вих}}$ ,  $t_{\text{пр}}$  – температура повітря, що виходить та припливає, °C;

$\rho$  – густина повітря при температурі  $t_{\text{пр}}$ , кг/м<sup>3</sup>;

$C$  – теплоємність повітря при температурі  $t_{\text{пр}}$ , кДж/(кг·К).

Властивості повітря залежно від його температури  $t_{\text{пр}}$  визначають за даними табл. 5.1. За температуру повітря, що припливає, приймають середнє значення температур повітря для розглянутого періоду року.

Таблиця 5.1 – Фізичні властивості повітря

Температура, °С	Теплоємність, кДж/(кг·К)	Густина, кг/м <sup>3</sup>
- 20	1,009	1,395
- 10	1,009	1,342
0	1,005	1,293
10	1,005	1,247
20	1,005	1,205
30	1,005	1,165
40	1,005	1,128

Температуру повітря, що виходить з приміщення, визначають виходячи з необхідного значення температури робочої зони:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{р.з}} + \Delta t (H - 2), \quad (5.2)$$

де  $t_{\text{р.з}}$  – температура повітря робочої зони, °С (вибирають відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042–99 та ГОСТ 12.1.005–88 залежно від категорії робіт з важкості й періоду року по табл. Б.1 додатка Б);

$H$  – висота приміщення, м;

$\Delta t$  – градієнт збільшення температури по висоті (приймає значення в інтервалі 0,5 - 1,5), °С/м.

Якщо категорії робіт з важкості невідома, визначення її здійснюють за допомогою табл. Б.3 додатка Б.

Температура повітря робочої зони, відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042–99 та ГОСТ 12.1.005–88 для категорії робіт з важкості Пб для холодного періоду року (середня температура повітря - 10°С) становить 18°С. Тоді температура повітря, що виходить з приміщення, становить:

$$t_{\text{в}} = 18 + 1,0 \cdot (7 - 2) = 23^{\circ}\text{С}.$$

Властивості повітря, що припливає, при температурі - 10°С визначаємо за даними табл. 5.1:

$$\rho = 1,342 \text{ кг/м}^3, \quad \tilde{c} = 1,009 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

Основними джерелами виділення тепла в прокатних цехах є [16]:

– тепловиділення обладнання;

- тепловиділення від ламп штучного висвітлення;
- тепловиділення від працюючих людей;
- тепловиділення від сонячної радіації.

Тепловиділення від обладнання, кВт, залежать від потужності встановлених електродвигунів, ступеня її використання, умов роботи обладнання і визначаються за формулою

$$Q = N k_{\text{заг}} k_{\text{од}} \eta_1^{-1}, \quad (5.3)$$

де  $N$  – номінальна потужність електродвигунів, кВт;

$k_{\text{заг}}$  – коефіцієнт завантаження електродвигунів (0,5 – 0,8);

$k_{\text{од}}$  – коефіцієнт одночасної роботи (0,5 – 1,0);

$\eta_1$  – коефіцієнт корисної дії при даному завантаженні.

Коефіцієнт корисної дії при даному завантаженні визначається за формулою

$$\eta_1 = \eta k_{\text{п}}, \quad (5.4)$$

$k_{\text{п}}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує повноту завантаження (при коефіцієнті завантаження, більшому або рівному 0,8, поправочний коефіцієнт дорівнює 1, при менших значеннях визначається по каталогах);

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії електродвигуна при повнім навантаженні, визначається по каталогах або за даними табл. 5.2.

*Таблиця 5.2 – Залежність коефіцієнта корисної дії електродвигуна від його номінальної потужності, кВт*

N	Менше 0,5	0,5...5	5...10	10...28	28...50	Більше 50
$\eta$	0,75	0,84	0,85	0,88	0,9	0,92

Кількість тепла, що виділяється від верстатів, визначаємо за формулами (5.3), (5.4) і даним табл. 5.2:

$$Q = 170 \cdot 0,8 \cdot 0,7 / 0,85 = 112 \text{ кВт}.$$

Кількість тепла, що виділяється від працюючих людей, Вт, визначають за формулою:

$$Q = nq, \quad (5.5)$$

де  $q$  – тепловиділення однієї людини, Вт/люд.;

$n$  – кількість працюючих людей, люд.

Тепловиділення однієї людини приймаємо рівним 80 Вт. Тоді кількість тепла, виділюваного працюючими людьми, становить 4,8 кВт.

Кількість тепла, що виділяється джерелами штучного освітлення, Вт, визначають за формулою:

$$Q = PE, \quad (5.6)$$

де  $P$  – потужність ламп із урахуванням їх кількості, Вт;

$E$  – коефіцієнт, що враховує втрати тепла (0,55).

Кількість тепла, виділюваного джерелами штучного освітлення, відповідно дорівнює:

$$Q = 700 \cdot 20 \cdot 0,55 = 7700 \text{ Вт} = 7,7 \text{ кВт}.$$

Тепловиділення від сонячної радіації, Вт, визначають за формулою:

$$Q = m S k Q_c, \quad (5.7)$$

де  $m$  – кількість вікон;

$S$  – площа одного вікна,  $\text{м}^2$ ;

$k$  – коефіцієнт, що враховує скління віконних прорізів (для подвійного скління дорівнює 0,6);

$Q_c$  – тепло, що надходить від одного вікна,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

У нашому випадку виділеннями тепла від сонячної радіації (холодний період року) ми можемо зневажити.

Кількість повітря, яке необхідно подавати вентиляцією, визначаємо за формулою (5.1)

$$L = \frac{112 + 4,8 + 7,7}{1,009 \cdot 1,342 (23 - (-10))} = 2,8 \text{ л}^3 / \text{л}.$$

Розрахована система вентиляції забезпечить виконання нормативних вимог з якості повітря робочої зони.

**Приклад 2.** На пульті керування (приміщення, де відсутні джерела виділення шкідливостей) працюють одночасно 4 оператора. Робота пов'язана з використанням ПЕОМ. Розміри приміщення:  $A = 6 \text{ м}$ ,  $B = 3 \text{ м}$ ,  $H = 3,2 \text{ м}$ , устаткування займає 15 % об'єму. Визначити найменшу необхідну кількість повітря для вентиляції.

**Розв'язання.** Для приміщень, в яких відсутні виділення шкідливостей, розрахунок вентиляції здійснюється залежно від кількості працюючих.

Необхідна кількість повітря ( $\text{м}^3/\text{год.}$ ), яка забезпечує відповідність параметрів повітря робочої зони нормованим значенням, визначається за наступною формулою

$$L = L' \cdot N, \quad (5.8)$$

де  $L'$  – нормативна кількість повітря на одного працюючого, яка залежить від питомого об'єму приміщення,  $\text{м}^3/(\text{год.} \cdot \text{люд.})$ ;

$N$  – кількість працюючих.

Питомий об'єм приміщення  $V_n$ , ( $\text{м}^3/\text{люд.}$ ), визначається за формулою

$$V_n = V / N, \quad (5.9)$$

де  $V$  – об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ .

Величина нормативної кількості повітря на одного працюючого  $L'$  визначається за таблицею Б.5 додатка Б.

Визначаємо вільний об'єм приміщення

$$V = A \cdot B \cdot H \cdot 0,85 = 6 \cdot 3 \cdot 3,2 \cdot 0,85 = 49 \text{ м}^3.$$

Питомий вільний об'єм складає

$$V' = V / N = 49 / 4 = 12,2 \text{ м}^3 / \text{люд.} < 20 \text{ м}^3 / \text{люд.}$$

Нормована кількість повітря на одну людину за табл. Б.5 при  $V' < 20 \text{ м}^3/\text{люд.}$  становить  $30 \text{ м}^3/(\text{год.} \cdot \text{люд.})$ .

Найменша необхідна кількість повітря для вентиляції:

$$L = L' \cdot N = 30 \cdot 4 = 120 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахована система вентиляції забезпечить виконання нормативних вимог з якості повітря робочої зони.

**Приклад 3.** Розробити заходи щодо охорони праці желобщиків доменної печі. Інтенсивність випромінювання складає  $700 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Температура повітря в робочій зоні  $25^\circ\text{C}$ . Категорія робіт Іа. Період року – холодний.

**Розв'язання.** Інтенсивність випромінювання на даному робочому місці значно перевищує нормативне значення (табл. Б.7 додатку Б). Основними заходами щодо охорони в даному випадку є (табл. Б.8 додатку Б):

- раціональний режим праці (табл. Б.9 –Б.11 додатку Б);
- використання ЗІЗ [3, 8, 12];
- застосування душування (табл. Б.12 додатку Б).

З урахуванням специфіки металургійного виробництва найбільш доцільно використовувати душення з подачею охолодженого повітря або суміші води та повітря [8, 25].

Розрахуємо систему душення [23]. Мета розрахунку – визначення необхідної швидкості повітря на виході з патрубку та витрати повітря виходячи з умови забезпечення нормативних параметрів мікроклімату.

Спочатку визначаємо відношення різниць температур:

$$D_0 = \frac{t_{\text{д.ц}} - t_{\text{нн}}}{t_{\text{д.ц}} - t_0}, \quad (5.10)$$

$t_{\text{р.з}}$  – температура повітря в робочій зоні;

$t_{\text{норм}}$  – нормативне значення температури на робочому місці (табл. Б.1 додатку Б);

$t_0$  – температура повітря на виході з патрубку, що душує (табл. Б.12 додатку Б).

Залежно від значення  $P_T$  вибираємо формули для розрахунку площі патрубку, що душує,  $F_0'$  та швидкості повітря на виході з патрубку  $v_0$  за допомогою табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахункові формули [23]

Значення $P_T$	Площа душуючого патруб-ка	Швидкість повітря на вихо-ді з патрубку
Менше 0,6	$F_0' = \left( \frac{P_T x}{0,6n} \right)^2$ ;	$v_0 = \frac{v_{\text{нн}} x}{x_1}$ ;
0,6 – 1,0	$F_0' = \left( \frac{x + 5,3P_T - 3,2}{0,75n} \right)^2$ ;	$v_0 = \frac{v_{\text{нн}}}{0,7 + 0,1(0,8m\sqrt{F_0} - x)}$ ;
1,0 та більше	$F_0' = \left( \frac{x}{0,8m} \right)^2$ ;	$v_0 = \frac{v_{\text{нн}}}{0,7}$ .

Примітка. Позначення в формулах:  $x$  – відстань від патрубку до робочого місця, м;  $x_n$  – довжина початкової ділянки струменя по швидкості руху, м;  $v_{\text{нн}}$  – нормативна швидкість повітря на виході з патрубку (табл. Б.12 додатку Б);  $m$ ,  $n$  – коефіцієнти, які залежать від типу патрубку (табл. 5.4);  $F_0$  – стандартній розмір площі патрубку (табл. 5.4).

Оптимальне нормативне значення температури на робочому місці для категорії робіт Па та холодного періоду року – 22°C (табл. Б.1 додатку Б). Температура повітря на виході з душуючого патрубку при швидкості



повітря на виході з патрубку 1 м/с становить 22°C (табл. Б.12 додатку Б). Знаходимо відношення різниць температур за формулою (5.10). Воно становить:

$$\frac{\Delta T_0}{\Delta T} = \frac{25 - 22}{25 - 22} = 1.$$

За допомогою табл. 5.3 вибираємо розрахункові формули. Для визначення коефіцієнту  $m$  вибираємо тип патрубку (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Характеристики душуючих патрубків [23]

Тип патрубку	Область використання	n	m	Модель	Площа перерізу, м <sup>2</sup>
ППД	Фіксовані робочі місця	4,5	6,3	ППД-5	0,20
				ППД-6	0,31
				ППД-8	0,50
				ППД-10	0,78
ПДв	Майданчики	4,0	5,5	ПДв-3	0,14
				ПДв-4	0,23
				ПДв-5	0,36
ПДи	Майданчики	2,8	4,0	ПДи-3	0,14
				ПДи-4	0,23
				ПДи-5	0,36
ВГК	Група постійних робочих місць	6,2	5,1	ВГК-1	0,32
				ВГК-2	0,64
				ВГК-3	1,28
				ВГК-4	2,56

Для душування площадки навколо печі вибираємо патрубок типу ПДв, який розташовано на відстані 2 м від площадки.

Розраховуємо площу душуючого патрубку за формулою з табл. 5.3 при  $P_T=1$ :

$$F'_0 = \left( \frac{x}{0,8m} \right)^2 = \left( \frac{2}{0,8 \cdot 5,5} \right)^2 = 0,21 \text{ м}^2.$$

Приймаємо до установки найближчий більший розмір (табл. 5.4) – ПДи-4,  $F_0 = 0,23 \text{ м}^2$ .

Розрахуємо довжину початкової ділянки струменя по швидкості руху

$$x_1 = 0,7m \sqrt{F_0} = 0,7 \cdot 5,5 \cdot \sqrt{0,23} = 1,85 \text{ м}.$$

Швидкість повітря на виході з патрубка приймають або визначають: при  $x < x_t$   $v_0 = v_{\text{н\ddot{o}i}}$ , при їдє  $x > x_t$   $v_0$  визначають за формулами табл. 5.3.

В нашому випадку їдє  $x = 2 > x_t = 1,85$  швидкість повітря на виході з патрубка складає (табл. 5.3):

$$v_0 = \frac{v_{\text{н\ddot{o}i}}}{0,7} = \frac{1}{0,7} = 1,4 \text{ м/с}.$$

Визначаємо розрахункову кількість повітря на один патрубок ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) за формулою

$$L_0 = F_0 v_0.$$

В нашому випадку кількість повітря на один патрубок складає  $0,322 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Перевіряємо довжину початкової ділянки струменя по температурі

$$x_t = 0,6n \sqrt{F_0} = 0,6 \cdot 4,0 \sqrt{0,23} = 1,15 \text{ м}.$$

Температуру повітря на виході з патрубка приймають або визначають: при  $x < x_t$   $t_{\text{ox}} = t_{\text{н\ddot{o}i}}$ , їдє  $x > x_t$   $t_{\text{ox}}$  визначають за формулою

$$t_{\text{ox}} = t_{\text{д.с}} - \frac{x(t_{\text{д.с}} - t_{\text{н\ddot{o}i}})}{x_t},$$

але не нижче  $t_0$ . Якщо ця умова не виконується, то потрібно змінити конструктивні характеристики, наприклад змінити відстань від патрубку до робочого місця.

В нашому випадку (їдє  $x = 2 > x_t = 1,15$ ) температуру повітря визначаємо за формулою

$$t_{\text{ox}} = 25 - \frac{2(25 - 22)}{1,15} = 20 < t_0.$$

Умова з температури не виконується, тому змінюємо відстань від патрубку до робочого місця від 2 до 1 м.

Розраховуємо площу душуючого патрубку за формулою з табл. 5.3 при  $P_T=1$ :

$$F'_0 = \left( \frac{x}{0,8\text{m}} \right)^2 = \left( \frac{1,0}{0,8 \cdot 5,5} \right)^2 = 0,05 \text{ м}^2.$$

Приймаємо до установки найближчий більший розмір (табл. 5.4) – ПДи-3,  $F_0 = 0,14 \text{ м}^2$ . Довжина початкової ділянки струменя по швидкості руху складає 1,44 м, що більше відстані від патрубку до робочого місця (1 м), тому швидкість повітря на виході з патрубка приймаємо, рівної нормативному значенню (1 м/с). Кількість повітря на один патрубок відповідно складає  $0,14 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Перевіряємо довжину початкової ділянки струменя по температурі та розраховуємо температуру повітря на виході з патрубка:

$$x_t = 0,6 \cdot 4,0 \sqrt{0,14} = 0,9 \text{ м}; \quad x = 1,0 > x_t = 0,9 : t_{\text{ох}} = 25 - \frac{1,0(25 - 22)}{0,9} = 22,$$

що відповідає умові –  $t_{\text{ох}} \geq t_{\text{нi}}^{\text{нi}}$  (табл. Б.12 додатка Б). Розрахунок закінчено.

Використання запропонованої системи душування забезпечує виконання нормативних вимог до повітря робочої зони.

**Приклад 4.** Розрахувати аерацію в однопрольотній будівлі (цеху) в теплий період року. Кількість повітря, яка повинна надходити в приміщення складає 38000 кг/год., а яке видаляється – 29000 кг/год. Відстань між осями отворів 10 м. Температура зовнішнього повітря  $20^\circ\text{C}$ , температура внутрішнього повітря  $25^\circ\text{C}$ . Обладнання, що випромінює, займає приблизно 10 % загальної площі приміщення.

**Розв'язання.** Вибираємо конструкцію отворів для однопрольотній будівлі [18]. Для припливного отвору приймаємо одинарну верхньопідвісну стулку ( $h/b=1$ ) з кутом відкривання отвору  $45^\circ$  (табл. 5.5). Ліхтар П-відний з фрамугами на вертикальній осі з вітрозахисними панелями, які знаходяться на відносній відстані  $\ell/h=1,5$ , кут відкривання  $90^\circ$  (табл. 5.6).

Таблиця 5.5 – Характеристика припливних отворів

Стулка	Коефіцієнт місцевого опору					
	h/b	кут відкривання отвору, °				
		15	30	45	60	90
Одинарна верхньопідвісна	0	30,8	9,2	5,2	3,5	2,6
	0,5	20,6	6,9	4	3,2	2,6
	1	16	5,7	3,7	3,1	2,6
Одинарна середньопідвісна	0	59	13,6	6,6	3,2	2,7
	1	45,3	11,1	5,2	3,2	2,4
Подвійна (обидві стулки)	0,5	30,8	9,8	5,2	3,5	2,4

верхньопідвісні)	1	14,8	4,9	3,8	3	2,4
Аераційні ворота	–	–	–	–	–	2,4

Таблиця 5.6 – Характеристика аераційних ліхтарів

Тип ліхтаря	A/h	ℓ/h	Кут відкривання отвору, °	Коефіцієнт місцевого опору
Витяжний П-відний без вітрозахисних панелей	3,3	–	35	8,9
			45	5,9
			55	3,8
Витяжний П-відний з вітрозахисними панелями	3,3	1,5	35	11,5
			45	9,2
			55	7,1
			70	5,8
Витяжний П-відний з вітрозахисними панелями	3,3	2	35	9,4
			45	6,2
			55	5,1
Витяжний щілинний	–	–	45	4,3
			75	3,0
			90	2,8
Витяжний П-відний з стулками на вертикальній осі і без вітрозахисних панелей	7,4	–	90	2,1
	3,6			1,8
	2,8			1,4
Витяжний П-відний з стулками на вертикальній осі і з вітрозахисними панелями	7,4	1,5	90	4,2
	3,6			4,1
	2,8			3,7

Розрахуємо температуру повітря, яке видається з верхньої зони приміщення за формулою:

$$t_{\text{вн}} = t_{\text{зовн}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}}{m}, \quad (5.11)$$

де  $t_{\text{зовн}}$ ,  $t_{\text{вн}}$  – температура зовнішнього та внутрішнього повітря, °С;  
 $t_{\text{нрз}}$  – температура повітря, яке надійшло в робочу зону (в теплий період року  $t_{\text{нрз}} = t_{\text{зовн}}$ ), °С;

$m$  – коефіцієнт, який залежить від типу виробничого приміщення.

Коефіцієнт  $m$  для металургійних підприємств складає 0,3 – 0,85 і залежить від наявності тепловипромінювань у приміщенні (табл. 5.7).

Таблиця 5.7 – Коефіцієнт  $m$  для виробничих приміщень

f/F	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

m	0,33	0,41	0,53	0,63	0,69	0,75	0,8
---	------	------	------	------	------	------	-----

Примітка.  $f$  – площа, яку займає тепловипромінююче обладнання,  $m^2$ ;  
 $F$  – загальна площа приміщення,  $m^2$ .

Випромінююче обладнання займає приблизно 10% загальної площі приміщення, тому  $m$  складає 0,41. Визначаємо температуру повітря, яке видаляється з верхньої зони приміщення за формулою (5.11):

$$t_{\text{âä}} = 20 + \frac{25 - 20}{0,41} = 32,2^\circ \text{C}.$$

Густину (питому вагу) повітря в  $kg/m^3$  залежно від його температури визначають за формулою:

$$\rho = \frac{353}{t + 273}. \quad (5.12)$$

Густина зовнішнього повітря та повітря, яке видаляється з верхньої зони приміщення складають

$$\rho_{\text{âí}} = \frac{353}{20 + 273} = 1,205 \text{ ä /ì }^3; \quad \rho_{\text{âä}} = \frac{353}{32,2 + 273} = 1,157 \text{ ä /ì }^3.$$

Розподілений тиск в Па визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{12} = hg(\rho_{\text{âí}} - \rho_{\text{âä}}), \quad (5.13)$$

де  $h$  – відстань між осями отворів, м;  
 $g$  – прискорення вільного падіння,  $m/c^2$ .

Розподілений тиск за формулою (5.13) складає:

$$\Delta P = 10 \cdot 9,8(1,205 - 1,157) = 4,7 \text{ ä }.$$

Визначаємо втрати тиску на прохід через припливні отвори

$$\Delta P_1 = \beta \Delta P = 0,2 \cdot 4,7 = 0,94 \text{ ä }.$$

Визначаємо втрати тиску на прохід через ліхтар

$$\Delta P_2 = \Delta P - \Delta P_1 = 4,7 - 0,94 = 3,76 \text{ ä }.$$

Знаходимо у табл. 5.5 та 5.6 коефіцієнти місцевого опору для даної конструкції отворів:  $\zeta_1 = 3,7; \zeta_2 = 4,1$ .

Визначаємо площу отворів у стіні  $F_{\text{прип}}$  і площу отворів ліхтаря  $F_{\text{ліхт}}$  за формулами:

$$F_{\text{ідєї}} = \frac{G_{\text{ідєї}}}{3600 \sqrt{\frac{2\rho\Delta P_1}{\zeta_1}}} = \frac{38000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,205 \cdot 0,94}{3,7}}} = 13,5 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{єзòð}} = \frac{G_{\text{âèä}}}{3600 \sqrt{\frac{2\rho\Delta P_2}{\zeta_2}}} = \frac{29000}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,157 \cdot 3,76}{4,1}}} = 5,5 \text{ м}^2.$$

Використання розрахованої системи аерації в однопрольотній будівлі забезпечить виконання нормативних вимог до повітря робочої зони.

## 5.2 Захисні екрани

Для захисту від теплового випромінювання у металургійному виробництві дуже часто використовують захисні екрани різних типів: металеві, прозорі та водяні. Розрахунок екранів наведено у прикладах 5 – 14.

**Приклад 5.** Пульт управління знаходиться у цеху гарячої прокатки. Відстань від оператора (бавовняний спецодяг) до джерела теплових випромінювань – 4 м. Температура зовнішньої поверхні джерела – 450С, матеріал поверхні – сталь, площа поверхні – 120 м<sup>2</sup>. Запропонувати заходи щодо захисту оператора від теплових випромінювань.

**Розв'язання.** Розрахуємо інтенсивність теплових випромінювань для робочого місця оператора. Формула для розрахунку визначається співвідношенням між відстанню від джерела випромінювання  $r$  і площею поверхні джерела  $S$ . При  $r \geq \sqrt{S}$  інтенсивність теплових випромінювань розраховують за формулою:

$$E = \frac{0,91S \left[ \left( \frac{\theta}{100} \right)^4 - \theta \right]}{r^2}. \quad (5.14)$$

При  $r < \sqrt{S}$  інтенсивність теплових випромінювань розраховують за формулою:

$$E = \frac{0,91S \left[ \left( \frac{\text{ò}}{100} \right)^4 - \text{À} \right]}{r} . \quad (5.15)$$

У формулах (5.14) і (5.15):

$T$  – температура поверхні джерела, К;

$A$  – коефіцієнт, що залежить від виду спецодягу людини: для бавовняної тканини  $A = 85$ , для сукна  $A = 110$ .

Для даного робочого місця  $r < \sqrt{S}$ , тому розрахунок робимо за формулою (5.15) і одержуємо інтенсивність теплових випромінювань

$$E = \frac{0,91 \cdot 120 \left[ \left( \frac{45 + 273}{100} \right)^4 - 85 \right]}{4} = 471 \text{ Вт/м}^2,$$

що перевищує припустиме значення, яке рівне  $140 \text{ Вт/м}^2$  (табл. Б.7 додатка Б).

Для захисту оператора від теплових випромінювань рекомендують використовувати екрани [2, 23]. Необхідна кількість екранів визначають із наступного рівняння:

$$m = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{1,\text{À}}} (n + 1), \quad (5.16)$$

де  $m$  – кратність ослаблення;

$E_1$  та  $E_2$  – інтенсивність теплових випромінювань до й після встановлення екрана,  $\text{Вт/м}^2$ ;

$\varepsilon_{1,2}, \varepsilon_{1,\text{À}}$  – приведена ступінь чорноти між джерелом випромінювання та робочим місцем і між джерелом випромінювання та екраном,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ ;

$n$  – кількість екранів.

У нашому випадку необхідна кратність ослаблення становить:

$$m = 471 / 140 = 3,36.$$

Для захисту оператора від теплових випромінювань пропонуємо покриття стіни пульта управління (цегла вогнетривка) захисним екраном з жерсті білої.

Приведену ступінь чорноти між двома паралельними тілами розраховують за формулою:

$$\varepsilon_{\text{ïð}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}, \quad (5.17)$$

де  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – ступінь чорноти першого та другого тіла, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>).

Ступінь чорноти вибираємо за даними табл. Б.13 додатка Б: для джерела (сталь) – 0,56; для робочого місця оператора (цегла вогнетривка) – 0,8; для матеріалу екрана (жерсть біла) – 0,28 Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>).

Розрахуємо приведену ступень чорноти між джерелом випромінювання та робочим місцем за формулою (5.17)

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{0,56} + \frac{1}{0,8} - 1} = 0,49 \text{ Вт/(м}^2\text{·К}^4\text{)}.$$

Розрахуємо приведену ступень чорноти між джерелом випромінювання та екраном за формулою (5.17)

$$\varepsilon_{1,E} = \frac{1}{\frac{1}{0,56} + \frac{1}{0,28} - 1} = 0,23 \text{ Вт/(м}^2\text{·К}^4\text{)}.$$

Визначаємо потрібну кількість екранів виходячи з формули (5.16)

$$n = \frac{m\varepsilon_{1,E}}{\varepsilon_{1,2}} - 1 = \frac{3,36 \cdot 0,23}{0,49} - 1 = 0,6.$$

Приймаємо до установки 1 екран з жерсті білої.

**Приклад 6.** Розрахувати тепловідбиваючий екран для нагрівальної печі, температура зовнішній стінки якої – 127°С. Температура повітря в цеху – 25°С. Піч покрита листами зі сталі (ступінь чорноти прийняти 0,8). Температура зовнішньої поверхні екрану повинна бути не більш 30°С.

**Розв’язання.** Розрахуємо абсолютні температури зовнішній стінки печі, повітря та екрану:

$$T_1 = 127 + 273 = 400 \text{ К}; T_2 = 25 + 273 = 298 \text{ К}; T_3 = 30 + 273 = 303 \text{ К}.$$

Визначаємо ступень екранування:



$$\mu = \frac{400}{303} = 1,32.$$

Для екрану вибираємо алюміній, ступінь чорноти якого складає 0,05. Ступінь чорноти для простору навколо печі приймаємо 0,8.

За формулою (5.17) розраховуємо приведену ступінь чорноти між стіною печі та екраном:

$$\varepsilon_{1,E} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,05} - 1} = 0,05 \hat{\Delta} / (\hat{i}^2 \hat{E}^4).$$

А також між стіною печі та навколишнім середовищем:

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{0,8} + \frac{1}{0,8} - 1} = 0,67 \hat{\Delta} / (\hat{i}^2 \hat{E}^4).$$

Необхідну кратність зниження теплового потоку визначаємо за формулою:

$$m = \frac{1 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4}, \quad (5.18)$$

де  $\mu$  – ступень екранування.

Необхідна кратність зниження теплового потоку за формулою (5.18) при ступені екранування 1,32 складає 34,5. Виходячи з формули (5.16) знаходимо потрібну кількість екранів з алюмінію:

$$n = 34,5 \frac{0,05}{0,67} - 1 = 1,57.$$

Розрахунок показав, що для забезпечення температури зовнішній поверхні екрану, яка повинна бути згідно умовам завдання не більш 30°C, достатньо встановити двохшаровий екран із алюмінію.

**Приклад 7.** Температура зовнішньої поверхні джерела теплового випромінювання – 527°C. Температура стін цеху – 17°C. Використання ек-

ранів дозволило знизити інтенсивність теплових випромінювань у 3 рази. Визначити температуру зовнішньої поверхні екрану.

**Розв'язання.** Розрахуємо абсолютні температури зовнішньої стінки печі та повітря:  $T_1=527+273=800$  К;  $T_2=17+273=290$  К.

Кратність зниження теплового потоку (згідно умов прикладу) складає 3. Виходячи з формули (18) знаходимо коефіцієнт зниження температури зовнішньої поверхні екрану (ступень екранування):

$$\mu = \sqrt[4]{\frac{m}{1 + (m-1)\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4}} = \sqrt[4]{\frac{3}{1 + (3-1)\left(\frac{290}{800}\right)^4}} = 1,3.$$

Визначаємо температуру зовнішньої поверхні екрану:

$$T_3 = \frac{T_1}{\mu} = \frac{800}{1,3} = 615 \text{ К}; \quad t_3 = 615 - 273 = 342^\circ \text{С}.$$

Розрахунок температури зовнішньої поверхні екрану показав необхідність захисту робітників, тому що температура поверхні до якої може доторкатися людина не повинна перевищувати  $50^\circ\text{С}$ . У даному випадку найбільш раціональне використовувати захист відстанню.

**Приклад 8.** Визначити температуру металевого екрану (алюміній полірований), який захищає оператора (бавовняний спецодяг) від джерела теплових випромінювань. Температура зовнішньої поверхні джерела –  $130^\circ\text{С}$ , матеріал поверхні – сталь, площа поверхні –  $90 \text{ м}^2$ . Відстань від оператора до джерела теплових випромінювань – 5 м. Температура повітря робочої зони  $30^\circ\text{С}$ .

**Розв'язання.** Для даного робочого місця  $r < \sqrt{S}$ , тому розрахунок робимо за формулою (5.15) і одержуємо інтенсивність теплових випромінювань

$$E = \frac{0,91 \cdot 120 \left[ \left( \frac{45 + 273}{100} \right)^4 - 85 \right]}{4} = 471 \text{ Вт/м}^2,$$

що перевищує припустиме значення, яке дорівнює  $140 \text{ Вт/м}^2$  (табл. Б.7 додатка Б). У нашому випадку необхідна кратність ослаблення становить:

$$m = 2928 / 140 = 21.$$

Ступінь чорноти вибираємо за даними табл. Б.13 додатка Б: для джерела (сталь) – 0,56; для робочого місця оператора – 0,87; для матеріалу екрана (алюміній полірований) – 0,06 Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>).

Розрахуємо приведену ступень чорноти між джерелом випромінювання та робочим місцем за формулою (5.17):

$$\varepsilon_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{0,56} + \frac{1}{0,87} - 1} = 0,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4).$$

Розрахуємо приведену ступень чорноти між джерелом випромінювання та екраном за формулою (5.17):

$$\varepsilon_{1,E} = \frac{1}{\frac{1}{0,56} + \frac{1}{0,06} - 1} = 0,057 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4).$$

Визначаємо потрібну кількість екранів виходячи з формули (5.16):

$$n = \frac{21 \cdot 0,057}{0,52} - 1 = 1,3.$$

Приймаємо до установки 1 екран з алюмінію полірованого. Температуру екрану розраховують за формулою:

$$T_E = 100 \sqrt[4]{\frac{\varepsilon_{1,E} \left( \frac{T_{i,i}}{100} \right)^4 + \left( \frac{T_i}{100} \right)^4}{1 + \varepsilon_{1,E}}}, \quad (5.19)$$

де  $T_{н.п.}$  – температура зовнішньої поверхні джерела випромінювання, К;

$T_{п}$  – температура повітря робочої зони, К.

Ця формула може бути використана тільки для металевих екранів без теплоізоляції.

В нашому випадку температура екрану складає

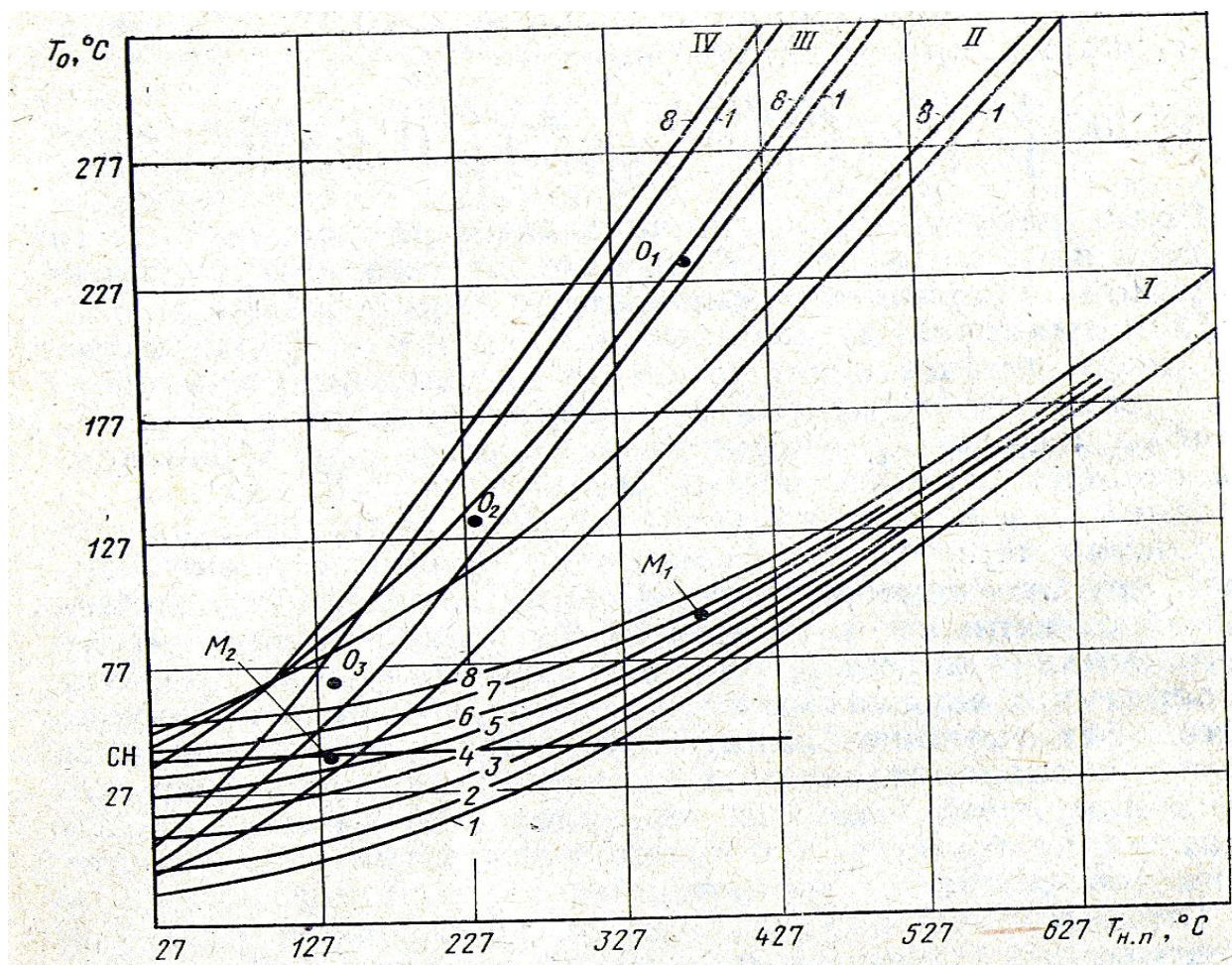
$$T_E = 100 \sqrt[4]{\frac{0,057 \left( \frac{403}{100} \right)^4 + \left( \frac{303}{100} \right)^4}{1 + 0,057}} = 312 \text{ К}.$$

Температура зовнішньої поверхні екрану, згідно вимог ГОСТ 12.4.123–83, не повинна перевищувати 45°C (318 K). Умова виконується, тобто екран розраховано вірно. Розрахунок показав, що для забезпечення нормативних вимог дійсно достатньо встановити один екран із алюмінію.

Якщо температура зовнішній поверхні екрану перевищує нормативні вимоги, то треба повторити розрахунок; при цьому температуру зовнішньої поверхні приймають рівною температурі першого екрану.

При розрахунку температури екрану найбільша похибка можлива при визначенні приведеної ступені чорноти.

Перевірку вибору екрану можливо здійснити розрахунково-графічним методом за допомогою графіка, який наведено на рис. 5.1 [17].



Температура повітря робочої зони: 1 – 10°C; 2 – 0°C;  
3 – 10°C; 4 – 20°C; 5 – 30°C; 6 – 40°C; 7 – 50°C; 8 – 60°C.

Приведена ступень чорноти: I – 0,05; II – 0,25; III – 0,5; IV – 1,0.

Рисунок 5.1 – Номограма визначення температури екрану  $T_E$  залежно від температури поверхні джерела випромінювання  $T_{н.п.}$ , приведеної ступені чорноти та температури повітря робочої зони

На рис. 5.1 наведено чотири групи кривих для різних значень приведеної ступені чорноти: 0,05; 0,25; 0,5; 1,0. Горизонтальна пряма ( $T_0 = 45^\circ\text{C}$ ) розділяє графік на дві частини: область, яка відповідає нормативним вимогам знаходиться нижчі цієї прямої.

В нашому прикладі: приведена ступені чорноти  $\varepsilon_{1,E}=0,057$ , тому нас цікавить група I, температура повітря робочої зони  $30^\circ\text{C}$  – графік № 5. Рисунок 1 демонструє, що в нашому випадку при температурі зовнішньої поверхні джерела  $130^\circ\text{C}$  можливо використовувати тільки екрани, які належать до першої групи кривих ( $\varepsilon_{1,E}=0,05$ ).

Розрахунково-графічний метод дає гарні результати (швидкість та достатню точність розрахунків) при послідовному розрахунку групи екранів.

**Приклад 9.** Передня стіна головного поста управління, де розташовано вікно, має максимальну інтенсивність випромінювання  $2,45 \text{ кВт/м}^2$ . В прольоті стану 300 в теплий період року середнє значення температури повітря робочої зони не перевищує нормативних значень. Температура джерела теплового випромінювання  $1000^\circ\text{C}$ . Розрахувати прозорий екран.

**Розв’язання.** Розрахунок прозорого екрану здійснюють в наступній послідовності: спочатку вибирають тип екрану, визначають його ефективність, потім перевіряють фактичну інтенсивність випромінювання на відповідальність нормативним вимогам.

До прозорих екранів відносять: екрани зі скла, тонкі металеві плівки на склі та вода в шарі або в дисперсному стані (водяні завіси). Найбільш поширеними є екрани зі скла. Ефективність теплозахисту різних видів скла в залежності від температури джерела випромінювання наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Ефективність теплозахисту різних видів скла[17]

Тип скла	Ефективність теплозахисту (%) для різних температур джерела випромінювання						
	500	700	900	1100	1300	1500	1700
Загартоване силікатне	90	82	80	74	66	56	40
Загартоване зі сталльної сіткою	91	90	87	80	73	63	50
Органічне	94	93	92	88	84	76	60
Загартоване з покриттям плівкою та світлопропусканням 80%	94	93	92	90	87	80	68
Загартоване пофарбоване зі світлопропусканням 40%	94	93	92	90	87	84	80

Фактичну інтенсивність випромінювання після встановлення прозорого екрану визначають за формулою:

$$\dot{A}_{E\hat{E}} = \dot{A}_{\hat{I}} \frac{(100 - \hat{E}_{E\hat{O}})}{100}, \quad (5.20)$$

де  $E_{EK}$  – інтенсивність випромінювання після екранування, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $E_o$  – інтенсивність випромінювання до екранування, Вт/м<sup>2</sup>.

Визначимо ефективність теплозахисту різних видів скла при температурі джерела випромінювання 1000°C, результати розрахунків наведено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Ефективність теплозахисту різних видів скла при температурі джерела випромінювання 1000°C

Тип скла	Ефективність теплозахисту, %	Інтенсивність випромінювання після екранування, Вт/м <sup>2</sup>
Загартоване силікатне	76	588
Загартоване зі сталльної сіткою	83	417
Органічне	90	245
Загартоване з покриттям плівкою та світлопропусканням 80%	91	220
Загартоване пофарбоване зі світлопропусканням 40%	91	220

Розрахунки показали, що найбільш ефективними є наступні екрани: загартоване з покриттям плівкою та зі світлопропусканням 80% та загартоване пофарбоване зі світлопропусканням 40%. Але інтенсивність випромінювання після екранування перевищує допустиме значення (140 Вт/м<sup>2</sup>), тому додаткове потрібно використовувати інші засоби захисту, наприклад, водяну завісу або регламентовані перерви в роботі.

**Приклад 10.** Визначити витрати води на порожнинний водяний екран. Відстань від оператора (бавовняний спецодяг) до джерела теплових випромінювань 10 м. Температура зовнішньої поверхні джерела випромінювання - 130°C, площа поверхні – 120 м<sup>2</sup>, площа поверхні водяного екрану 12 м<sup>2</sup>.

**Розв’язання.** Для даного робочого місця  $r < \sqrt{S}$ , тому розрахунок робимо за формулою (5.15) і одержуємо інтенсивність теплових випромінювань:

$$E = \frac{0,91 \cdot 120 \left[ \left( \frac{130 + 273}{100} \right)^4 - 85 \right]}{10} = 1952 \text{ Вт/м}^2,$$

що перевищує припустиме значення, що дорівнює 140 Вт/м<sup>2</sup> (табл. Б.7 додатка Б).

Витрату води на порожнинний водяний екран визначають за формулою:

$$Q_{\hat{A}} = \frac{0,93ES}{t_{\hat{a}} - t_{\hat{i}}}, \quad (5.21)$$

де  $Q_{\hat{A}}$  – витрата води, кг/ч;

0,93 – коефіцієнт теплопоглинання;

$E$  – інтенсивність випромінювання, ккал/м<sup>2</sup>год.;

$S$  – площа поверхні екрану, м<sup>2</sup>;

$t_{\hat{a}}$ ,  $t_{\hat{i}}$  – температура води, яка поступає на екран та відводиться з екрану, °С (приймають відповідно 25 та 50 °С).

Перерахуємо інтенсивність випромінювання в необхідні одиниці вимірювання

$$E = \frac{1952 \cdot 0,239 \cdot 3600}{1000} = 1678 \text{ ккал/м}^2 \text{ год.}$$

Розрахуємо витрату води на екран:

$$Q_{\hat{A}} = \frac{0,93 \cdot 1679 \cdot 12}{50 - 25} = 750 \text{ кг/ч.}$$

Розрахована витрата води на екран забезпечить виконання нормативних вимог до інтенсивності випромінювання.

### 5.3 Захист від шуму

Для визначення заходів щодо зниження рівнів шуму на робочих місцях спочатку потрібно визначити фактичний рівень шуму від усіх джерел з урахуванням характеристик джерел шуму та їх розташування в приміщенні. Методика розрахунку фактичного рівня шуму [18, 19] наведено в прикладах 11 – 12. Для зниження рівнів шуму на робочих місцях використовують різні заходи [2, 10, 14, 18, 19, 23]. Найбільш поширеними з них є акустична обробка приміщення (приклад 14), звукопоглинання шуму (приклад 16), ізоляція джерела шуму або робочого місця (приклади 11 – 13, 15).

**Приклад 11.** Визначити відповідність нормам санітарно-гігієнічних умов на пульті управління і запропонувати заходи щодо забезпечення цієї відповідності. Пульт розташований у кабіні, яка знаходиться на відстані 6 м від агрегату поздовжнього різання. Розміри кабінки: висота – 2200 мм, ширина – 1750 мм, довжина – 2100 мм. Температура повітря – 22°С, воло-

гість – 50%, швидкість руху повітря не перевищує 0,1 м/с, освітленість робочого місця – 420 лк.

**Розв’язання.** Аналіз умов праці на пульті управління показав, що параметри мікроклімату й рівень освітленості відповідають нормативним вимогам (табл. Б.1 додатка Б та табл. Д.2 додатка Д). Розміри kabіни також задовольняють вимогам ГОСТ 23000–78. Необхідно оцінити рівень шуму на даному робочому місці.

Джерелом шуму є агрегат поздовжнього різання. Рівень звукової потужності даного устаткування становить 112 дБ в октавній смузі зі середньгеометричної частотою 1000 Гц [10]. Розрахуємо рівень шуму в розрахунковій точці за формулою

$$L_r = L_i - 10 \lg 2\pi r^2, \quad (5.22)$$

де  $L_r$  – рівень шуму в розрахунковій точці, дБ;

$L_i$  – рівень шуму в джерелі, що знаходиться на відстані  $r$  (м) від розрахункової точки, дБ.

$$L_r = 112 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 6^2 = 88,5 \text{ дБ}$$

Рівень шуму на робочому місці, розрахований за формулою (5.22), складає 88,5 дБ, що перевищує припустимий рівень шуму, рівний для виробничих приміщень 80 дБ (табл. В.1 додатка В).

Для зниження рівня шуму можна запропонувати метод зменшення шуму по шляху його поширення, наприклад, використовуючи ізолюючу перегородку (як елемент конструкції kabіни). Застосування перегородки із ДСП товщиною 30 мм дозволяє знизити рівень шуму на 26 дБ [18]. Тоді фактичний рівень шуму складе 62,5 дБ, що відповідає нормативним вимогам.

**Приклад 12.** У листопрокатному цеху холодної прокатки знаходиться кілька джерел шуму, характеристика яких наведена в табл. 5.10. Запропонувати заходи щодо захисту оператора від виробничого шуму.

**Розв’язання.** Сумарний рівень шуму визначають за формулою

$$\Sigma L = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}), \quad (5.23)$$

де  $L_1, L_2, \dots, L_n$  – рівень шуму кожного джерела з урахуванням їх відстані до розрахункової точки, дБ.



Таблиця 5.10 - Характеристика джерел шуму листопрокатного цеху

Джерело шуму	Рівень звукової потужності, дБ	Відстань до пульта оператора, м
Агрегат поперечного різання	119	6
Агрегат поздовжнього різання	112	8
Розмотувач листа	122	12
Приймні кишені	115	6
Листопрямильна машина	114	4

Значення рівнів шуму всіх джерел, наведених у табл. 5.10, перераховуємо з урахуванням відстані до розрахункової точки по формулі (5.22) і підставляємо у формулу (5.23).

$$L_1 = 119 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 6^2 = 95,5 \text{ дБ}$$

$$L_2 = 112 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 8^2 = 86 \text{ дБ}$$

$$L_3 = 122 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 12^2 = 119 \text{ дБ}$$

$$L_4 = 115 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 6^2 = 91,5 \text{ дБ}$$

$$L_5 = 114 - 10 \lg 2 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 94 \text{ дБ}$$

$$\Sigma L = 10 \lg (10^{0,1 \cdot 95,5} + 10^{0,1 \cdot 86} + 10^{0,1 \cdot 119} + 10^{0,1 \cdot 91,5} + 10^{0,1 \cdot 94}) = 99,7 \text{ дБ}$$

У результаті одержуємо, що рівень шуму в розрахунковій точці (робоче місце оператора) становить 99,7 дБ, що значно перевищує припустимий рівень (табл. В.1 додатка В). Розрахуємо необхідне зниження рівня шуму:

$$\Delta L = 99,7 - 80 = 19,7 \text{ дБ.}$$

Для досягнення відповідності санітарно-гігієнічних умов нормативним вимогам можна використати звукоізолюючу перегородку [2, 18, 19]. Звукоізолюючу здатність однорідної перегородки, дБ, можна розрахувати за формулою [2]

$$R = 20 \lg(G f) - 60, \quad (5.24)$$

де  $G$  – маса  $1 \text{ м}^2$  перегородки, кг;  
 $f$  – частота, Гц.

Для забезпечення необхідного огляду з пульта оператора вибираємо перегородку із скла товщиною 6 мм, маса  $1 \text{ м}^2$  якої становить 16 кг (табл. В.3 додатка В.).

$$R = 20 \lg(16 \cdot 1000) - 60 = 24 \text{ дБ},$$

Звукоізолююча здатність такої перегородки, розрахована за формулою (5.24), для частоти 1000 Гц становить 24 дБ. Фактичний рівень шуму в цьому випадку складе 75,7 дБ, що відповідає нормативним вимогам.

**Приклад 13.** Порівняти ефективність зниження шуму на шляху його розповсюдження різних матеріалів: бетону, залізобетону, сталі, силікатного та органічного скла.

**Розв'язання.** Для орієнтованих розрахунків звукоізоляції плоских огорож з різних матеріалів пропонують використовувати наступні формули [19]

для матеріалів, маса ( $m$ )  $1 \text{ м}^2$  яких складає  $100 - 1000 \text{ кг/м}^2$  (бетон, цегля):

$$R = 22 \lg m - 12; \quad (5.25)$$

для матеріалів, маса  $1 \text{ м}^2$  яких більше  $1000 \text{ кг/м}^2$ :

$$R = 23 \lg m - 5; \quad (5.26)$$

для сталі, товщина якої  $h = 1 - 10 \text{ мм}$ :

$$R = 22 + 9 \lg h; \quad (5.27)$$

для вікна з силікатного скла, товщина якого  $h = 2 - 10 \text{ мм}$ :

$$R = 18 + 8,5 \lg h; \quad (5.28)$$

для вікна з органічного скла, товщина якого  $h = 5 - 20 \text{ мм}$ :

$$R = 12 + 12 \lg h. \quad (5.29)$$

Для спрощення розрахунки можна здійснити для маси огорожі  $10 \text{ кг}$  та товщини скла  $10 \text{ мм}$ . Звукоізоляція плоских огорож за формулами (5.25) – (5.29) складає: для бетону –  $10 \text{ дБ}$ , для залізобетону –  $18 \text{ дБ}$ , для сталі –  $31 \text{ дБ}$ , для силікатного скла –  $26,5 \text{ дБ}$ , для органічного скла –  $24 \text{ дБ}$ .

Порівняння звукоізолюючої здатності матеріалів дозволяє визначити найбільш ефективну конструкцію пультів управління.

**Приклад 14.** Рівень шуму в приміщенні, розміри якого довжина 10 м, ширина 8 м, висота 5 м, складає 60 дБ А. Підлога у приміщенні – лінолеум, стіни та стеля - звичайна штукатурка. Визначити зниження рівня шуму після акустичної обробки стін та стелі звукопоглинаючим матеріалом (коефіцієнт поглинання 0,9).

**Розв’язання.** Зниження рівня шуму за рахунок акустичної обробки приміщення  $\Delta L$  визначається за наступною формулою [16]

$$\Delta L = 10 \lg (A_2/A_1), \quad (5.30)$$

де  $A_1, A_2$  – звукопоглинання приміщення до та після акустичної обробки, одиниць поглинання.

Звукопоглинання приміщення визначається за формулою

$$A = S \cdot \alpha, \quad (5.31)$$

де  $S$  – площа поверхні, м<sup>2</sup>;

$\alpha$  – коефіцієнт поглинання матеріалу поверхні, одиниці поглинання.

Коефіцієнти поглинання матеріалів стін, стелі та підлоги наведено у табл. В.2 додатка В. Знаходимо коефіцієнти поглинання матеріалів стін (0,03), стелі (0,03) та підлоги (0,03).

Визначаємо за формулою (5.31) звукопоглинання приміщення до проведення обробки:

$$A_1 = 2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 0,03 + 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 0,03 + 10 \cdot 8 \cdot 0,03 + 10 \cdot 8 \cdot 0,03 = 10,2 \text{ одиниць поглинання.}$$

Визначаємо за формулою (5.31) звукопоглинання приміщення після акустичної обробки (обробки стін та стелі):

$$A_2 = 2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 0,9 + 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 0,9 + 10 \cdot 8 \cdot 0,9 + 10 \cdot 8 \cdot 0,06 = 236,4 \text{ одиниць поглинання.}$$

Зниження рівня шуму за формулою (5.30) складає

$$\Delta L = 10 \lg (236,4/10,2) = 13,6 \text{ дБ.}$$

Рівень шуму після обробки приміщення ( $60 - 13,6 = 46,4$  дБА) відповідає нормативним вимогам до приміщення з ПЕОМ (табл. В.1 додатка В) .

**Приклад 15.** Звукоізолюючий кожух гучної установки має ефективність 25 дБ А. Визначити потрібну товщину силікатного скла для глухого

вікна у кожусі установки, яка б забезпечила звукоізоляцію на потрібному рівні.

**Розв'язання.** Товщину скла можна визначити з формули (5.28), розв'язуючи її відносно товщини:

$$\lg h = \frac{R - 18}{8,5} = \frac{25 - 18}{8,5} = 0,82; \quad h = 6,7 \text{ мм}.$$

Приймаємо товщину 7 мм.

Кожух установки товщиною 7 мм забезпечить виконання нормативних умов до рівня шуму.

**Приклад 16.** Визначити оптимальну величину зазору між звукопоглинаючими перфорованими панелями і стіною, щоб забезпечити умову максимального звукопоглинання. Частота шуму джерела коливань 600 Гц, рівень шуму 87 дБ А, швидкість звуку у повітрі 340 м/с, товщина звукопоглинаючого шару 6 см. Визначити також ефективність звукоізоляції при масі одиниці площі панелі  $10 \text{ кг/м}^2$ , стіни –  $420 \text{ кг/м}^2$ .

**Розв'язання.** Оптимальну величину зазору між звукопоглинаючими панелями і стіною визначаємо за формулою:

$$l = \frac{\lambda}{4} - \frac{b}{2} = \frac{c}{4f} - \frac{b}{2}, \quad (5.32)$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі, м;

$c$  – швидкість звуку, м/с;

$f$  – частота, Гц;

$b$  – товщина панелі (перегородки), м.

Оптимальна величина зазору складає 0,11 м.

Повітряний прошарок між стіною та звукопоглинаючими панелями дозволяє посилити звукоізоляцію. Ефективність звукоізоляції визначаємо за формулою:

$$L = L_0 - [26 \lg (Q_1 + Q_2) - 6], \quad (5.33)$$

де  $L_0$  – рівень шуму перед стіною, дБ;

$Q_1$  та  $Q_2$  – відповідно маса першої і другої перегородки,  $\text{кг/м}^2$ .

Рівень шуму за стіною (ефективність звукоізоляції) складає

$$L = 87 - [26 \lg (10 + 420) - 6] = 24,5 \text{ дБ А}.$$

Розрахунок підтвердив ефективність захисту від шуму.

## 5.4 Захист від випромінювання

На металургійних виробництвах найбільш поширеними є теплові (інфрачервоні) та електромагнітні випромінювання. Захист від теплового випромінювання розглянуто в розділах 5.1 – 5.2. Екранування джерел електромагнітного випромінювання – у прикладах 17 – 19.

**Приклад 17.** Визначити товщину суцільного екрану із міді для високочастотної установки ізотропного випромінювання з частотою 60 кГц. Довжина провідника 4 м, сила струму 130 А. Робоче місце розташовано на відстані 1 м від джерела випромінювання.

**Розв’язання.** Розрахуємо довжину електромагнітної хвилі у метрах за формулою:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (5.34)$$

де  $c$  – швидкість розповсюдження радіохвиль,  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с;  
 $f$  – частота коливань, Гц.

Довжина електромагнітної хвилі складає  $0,5 \cdot 10^4$  м.

Розраховуємо радіус ближньої зони при ізотропному випромінюванні за формулою згідно табл. 5.11.

Радіус ближньої зони складає

$$r_{\text{бл.з.}} \leq \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{0,5 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14} = 796 \text{ м},$$

тобто робоче місце знаходиться у зоні індукції (ближній зоні).

Таблиця 5.11 – Формули для розрахунку розміру зон випромінювання

Найменування зони	Розмір зони при різних видах випромінювання, м	
	Ізотропне випромінювання	Направлене випромінювання
Ближня зона	$r_{\text{бл.з.}} \leq \frac{\lambda}{2\pi}$	$r_{\text{бл.з.}} \leq \frac{d^2}{4\lambda}$
Дальня зона	$r_{\text{дл.з.}} > \lambda$	$r_{\text{дл.з.}} \geq \frac{d^2}{\lambda}$

Примітка:  $d$  – діаметр відбуча антени.

За ГОСТ 12.1.006–84 при частоті 60 кГц гранично допустимі рівні (ГДР) складових електромагнітного поля (ЕМП) становлять: електричної – 50 В/м, магнітної – 5 А/м (табл. Г.1 додатку Г).

При ізотропному випромінюванні напруженість електричного (E, В/м) і магнітного (H, А/м) визначають за формулами:  
у ближній зоні

$$E = \frac{I\ell}{2\pi\epsilon\omega r^3} = \frac{I\ell}{4\pi^2\epsilon f r^3}; \quad (5.35)$$

$$H = \frac{I\ell}{4\pi r^2}; \quad (5.36)$$

у дальній зоні

$$E = 377H; \quad (5.37)$$

$$H = \frac{I\ell}{8\pi f r}; \quad (5.38)$$

де I – сила струму у провіднику (антені), А;  
 $\ell$  – довжина провідника (антени), м;  
 $\epsilon$  – діелектрична проникність середовища, Ф/м (для повітря  $\epsilon=1$ );  
 $\omega$  – кругова частота, с-1;  
f – частота поля, Гц;  
r – відстань від джерела випромінювання, м.

Очікувана напруженість складових ЕМП у розрахунковій точці визначаємо за формулами (5.35) та (5.36):

$$E = \frac{I\ell}{4\pi^2\epsilon f r^3} = \frac{130 \cdot 4}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 1^3} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ А/м},$$

що значно менше ГДР;

$$H = \frac{I\ell}{4\pi r^2} = \frac{130 \cdot 4}{4 \cdot 3,14 \cdot 1^2} = 41,4 \text{ А/м},$$

що перевищує ГДР.

Потрібне ослаблення магнітної напруженості (ефективність екранування) визначають за формулою:

$$G = \frac{H}{\tilde{H}}. \quad (5.39)$$

Потрібне ослаблення складає 8,28.

Мінімальну товщину екрану (мм), яка забезпечить задану ефективність екранування визначають за формулою:

$$d = \frac{1000 \cdot \ln G}{\sqrt{\pi f \mu \nu}}, \quad (5.40)$$

де  $G$  – задане ослаблення інтенсивності поля;

$f$  – частота поля, Гц;

$\mu$  – абсолютна магнітна проникність матеріалу екрану, Гн/м (для міді –  $0,99999 \cdot 10^{-6}$ , алюмінію –  $1,000023 \cdot 10^{-6}$ , сталі –  $72 \cdot 10^{-6}$ );

$\nu$  – питома електрична провідність матеріалу  $(\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$  (для міді –  $0,59 \cdot 10^8$ , латуні –  $1,25 \cdot 10^8$ , алюмінію –  $0,4 \cdot 10^8$ , сталі –  $0,1 \cdot 10^8$ ).

Мінімальна товщина екрану з міді складає

$$d = \frac{1000 \cdot \ln G}{\sqrt{\pi f \mu \nu}} = \frac{1000 \cdot \lg 8,28}{\sqrt{3,14 \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 0,99999 \cdot 10^{-6} \cdot 0,59 \cdot 10^8}} = 0,63 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо товщину екрану 0,7 мм.

Використання екрану товщиною 0,7 мм забезпечить виконання нормативних вимог.

**Приклад 18.** Визначити необхідну товщину суцільно екрану із алюмінію для робочого місця, розташованого на відстані 20 м від антени, радіус якої 2 м. Потужність випромінювання 400 Вт, частота 16 ГГц. Час перебування персоналу у зоні випромінювання 6 годин. Коефіцієнт, що враховує конструкцію антени, прийняти рівним 8, коефіцієнт корисної дії антени – 0,7.

**Розв’язання.** Розрахуємо довжину електромагнітної хвилі у метрах за формулою (5.34):

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{16 \cdot 10^9} = 0,01875 \text{ м},$$

Отже робоче місце знаходиться у дальній зоні (дивись табл. 5.11).

Гранично допустимий рівень густини потоку енергії ЕМП ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) у діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц визначають за формулою:

$$\tilde{W}_{\text{д}} = \frac{\tilde{W}_{\text{г}}}{\tilde{D}}, \quad (5.41)$$

де  $E_{H_{\Gamma DP}}$  – нормативне значення енергетичного навантаження за робочий день ( $2 \text{ Вт}\cdot\text{год./м}^2$ );

$T$  – час перебування у зоні випромінювання, год.; при цьому максимальне значення  $E_{H_{\Gamma DP}}$  не повинне перевищувати  $10 \text{ Вт/м}^2$ .

У даному випадку гранично допустимий рівень густини потоку енергії за формулою (41) складає  $0,333 \text{ Вт/м}^2$ .

Знаходимо ефективну площу антени:

$$S_a = \eta S = \eta \pi R^2 = 0,7 \cdot 3,14 \cdot 2^2 = 8,8 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт посилення антени за потужністю визначають за формулою:

$$\sigma_a = \frac{k S_e}{\lambda^2}, \quad (5.42)$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує конструкцію антени;

$S_e$  – ефективна площа антени,  $\text{м}^2$ .

Коефіцієнт посилення антени за формулою (5.42):

$$\sigma_a = \frac{k S_e}{\lambda^2} = \frac{8 \cdot 8,8}{0,0182} = 2,8 \cdot 10^5$$

Густину потоку енергії при направленому випромінюванні визначають за формулами:

у ближній зоні

$$\tilde{E} = \frac{3D}{S}; \quad (5.43)$$

у дальній зоні

$$\tilde{E} = \frac{D \sigma_a}{4\pi r^2}, \quad (5.44)$$

де  $S$  – геометрична площа антени,  $\text{м}^2$ ;

$P$  – середня потужність випромінювання, Вт;

$\sigma_a$  – коефіцієнт посилення антени за потужністю.

Густина потоку енергії на відстані 20 м складає за формулою (5.44):



$$\tilde{E} = \frac{D\sigma_a}{4\pi r^2} = \frac{400 \cdot 2,8 \cdot 10^5}{4 \cdot 3,14 \cdot 20^2} = 22293 \text{ В/м}^2.$$

Необхідна ефективність екранування, аналогічно формулі (5.39), складає:

$$G = \frac{\tilde{E}}{\tilde{E}_0} = \frac{22293}{0,333} = 66964.$$

Мінімальну товщину екрану (мм), яка забезпечить задану ефективність екранування визначаємо за формулою (5.40):

$$d = \frac{1000 \cdot \ln G}{\sqrt{\pi f \mu \nu}} = \frac{1000 \cdot \lg 66964}{\sqrt{3,14 \cdot 16 \cdot 10^9 \cdot 1,000023 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4 \cdot 10^8}} = 0,25 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань приймаємо товщину екрану 0,5 мм.

Використання екрану товщиною 0,5 мм забезпечить виконання нормативних вимог.

**Приклад 19.** Визначити відстань, на якій не вимагатиметься екранування від випромінювача ЕМП у вигляді направленої антени, ефективна площа якої  $0,8 \text{ м}^2$ , потужність 1500 Вт, частота 20 ГГц. Час роботи 24 години. Коефіцієнт, що враховує конструкцію антени, прийняти рівним 6.

**Розв'язання.** Розрахуємо довжину електромагнітної хвилі у метрах за формулою (5.34):

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{20 \cdot 10^9} = 0,015 \text{ м}.$$

Коефіцієнт посилення антени за формулою (5.42):

$$\sigma_a = \frac{k S_e}{\lambda^2} = \frac{6 \cdot 0,012}{(0,015)^2} = 320.$$

Гранично допустимий рівень густини потоку енергії ЕМП визначаємо за формулою (5.41):

$$\tilde{E}_0 = \frac{E}{\sigma} = \frac{2}{24} = 0,08 \text{ В/м}^2.$$

Розв'язуючи формулу (5.44) відносно  $r$  отримуємо відстань, на якій не вимагатиметься екранування за даних умов:

$$\sqrt{\frac{P_{\sigma a}}{4\pi \cdot \tilde{A} \tilde{A} \tilde{A} \tilde{A}}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot 320}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,08}} = 691 \text{ м}.$$

Якщо усі постійні робочі місця знаходяться на відстані 691 м, то екранування джерела ЕМП не потрібне.

## 5.5 Виробниче освітлення

Розрізняють природне та штучне освітлення приміщень. Розрахунок природного освітлення наведено у літературі [2, 5, 18]. Для розрахунку штучного освітлення використовують 2 метода: метод використання світлового потоку [18, 19] та точковий метод [5, 19]. Методом використання світлового потоку розраховують загальне освітлення приміщення (приклад 20 – 21), точковим методом розраховують місцеве освітлення та освітлення вертикальних й нахилених поверхонь (приклад 22). Розрахунок комбінованого освітлення наведено у літературі [19].

**Приклад 20.** Розрахувати освітлення приміщення прокатного цеху. Розміри приміщення: довжина  $A = 120$  м, ширина  $B = 80$  м, висота  $H = 10,8$  м. Коефіцієнти відбиття стелі – 50 %, стін – 30 %. Для освітлення використані світильники з лампами типу ДРЛ.

**Розв'язання.** Для розрахунку системи освітлення необхідно вибрати схему розташування світильників й, виходячи зі схеми, визначити їх кількість. Найбільше часто використовуються схеми квадратного або прямокутного розміщення світильників. Відстань між світильниками  $L$  визначають за даними табл. 5.12, у якій наведені оптимальні відношення  $L$  до висоти підвісу світильника  $H_p$  над робочою поверхнею. За величиною  $L$  для даної схеми розташування світильників визначають кількість світильників по довжині й ширині приміщення, а також їх загальну кількість –  $n$ .

Висота підвісу світильника у нашому випадку складає  $H_p = 10$  м (висота робочої поверхні приймаємо 0,8 м).

Для світильника з лампами ДРЛ та високих приміщень ( $H = 10,8$  м) за табл. 5.12 приймаємо оптимальне відношення відстані між світильниками  $L$  до висоти підвісу світильника  $H_p$  над робочою поверхнею рівним 0,8 та знаходимо  $L$ .

$$L = 0,8 \cdot H_p = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ м}.$$

Розрахуємо кількість світильників для прямокутного розміщення їх у приміщенні. Кількість світильників по довжині цеху:

$$n_A = A / L = 120 / 8 = 15 \text{ шт.}$$

Кількість світильників по ширині цеху:

$$n_B = B / L = 80/8 = 10 \text{ шт.}$$

Таблиця 5.12 – Оптимальні відносні відстані між світильниками

Типова крива сили світла світильника	Рекомендоване відношення $L / H_p$	Приклади використання
Концентрована	0,4 – 0,7	Світильники з лампами ДРЛ, високі приміщення (12 – 18 м)
Глибока	0,8 – 1,2	Світильники з лампами ДРЛ, високі приміщення (6 – 15 м)
Косинусна	1,2 – 1,6	Світильники з лампами ДРЛ, Глибоко-випромінювач*, приміщення (6 – 7 м)
Рівномірна	1,8 – 2,6	Світильники Універсаль*, Люцета*, невисокі приміщення (до 6 м)
Напівширока	1,4 – 2,0	Світильники з люмінесцентними лампами, невисокі приміщення (до 6 м)

Примітка. \* Світильники з лампами розжарювання

Загальна кількість світильників:

$$n = n_A \cdot n_B = 15 \cdot 10 = 150 \text{ шт.}$$

За методом коефіцієнта використання світлового потоку визначають необхідний світловий потік однієї лампи за формулою:

$$F_{\dot{e}} = \frac{100 E_n S K Z}{\eta n}, \quad (5.45)$$

де  $E_n$  – нормоване значення освітленості горизонтальної робочої поверхні, лк (табл. Д.2, Д.5 додаток Д);

$S$  – площа приміщення,  $m^2$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу,  $K = 1,5$  (табл. Д.4 додаток Д);

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення (при розташуванні світильників рядами приймають 1,1);

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку;

$n$  – кількість світильників;

Нормована освітленість для прокатного цеху при використанні ламп ДРЛ (газорозрядні лампи) складає 300 лк, коефіцієнт запасу – 1,3.

Коефіцієнт використання світлового потоку лампи залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стелі  $\rho_n$  і стін  $\rho_c$ , індексу приміщення (табл. Д.6 додаток Д).

Індекс приміщення знаходимо за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p (A + B)}, \quad (5.46)$$

де  $A, B$  – довжина й ширина приміщення, м;

$h$  – висота підвісу світильника від рівня робочої поверхні, м.

В нашому випадку індекс приміщення складає:

$$i = \frac{120 \cdot 80}{10(120 + 80)} = 4,8$$

Знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку для світильників з лампами ДРЛ по табл. Д.6 додатку Д (коефіцієнти відбиття стелі 50 %, стін – 30 %). Коефіцієнт використання складає 70 %.

Розраховуємо за формулою (5.45) світловий потік для однієї лампи:

$$F_{\text{е}} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 120 \cdot 80 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{70 \cdot 150} = 39223 \text{ лм}.$$

Вибираємо найближчу стандартну лампу (табл. Д.7 додаток Д), причому її світловий потік не повинен відрізнятись від розрахункового більше ніж на (- 10) – (+ 20)%. При неможливості вибрати лампу з таким наближенням коректується кількість ламп у світильнику  $n$ , або кількість світильників.

У нашому випадку необхідно взяти 2 лампи ДРЛ–700 ( $F_{\text{л}} = 33000$  лм,  $W_{\text{л}} = 700$  Вт) та ДРЛ–125 ( $F_{\text{л}} = 4800$  лм,  $W_{\text{л}} = 125$  Вт).

Визначаємо фактичну освітленість:

$$E_{\text{факт.}} = \frac{F_{\text{е}} \cdot i}{F_{\text{е}}} = \frac{(33000 + 4800) \cdot 300}{39223} = 289 \text{ лк}.$$

Відхилення фактичної освітленості від нормованої складає 4%, що відповідає вимогам.

Визначаємо загальну потужність освітлювальної установки:

$$W = (700 + 125) \cdot 150 = 123,75 \text{ кВт}.$$

Розрахована система загального освітлення забезпечує виконання нормативних вимог.

**Приклад 21.** Розрахувати загальне освітлення пульта управління (проводяться роботи з ПЕОМ), розміри якого  $A = 4$  м,  $B = 3$  м,  $H = 4,6$  м. Використовують світильники ЛПО 02 з чотирма люмінесцентними лампами ЛБ-20. Коефіцієнти відбивної здатності стелі, стін, робочої поверхні відповідно 0,7; 0,5; 0,3. Висота робочої поверхні 0,8 м, висота звису 0,1 м. Зорові роботи відносяться до III розряду, підрозряду «в».

**Розв'язання.** Освітлення приміщення з робочими місцями, що обладнанні ПЕОМ, здійснюється системою загального рівномірного освітлення з використанням люмінесцентних ламп. При цьому застосовують світильники із розсіювачами та дзеркальними екранними сітками або віддзеркалювачами, які укомплектовані високочастотними пускорегулювальними апаратами. Для розрахунку системи освітлення застосовують метод коефіцієнта використання світлового потоку за умови, що витримані рекомендовані співвідношення відстані між світильниками до висоти їх підвісу, відхилення не повинно бути більше 20 %. При цьому відношення довжини світильника до найкоротшої відстані від нього до розрахункової точки не повинно перевищувати 0,2. Якщо ці умови не виконуються використовують точковий метод розрахунку [19].

При проектуванні освітлення попередньо намічають число рядів світильників та їх розташування, враховуючи наступне:

- співвідношення відстані між рядами світильників  $L$  до висоти їх підвісу  $h$  не повинне бути більше 1,4 (висоту підвісу звичайно беруть не більшою 4...5 м);
- світильники установлюють рядами, переважно паралельно довшій стороні приміщення або стіни з вікнами;
- відстань від крайніх рядів до стін беруть рівною половині відстані між рядами;
- відстань від крайнього світильника у ряді і стіною дорівнює половині відстані між світильниками.

Формула (5.45) при розрахунку загального освітлення люмінесцентними лампами має наступний вигляд:

$$F = \frac{100 E_1 S K Z}{\eta N n}, \quad (5.47)$$

де  $N$  – кількість світильників;

$n$  – число ламп у світильнику.

Якщо спочатку розрахунку беруть певну лампу з відомим світловим потоком, то визначають кількість світильників:

$$N = \frac{100 E_1 S k Z}{n F_{\text{е}} \eta}, \quad (5.48)$$

де  $F_{л}$  – світловий потік однієї лампи, лм.

Нормована освітленість для зорових робіт III «в» становить 300 лк (табл. Д.2 додаток Д), коефіцієнт запасу,  $K = 1,3$  (табл. Д.4 додаток Д).

За допомогою таблиць Д.8 – Д.9 додатка Д знаходимо характеристики світильника и лампи: довжина світильника 655 мм, ширина 655 мм, світловий потік лампи 1180 лк, умовний номер групи – 11.

Перевіримо можливість застосування методу коефіцієнта використання світлового потоку у даному випадку.

Висота підвісу світильника визначається за формулою:

$$h = H - (h_{р.п.} + h_{зв.}), \quad (5.49)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_{р.п.}$  – висота робочої поверхні (може бути 0,7...1,2 м залежно від виконуваної роботи);

$h_{зв.}$  – звис - відстань від центру світильника до стелі (0,1...1,5 м залежно від висоти приміщення і висоти світильника).

Визначаємо за формулою (5.49) висоту підвісу світильників:

$$h = H - (h_{р.п.} + h_{зв.}) = 4,6 - (0,8 + 0,1) = 3,7 \text{ м.}$$

Перевіряємо можливість використання методу світлового потоку:

$$\frac{0,655}{3,7} = 0,18 < 0,2 ,$$

тобто використання методу правомірне.

За формулою (5.46) знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{4 \cdot 3}{3,7 (4 + 3)} = 0,46$$

Коефіцієнт використання світлового потоку визначається залежно від відбивної здатності стелі, стін і робочої поверхні (0,7; 0,5; 0,3) та індексу приміщення (0,46) відповідно даному типу світильників за таблицею Д.10 додатка Д. Для даного світильника, який відноситься до групи 11, при індексі приміщення 0,46 та заданих коефіцієнтах відбивної здатності коефіцієнт використання  $\eta = 19\%$ .

Визначаємо необхідну кількість світильників (світловий потік ламп ЛБ-20 відомий і конструктивно визначена кількість ламп у світильнику) за формулою (5.48):

$$N = \frac{100 E_i S K Z}{n F_e \eta} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{4 \cdot 1180 \cdot 19} = 5,7$$

Припускаємо розташування у 2 ряди ( $n_p$ ), паралельно довшій стороні приміщення, тоді число світильників у ряді буде дорівнювати:

$$N_p = \frac{N}{n_p} = \frac{5,7}{2} = 2,85$$

Число світильників у ряді приймаємо  $N_p = 3$ .

Загальна кількість світильників:

$$N = 2 \cdot 3 = 6$$

Визначаємо фактичну освітленість

$$E_{\hat{o}} = \frac{N n F_e \eta}{100 S K Z} = \frac{6 \cdot 4 \cdot 1180 \cdot 19}{100 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 314 \text{ лк},$$

що задовольняє нормам.

Відстань між світильниками у ряду:

$$R = \frac{A}{N_p} - \ell_c = \frac{4}{2} - 0,655 = 1,345 \text{ м}.$$

Відстань від крайніх світильників до стіни:

$$R' = \frac{R}{2} = \frac{1,345}{2} = 0,67 \text{ м}.$$

Відстань між суміжними рядами світильників (при ширині світильників 0,655 м):

$$\ell_1 = \frac{B}{n_p} - b = \frac{3}{3} - 0,655 = 0,345 \text{ м}.$$

Відстань між крайніми рядами і стінами:

$$\ell'_1 = \frac{\ell_1}{2} = \frac{0,345}{2} = 0,17 \text{ м}.$$

Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні, становить

$$W = 6 \cdot 4 \cdot 20 = 480 \text{ Вт} = 0,48 \text{ кВт}.$$

Розрахована система загального освітлення забезпечує виконання нормативних вимог.

**Приклад 22.** Розрахувати освітлення пульта управління. Приміщення освітлюється 6 світильниками типа ППД-200 (світловий потік однієї лампи дорівнює 2920 лм). Відстань між світильниками  $L = 2$  м, висота підвісу світильників  $H_p = 2,7$  м. Пульт знаходиться в точці А (рис. 5.2). Розрахувати також освітлення похилої панелі пульта світильниками 1, 2 и 3, якщо кут нахилу панелі складає  $60^\circ$ .

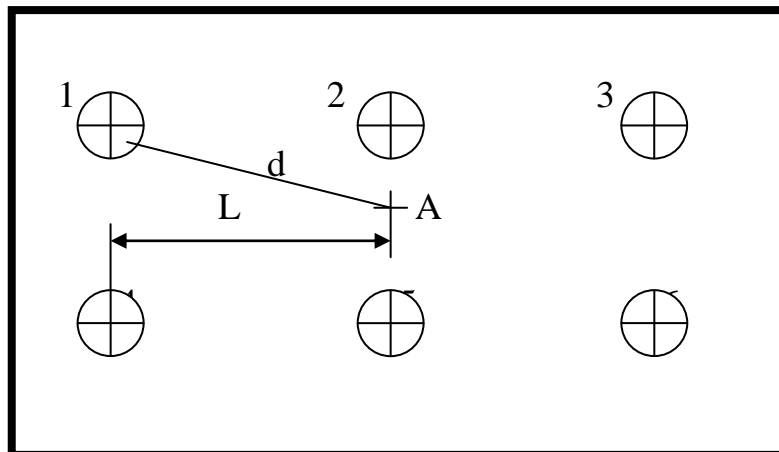


Рисунок 5.2 – Схема розташування світильників

**Розв'язання.** Для розрахунку освітлення потрібно використовувати точковий метод [5, 19]. Розрахуємо освітленість в точці А від 1-го світильника, для цього визначимо відстань від точки А до проекції осі симетрії:

$$d = \sqrt{L^2 + (L/2)^2} = \sqrt{2^2 + 1^2} = 2,2 \text{ м}$$

Тангенс кута падіння світлового потоку від 1-го світильника в точку А:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H_p} = \frac{2,2}{2,7} = 0,8.$$



Кут падіння світлового потоку від 1-го світильника в точку А відповідно дорівнює  $38^\circ$ .

Згідно з даними табл. Д.11 додатка Д сила світла  $I_A$  умовної лампи в напрямку кута  $38^\circ$  складає 169 кд.

Освітленість горизонтальної поверхні від світильника с умовної лампою при світловому потоку, рівному 1000 лк, дорівнює:

$$e_{\tilde{a}} = \frac{I_a \cos^3 \alpha}{H_{\tilde{a}}^2} = \frac{169 \cdot \cos^3 38}{2,7^2} = 11 \text{ лк}. \quad (5.50)$$

Така ж освітленість здійснюється від 3, 4 та 6-го світильників. Освітленість від 2-го и 5-го світильників розраховуємо аналогічно:

$$d = 1\text{м}; \quad \text{tg} \alpha = 0,27; \quad \alpha = 21^\circ; \quad I_A = 190 \text{ кд}; \quad e_{\Gamma} = 21 \text{ лк}.$$

Сумарна умовна освітленість від усіх світильників відповідно дорівнює:

$$\sum e_{\Gamma} = 11 + 21 + 11 + 11 + 21 + 11 = 86 \text{ лк}.$$

Фактичну освітленість в точці А розраховують за формулою

$$E_{\tilde{a}} = \frac{F \mu \sum \tilde{a}}{1000 \hat{E}}, \quad (5.51)$$

де  $F$  – світловий потік лампи, лм;

$\mu$  – коефіцієнт, який враховує вплив дальніх світильників (приймається 1,1–1,2);

$K$  – коефіцієнт запасу (табл. Д.4 додатка Д).

В даному випадку фактична освітленість в точці А складає 212 лк.

Освітлення похилої панелі пульта здійснюється світильниками 1, 2 та 3, тому сумарна умовна освітленість складає:

$$\sum e_{\Gamma} = 11 + 21 + 11 = 43 \text{ лк}.$$

Для розрахунку освітлення похилих поверхонь використовують наступну формулу:

$$E = E_{\tilde{a}} (\cos \theta + p \sin \theta / H_p), \quad (5.52)$$

де  $\theta$  – кут нахилу поверхні відносно до площини, яка перпендикулярна осі симетрії світильника;

$r$  – відстань від точки проєкції світильника до розрахункової точки, м.

Освітленість панелі пульта, яка знаходиться під кутом  $60^\circ$ , відповідно за формулою (52) буде дорівнювати 87 лк.

Розрахована система освітлення пульта управління забезпечує виконання нормативних вимог.

## 5.6 Захисне заземлення

Одним з важливіших заходів з забезпечення електробезпеки є організація захисного заземлення [7, 15, 18, 28]. Методика розрахунку захисного заземлення наведено у прикладі 23. Для розрахунків захисного заземлення можна використати характеристики пристрою, які наведені в таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Характеристики пристрою захисного заземлення

Передостання цифра	$d$ , м	$l$ , м	$h$ , м	Остання цифра	$a$ , м	$b$ , м	Тип ґрунту	Вологість ґрунту
0	0,05	2,3	0,8	0	4,5	0,06	Ж	В
1	0,05	2,4	0,8	1	2,0	0,04	А	В
2	0,05	2,5	1,0	2	3,0	0,04	Б	В
3	0,10	2,6	0,5	3	4,0	0,05	В	С
4	0,10	2,7	0,9	4	5,0	0,05	Г	С
5	0,05	2,8	0,6	5	6,0	0,06	Д	Н
6	0,05	2,9	0,4	6	7,0	0,06	Ж	Н
7	0,10	3,0	1,2	7	8,0	0,04	З	В
8	0,10	2,0	0,7	8	9,0	0,04	А	С
9	0,05	2,2	1,0	9	2,5	0,06	Г	Н

### Примітки:

1 У непарних варіантах заземлювачі розташовані по контуру, в парних – в ряд.

2 Вид ґрунту: А – пісок, Б – супісок, В – кам'янистий ґрунт, Г – суглинок, Д – глина, Ж – чорнозем, З – садова земля.

3 Вологість ґрунту: В – велика, С – середня, Н – низька.

**Приклад 23.** Розрахувати систему захисного заземлення, яка виконана з вертикальних труб, з'єднаних стрічковою шиною та розташованих по контуру будівлі. Характеристики пристрою: довжина труби 2,4 м; діа-

метр труби 0,05 м; відстань між трубами 2,4 м; заглиблення пристрою 0,8 м; ширина смуги 0,8 м. Захисне заземлення розташовано в III кліматичній зоні, тип ґрунту – чорнозем.

**Розв'язання.** Розрахунок захисного заземлення здійснюється у такій послідовності [9]:

- визначають розрахунковий питомий опір ґрунту;
- розраховують опір розтіканню струму одного вертикального заземлювача;
- визначають необхідну кількість заземлювачів та орієнтовне їх розташування по периметру приміщення або в ряд з визначенням відстані між ними (відстань між заземлювачами та розташування їх в ряд або по контуру можуть бути задані – див. табл. 5.12);
- розраховують опір розтіканню з'єднувальної шини;
- розраховують загальний опір заземлюючого пристрою з урахуванням з'єднувальної шини.

Розрахунковий питомий опір ґрунту ( $\rho_p$ ) визначають за формулою:

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi, \quad (5.53)$$

де  $\rho$  – питомий опір ґрунту за вимірами або орієнтовно за даними табл. Ж.1 додатку Ж;

$\varphi$  – коефіцієнт сезонності, що залежить від кліматичних зон та виду заземлювача (табл. Ж.2 додатку Ж).

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi = 30 \cdot 1,5 = 45 \hat{\Omega} \cdot \text{м}.$$

Опір розтіканню струму одного вертикального стрижневого (трубчатого) заземлювача при заглибленні, Ом:

$$R_{\hat{\Omega}} = \frac{\rho_p}{2 \pi \ell} \left( \ln \frac{2 \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + \ell}{4 t - \ell} \right), \quad (5.54)$$

де  $\ell$  – довжина заземлювача, м;

$d$  – діаметр заземлювача, м;

$h$  – заглиблення заземлювача, м;

$t$  – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, м.

$$t = h + \frac{\ell}{2} = 0,8 + \frac{2,4}{2} = 2 \hat{\text{м}}.$$

В нашому випадку:

$$R_{\hat{a}} = \frac{P_p}{2 \pi \ell} \left( \ln \frac{2 \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + \ell}{4 t - \ell} \right) = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,4} \left( \ln \frac{2 \cdot 2,4}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + 2,4}{4t - 2,4} \right) = 14,5 \hat{\Omega}$$

Формули для розрахунку опору розтіканню струму заземлювачів інших видів наведено у табл. Ж.3 додатку Ж.

Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів, шт.:

$$n' = \frac{R_{\hat{a}}}{R_{\hat{1}}} , \quad (5.55)$$

де  $R_H$  – найбільший допустимий опір заземлюючого пристрою (згідно з «Правилами устроювання електроустановок»  $R_H = 4 \text{ Ом}$ ).

$$n' = \frac{R_{\hat{a}}}{R_{\hat{1}}} = \frac{14,5}{4} = 3,625 \approx 4 \text{ шт.}$$

Шляхом розташування отриманої кількості заземлювачів на плані визначають орієнтовно відстань між ними та коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів  $\eta_B$  (табл. Ж.4 додатку Ж) залежно від кількості стрижнів і відношення відстані між ними до їх довжини.

Необхідна кількість заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання  $\eta_B$ :

$$n = \frac{R_{\hat{a}}}{R_{\hat{1}} \eta_{\hat{a}}} . \quad (5.56)$$

Визначаємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів  $\eta_B$  (табл. Ж.4 додатку Ж) залежно від кількості стрижнів і відношення відстані між ними до їх довжини:

$$\frac{a}{\ell_{\hat{a}}} = \frac{2,4}{2,4} = 1, \quad \eta_B = 0,7.$$

Необхідна кількість заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання  $\eta_B$ :

$$n = \frac{R_{\hat{a}\hat{a}}}{R_{\hat{a}} \eta_{\hat{a}}} = \frac{14,5}{4 \cdot 0,7} = 5,17 \approx 5.$$

Опір розтіканню з'єднувальної шини при заглибленні з урахуванням коефіцієнта її використання  $\eta_{\text{ш}}$  (табл. Ж.5 додатку Ж), Ом:

$$R_{\emptyset} = \frac{\rho_{\delta}}{2 \pi L \eta_{\emptyset}} \ln \frac{2 L^2}{b h}, \quad (5.57)$$

де  $L$  — довжина шини, м;

$b$  — ширина шини, м;

$\eta_{\text{ш}}$  — коефіцієнта використання шини, м.

Довжина шини визначається за формулою:

$$L = 1,05 a n, \quad (5.58)$$

де  $a$  — відстань між заземлювачами, м.

Визначаємо коефіцієнта використання та довжину шини:

$$\eta_{\text{ш}} = 0,74, \quad L = 1,05 \cdot 2,4 \cdot 5 = 12,6 \text{ м.}$$

Загальний опір складного заземлюючого пристрою, Ом:

$$R = \frac{1}{\frac{\eta_{\emptyset}}{R_{\emptyset}} + \frac{n \eta_{\hat{a}}}{R_{\hat{a}\hat{a}}}} \leq R_{\hat{a}}. \quad (5.59)$$

Якщо загальний опір більший від нормативного, необхідно збільшити кількість заземлювачів або змінити їх розташування.

$$R = \frac{1}{\frac{\eta_{\emptyset}}{R_{\emptyset}} + \frac{n \eta_{\hat{a}}}{R_{\hat{a}\hat{a}}}} = \frac{1}{\frac{0,74}{1,3} + \frac{5 \cdot 0,7}{14,5}} = 1,3 \hat{\Omega}.$$

Розраховане значення опору заземлюючого пристрою менше нормативного ( $1,3 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$ ), отже пристрій спроектовано вірно.

## 5.7 Визначення категорії приміщення з вибухово-пожежної та пожежної небезпеки

Основним заходом щодо забезпечення пожежної безпеки є визначення категорії виробничого приміщення з вибухово-пожежної та пожежної небезпеки, а також визначення типу і необхідної кількості первинних засобів пожежогасіння.

**Приклад 24.** Визначити тип і необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння. Обчислювальний зал (площа 1200 м<sup>2</sup>) перебуває в адміністративному корпусі підприємства.

**Розв'язання.** Розглянемо методику визначення категорії виробничого приміщення з вибухово-пожежної та пожежної небезпеки [18].

Категорія вибухово-пожежної і пожежної небезпеки визначається відповідно до ОНТП 24–86 «Визначення категорій приміщень і будинків по вибухово-пожежної та пожежної небезпеки» (додаток К табл. К.1).

Будинок ставиться до категорії А, якщо в ньому сумарна площа приміщень категорії А перевищує 5% площі всіх приміщень або 200 м<sup>2</sup>. Будинок ставиться до категорії Б, якщо одночасно виконуються дві умови:

- будинок не належить до категорії А;
- сумарна площа приміщень категорії А і Б перевищує 5% площі всіх приміщень або 200 м<sup>2</sup>.

Будинок ставиться до категорії В, якщо одночасно виконуються дві умови:

- будинок не належить до категорій А або Б;
- сумарна площа приміщень категорій А, Б і В перевищує 5% (10%, якщо в будинку відсутні приміщення категорій А і Б) площі всіх приміщень.

Будинок ставиться до категорії Г, якщо одночасно виконуються дві умови:

- будинок не належить до категорій А, Б або В;
- сумарна площа приміщень категорій А, Б, У і Г перевищує 5% площі всіх приміщень.

Якщо будинок не належить до категорій А, Б, В або Г, те, виходить, категорія будинку може бути визначена як Д.

Визначення категорії необхідно здійснювати шляхом послідовної перевірки приналежності приміщення до категорій, впливаючи від найвищої (категорія А) до найменшої (категорія Д).

У нашому прикладі відповідно до табл. К.1 додатку К приміщення й будинок ставляться до категорії Д.

Необхідна кількість вогнегасників й їх тип визначаються залежно від їх вогнегасної спроможності, граничної захищувальної площі, категорії приміщення за вибухово-пожежною та пожежною небезпекою, а також від класу пожежі, типу горючих речовин і матеріалів (табл. К.1 – К.4 додатку К).

Категорії пожеж відповідно до міжнародного стандарту (ISO №3941-77) наведені в таблиці К.2 додатку К. У нашому випадку можливе загоряння електроустаткування, тобто клас можливої пожежі Е.

Вибір типу й кількості вогнегасників для оснащення приміщення ви-

робляється на основі рекомендацій, представлених у таблицях К.3 – К.4 додатку К. Виходячи з категорії приміщення за вибухово-пожежною та пожежною небезпекою (категорія Д) і площі, що захищається (1200 м<sup>2</sup>) відповідно до рекомендацій визначаємо, що для захисту приміщення обчислювального залу необхідні 2 порошкових вогнегасники ємністю 5 літрів або 2 вуглекислотних вогнегасники ємністю 5 літрів.

**Приклад 25.** Визначити категорію будівлі за вибухово-пожежною та пожежною небезпекою, а також тип і необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння. Характеристика виробничих приміщень наведено у таблиці 5.13. Загальна площа 800 м<sup>2</sup>.

**Розв’язання.** Визначаємо категорію виробничого приміщення з вибухово-пожежної та пожежної небезпеки за методикою, яка наведено у прикладу 27 та даних табл. 5.13.

*Таблиця 5.13 – Характеристика виробничих приміщень*

Характеристика приміщення	Категорія приміщення	Частка площі приміщення у загальній площі, %
Плавильне відділення	В	20
Відділення обробки виробів та їх термічної обробки	В	30
Відділення обробки магнієвих виробів на металорізальних верстатах	Б	2
Відділення нанесення покриття на вироби	А	2
Відділення приготування сумішей	Д	16
Склад продукції	В	20
Санітарно-побутові приміщення	Д	10

Будинок не належить до категорії А, тому що в ньому сумарна площа приміщень категорії А не перевищує 5% площі всіх приміщень (сума складає тільки 2%). Будинок не належить до категорії Б, тому що в ньому сумарна площа приміщень категорії А і Б не перевищує 5% площі всіх приміщень (сума складає тільки 4%). Будинок належить до категорії В, тому що в ньому сумарна площа приміщень категорії А, Б та В значно перевищує 5% площі всіх приміщень (сума складає 74%).

Визначаємо категорію пожеж відповідно до міжнародного стандарту (ISO №3941–77). У нашому випадку можливе загоряння металів та їх сплавів, тобто клас можливої пожежі D (згідно таблиці К.2 додатку К).

Вибір типу й кількості вогнегасників для оснащення приміщення виробляється на основі рекомендацій, представлених у таблицях К.3 – К.4 додатку К. Виходячи з категорії приміщення за вибухово-пожежною та пожежною небезпекою (категорія В) і площі, що захищається (800 м<sup>2</sup>) відповідно до рекомендацій визначаємо, що для захисту приміщення ливарного виробництва необхідні 4 порошкових вогнегасники ємністю 5 літрів або 2 ємністю 10 літрів.

## ЛІТЕРАТУРА

- 1 Безопасность производственных процессов: справочник / Под ред. С. В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
- 2 Безопасность труда в промышленности: справочник / К. Н. Ткачук [и др.] – К.: Техника, 1982. – 231 с.
- 3 **Васильев Г. А.** Основы безопасности труда на предприятиях черной металлургии / Г. А. Васильев, В. Д. Жидков, Л. Г. Шакирзянова. – М.: Металлургия, 1983. – 224 с.
- 4 Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов / М. И. Гримитлин [и др.] – М.: Машиностроение, 1978. – 272 с.
- 5 **Виноградов Б. В.** Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении: сборник расчетов / Б. В. Виноградов. – М.: Машиностроение, 1963. – 264 с.
- 6 **Воскобойников В. Г.** Общая металлургия: учебник / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. – М.: Академкнига, 2002. – 768 с.
- 7 **Гажаман В. І.** Електробезпека на виробництві: навч. посібник / В. І. Гажаман. – К.: Охорона праці, 2002. – 272 с.
- 8 **Глушков Л. А.** Защита от перегревов в горячих цехах металлургических заводов / Л. А. Глушков. – М.: Металлургия, 1963. – 215 с.
- 9 **Дементий Л. В.** Охрана труда в автоматизированном производстве. Обеспечение безопасности труда / Л. В. Дементий, А. Л. Юсина. – Краматорск: ДГМА, 2007. – 300 . – ISBN 978-966-379-163-0.
- 10 **Заборов В. И.** Защита от шума и вибрации в черной металлургии / В. И. Заборов, Л. Н. Клячко, Г. С. Росин. – М.: Металлургия, 1976. – 248 с.
- 11 **Злобинский В. М.** Охрана труда в металлургии / В. М. Злобинский. – М.: Металлургия, 1975. – 336 с.
- 12 **Ильинский Б. Д.** Техника безопасности и противопожарная техника в черной металлургии / Б. Д. Ильинский. – М.: Металлургия, 1967. – 370 с.
- 13 Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проєктів інженерно-будівельних спеціальностей: навч. посіб. / За ред. В. В. Сафонова. – К.: Основа, 2000. – 336 с. – ISBN 966-7233-23-5.
- 14 **Лагунов Л. В.** Борьба с шумом в машиностроении / Л. В. Лагунов, Г. Л. Осипов. – М.: Машиностроение, 1980. – 150 с.
- 15 **Маньков В. Д.** Защитное заземление и зануление электроустановок: справочни к/ В. Д. Маньков, С. Ф. Заграничный. – СПб.: Политехника, 2005. – 400 с. – ISBN 5-7325-0791-4.
- 16 **Молчанова З. В.** Охрана труда в прокатном производстве / З. В. Молчанова. – М.: Металлургия, 1973. – 248 с.
- 17 **Петров С. В.** Теплозащита в металлургии: Справочник / С. В. Петров, А. Ф. Шорин. – М.: Металлургия, 1961. – 120 с.
- 18 Практикум із охорони праці: навч. посібник / За ред. В. Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с. – ISBN 966-7760-09-X.



19 **Сивко В. Й.** Розрахунки з охорони праці / В. Й. Сивко. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 152 с. – ISBN 966-7570-90-8.

20 **Смирнов Н. В.** Пожарная безопасность предприятий черной металлургии. Справочник / Н. В. Смирнов, Л. И. Коган. – М.: Металлургия, 1969. – 431 с.

21 Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.

22 Справочная книга по охране труда в машиностроении / Под ред. О. Н. Русака. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 541 с. – ISBN 5-217-00415-0.

23 Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование: справочник / Под ред. С. В. Белова. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с. – ISBN 5-217-00407-X.

24 **Чижигов Г. І.** Охорона праці в галузі: Курс лекцій для студентів спеціальності МО / Г. І. Чижигов, С. А. Гончарова, Ю. К. Доброносів. – Краматорськ: ДДМА, 2004. – 140 с. – ISBN 5-7763-0430-X.

25 **Халецкий И. М.** Вентиляция и отопление заводов черной металлургии. Справочник / И. М. Халецкий. – М.: Металлургия, 1981. – 240 с.

26 **Шаприцкий В. Н.** Вентиляция и отопление прокатных цехов / В. Н. Шаприцкий. – М.: Металлургия, 1988. – 186 с.

27 **Шишкова А. П.** Охрана окружающей среды от загрязнениями предприятиями черной металлургии / А. П. Шишкова. – М.: Металлургия, 1982. – 208 с.

28 Электробезопасность на промышленных предприятиях: справочник / Р. В. Сабарно [и др.] – К.: Техника, 1985. – 288 с.

29 Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 240 с.

30 Эргономика: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. В. Адамчук. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 254 с. – ISBN 5-238-0086-3.

31 **Юдашкин М. Н.** Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии / М. Н. Юдашкин. – М.: Металлургия, 1984. – 320 с.

**Додаток А**  
**Рекомендації з використання нормативно-технічної документації**

*Таблиця А.1 – Стандарти системи безпеки праці*

Позначення	Найменування
<b>ССБТ. Підсистема 0</b>	
ГОСТ 12.0.001-82	Основные положения
ГОСТ 12.0.002-80	Термины и определения
ГОСТ 12.0.003-74	Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
<b>ССБТ. Підсистема 1</b>	
ГОСТ 12.1.001-89	Ультразвук. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.002-84	Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах
ГОСТ 12.1.003-89	Шум. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.004-91	Пожарная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.005-88	Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.1.006-84	Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ГОСТ 12.1.007-76	Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
ГОСТ 12.1.008-76	Биологическая безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.009-76	Электробезопасность. Термины и определения
ГОСТ 12.1.010-76	Взрывобезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.011-78	Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний
ГОСТ 12.1.012-90	Вибрационная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.018-79	Статическое электричество. Искробезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.019-79	Электробезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.029-80	Средства и методы защиты от шума
ГОСТ 12.1.030-87	Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
ГОСТ 12.1.031-81	Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения
ГОСТ 12.1.033-81	Пожарная безопасность. Термины и определения
ГОСТ 12.1.034-81	Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях
ГОСТ 12.1.038-82	Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
ГОСТ 12.1.040-83	Лазерная безопасность. Общие положения

Продовження таблиці А.1

Позначення	Найменування
ГОСТ 12.1.044-89	Пожароопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
ГОСТ 12.1.045-84	Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
ССБТ. Підсистема 2	
ГОСТ 12.2.003-91	Оборудование производственное. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.009-80	Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.017-76	Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.020-76	Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка
ГОСТ 12.2.022-80	Конвейеры. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.032-78	Общие эргономические требования. Рабочее место при выполнении работ сидя
ГОСТ 12.2.033-78	Общие эргономические требования. Рабочее место при выполнении работ стоя
ГОСТ 12.2.040-79	Гидроприводы объемные и системы смазочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.049-80	Оборудование производственное. Общие эргономические требования
ГОСТ 12.2.061-81	Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
ГОСТ 12.2.064-81	Органы управления производственным оборудованием. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.065-81	Краны грузоподъемные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.072-82	Роботы промышленные, роботизированные технологические комплексы и участки. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.074-82	Лифты электрические. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.2.119-88	Линии автоматические роторные и роторно-конвейерные. Общие требования безопасности
ССБТ. Підсистема 3	
ГОСТ 12.3.001-73	Пневмоприводы. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.002-75	Процессы производственные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.004-75	Термическая обработка металла. Общие требования безопасности

Продовження таблиці А.1

Позначення	Найменування
ГОСТ 12.3.009-76	Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.020-80	Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.027-81	Работы литейные. Требования безопасности
ССБТ. Підсистема 4	
ГОСТ 12.4.009-83	Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание
ГОСТ 12.4.011-89	Средства защиты работающих. Классификация
ГОСТ 12.4.021-75	Системы вентиляционные. Общие требования
ГОСТ 12.4.026-76	Цвета сигнальные и знаки безопасности
ГОСТ 12.4.040-78	Символы органов управления производственным оборудованием
ГОСТ 12.4.046-78	Методы и средства вибрационной защиты
ГОСТ 12.4.103-83	Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация
ГОСТ 12.4.125-83	Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация

Таблица А.2 – Стандарты системы «Людина – машина»

Позначення	Найменування
ГОСТ 21033-75	Система «Человек – машина». Основные понятия. Термины и определения
ГОСТ 21034-75	Система «Человек – машина». Рабочее место человека-оператора. Термины и определения
ГОСТ 21889-76	Система «Человек – машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования
ГОСТ 21958-76	Система «Человек – машина». Зал и кабина оператора, взаимное расположение рабочих мест. Общие эргономические требования
ГОСТ 22269-76	Система «Человек – машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования
ГОСТ 22973-76	Система «Человек – машина». Общие эргономические требования. Классификация
ГОСТ 23000-76	Система «Человек – машина». Пульты управления. Общие эргономические требования

Таблиця А.3 – Нормативно-правові акти України

Позначення	Найменування
НПАОП 0.00-1.03-02	Правила будови і безпечної експлуатації вантажо-підіймальних кранів
НПАОП 0.00-1.07-94	Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском
НПАОП 0.00-1.11-98	Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пару і гарячої води
НПАОП 0.00-1.17-92	Єдині правила безпеки при вибухових роботах
НПАОП 0.00-1.29-97	Правила захисту від статичної електрики
НПАОП 0.00-1.30-01	Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями
НПАОП 0.00-1.31-99	Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин
НПАОП 0.00-4.09-93	Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства
НПАОП 0.00-4.11-93	Типове положення про роботу уповноважених трудових колективів з питань охорони праці
НПАОП 0.00-4.12-05	Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці
НПАОП 0.00-4.15-98	Положення про розробку інструкцій з охорони праці
НПАОП 0.00-4.21-04	Типове положення про службу охорони праці
НПАОП 0.00-4.33-99	Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій
НПАОП 0.00-6.02-04	Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві
НПАОП 0.00-6.23-92	Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці
НПАОП 0.00-7.06-94	Єдина державна система показників обліку умов та безпеки праці
НПАОП 0.00-8.24-05	Перелік робіт з підвищеною небезпекою
НПАОП 27.0-1.01-87	Загальні правила безпеки для підприємств і організацій металургійної промисловості
НПАОП 27.1-1.03-97	Правила безпеки у сталеплавильному виробництві
НПАОП 27.1-1.04-97	Правила безпеки у прокатному виробництві
НПАОП 27.1-1.11-89	Правила безпеки при ремонті устаткування на підприємствах чорної металургії
НПАОП 27.1-1.46-69	Правила техніки безпеки в мартенівському і електросталеплавильному виробництві
НПАОП 27.1-5.01-81	Типова інструкція з безпеки праці для робітників прокатного виробництва

Продовження таблиці А.3

Позначення	Найменування
НПАОП 27.1-5.02-81	Типова інструкція з безпеки праці для професій сталеплавильного виробництва
НПАОП 27.1-5.04-81	Типова інструкція з безпеки праці для робітників доменного виробництва
НПАОП 27.2-1.06-87	Правила безпеки у трубному виробництві
НПАОП 27.2-7.07-82	ОСТ 14.20-95-82 Виробництво труб. Загальні вимоги безпеки
НПАОП 27.2-7.05-88	ОСТ 14.20-227-88 Обладнання для виробництва металевих труб. Загальні вимоги безпеки
НПАОП 27.35-1.05-97	Правила безпеки у феросплавному виробництві
НПАОП 27.4-7.15-86	ОСТ 48.264-86 Огородження рухомих частин устаткування. Загальні технічні вимоги
НПАОП 27.5-1.15-97	Правила безпеки у ливарному виробництві
НПАОП 27.5-1.24-58	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії в ливарному виробництві машинобудівної промисловості
НПАОП 27.5-7.01-83	ОСТ 14.20-131-83 Вібрація. Методи розрахунку віброізоляції робочого місця оператора металургійного устаткування
НПАОП 27.5-7.28-83	ОСТ 14.20-134-83 Прозорі теплозахисні екрани. Типи. Вимоги безпеки
НПАОП 28.0-1.12-60	Правила безпеки при роботі в цехах гарячої і холодної прокатки алюмінієвих і магнієвих сплавів
НПАОП 28.5-1.02-68	Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при термічній обробці металів
НПАОП 28.51-1.03-87	Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при термічній обробці металів
НПАОП 28.51-1.11-67	Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при термічній обробці металів
НПАОП 28.51-1.26-88	Правила з охорони праці при термічній обробці металів
НПАОП 40.1-1.01-97	Правила безпечної експлуатації електроустановок
НПАОП 40.1-1.07-01	Правила експлуатації електрозахисних засобів
НПАОП 40.1-1.21-98	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів
НПАОП 45.2-4.01-98	Положення про безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд

Таблиця А.4 – Норми та правила безпеки

Позначення	Найменування
СН 245-71	Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий
ОНТП 24-86	Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности
ДБН В.2.5-28-2006	Природне та штучне освітлення
СНиП 2.01.02-85	Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений
СНиП 2.09.02-85	Производственные здания
СНиП 2.04.05-91	Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
ДСанПіН 3.3.2-007-98	Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
ДСН 3.3.6.037-99	Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку
ДСН 3.3.6.039-99	Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації
ДСН 3.3.6.042-99	Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
ДСН 3.3.6.096-2002	Державні санітарні норми і привила при роботі з джерелами електромагнітних полів

**Додаток Б**  
**Вимоги до повітря робочої зони**

Таблиця Б.1 – Оптимальні норми параметрів мікроклімату робочої зони виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99)

Період року	Категорія праці	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с, не більше
Холодний	Легка - Іа	22...24	40...60	0,1
	Легка - Іб	21...23		0,1
	Середньої важкості - Іа	18...20		0,2
	Середньої важкості - Іб	17...19		0,2
	Важка – ІІІ	16...18		0,3
Теплий	Легка - Іа	23...25		0,1
	Легка - Іб	22...24		0,2
	Середньої важкості - Іа	21...23		0,3
	Середньої важкості - Іб	20...22		0,3
	Важка – ІІІ	18...20		0,4

Таблиця Б.2 – Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони (ГОСТ 12.1.005-88)

Назва речовини	ГДК, мг / м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Азоту оксиди	5	2
Аміак	20	4
Ацетон	200	4
Кислота сірчана	1	2
Луги їдкі	0.5	2
Озон	0.1	1
Пил	6	3
Оксид вуглецю (II)	20	4

Таблиця Б.3 – Категорії робіт по ступені важкості (ДСН 3.3.6.042-99, ГОСТ 12.1.005-88)

Категорія робіт	Витрати енергії		Характеристика робіт
	Вт	ккал/ч	
Легка Іа	До 139	До 120	Роботи, які виконують сидячи з незначними фізичними напругами
Легка Іб	140–174	121–150	Роботи, які виконують сидячи або пов'язані з ходьбою та супроводжуються деякими фізичними напругами
Середньої важкості Іа	175–232	151–200	Роботи, які пов'язані з постійною ходьбою, переміщенням дрібних (до 1 кг) предметів в положенні «стоячи» або «сидячи» та вимагають незначної фізичної напруги
Середньої важкості Іб	233–290	201–250	Роботи, які пов'язані з ходьбою, переміщенням предметів вагою до 10 кг, супроводжуються помірною фізичною напругою
Важка ІІІ	Більше 290	Більше 250	Роботи, які пов'язані з переміщенням предметів вагою більше 10 кг та вимагають значної фізичної напруги

Таблиця Б.4 – Норми площі та об'єму для виробничих приміщень (СН 245–71, НПАОП 0.00-1.31-99)

Тип виробничого приміщення	Мінімальна площа на одне робоче місце, м <sup>2</sup>	Мінімальний об'єм на одне робоче місце, м <sup>3</sup>
Звичайні роботи	4,5	15
Роботи з ПЕОМ	6	20



Таблиця Б.5 - Вентиляція приміщень для роботи з ПЕОМ [8]

Об'єм приміщення на одного робітника, м <sup>3</sup> /люд.	Об'єм вентиляційного повітря, м <sup>3</sup> /год
До 20	Не менше 30
20 – 40	Не менше 20
Більше 40 м <sup>3</sup> /люд. при наявності вікон та відсутності виділення шкідливих речовин	Допускається тільки природна вентиляція

Таблиця Б.6 – Допустимі значення температури повітря робочої зони (ДСН 3.3.6.042-99)

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	
		Постійні робочі місця	Тимчасові робочі місця
Холодний період	Ia	21 – 25	18 – 26
	Iб	20 – 24	17 – 25
	IIa	17 – 23	15 – 24
	IIб	15 – 21	13 – 23
	III	13 – 19	12 – 20
Теплий період	Ia	22 – 28	20 – 30
	Iб	21 – 28	19 – 30
	IIa	18 – 27	17 – 29
	IIб	15 – 27	15 – 29
	III	15 – 26	13 – 28

Примітка. Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання, зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2°С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт (табл. Б.1) і не повинна виходити за межі допустимих величин температури повітря (табл. Б.6)

Таблиця Б.7 – Нормування інтенсивності теплового випромінювання (ДСН 3.3.6.042-99)

Вид джерела	Площа опромінювання, %	Інтенсивність випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>
Нагріті поверхні устаткування, прилади освітлення	Більше 50	35
	25 ... 50	70
	Менше 25	100
Відкриті джерела випромінювання	Менше 25 (при обов'язковому використанні ЗІЗ)	140

Таблиця Б.8 – Рекомендації щодо захисту від інфрачервоного опромінення (ДСН 3.3.6.042-99)

Інтенсивність випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	Характеристика заходів щодо захисту
140 – 350	Збільшення на постійних робочих місцях швидкості руху повітря на 0,2 м/с більше за нормовані величини (табл. Б.1), застосування ЗІЗ та раціональний режим праці та відпочинку (табл. Б.9 –Б.11)
Більше 350	Застосування повітряного душування постійних робочих місць (табл. Б.12), застосування ЗІЗ та раціональний режим праці та відпочинку (табл. Б.9 –Б.11)

Таблиця Б.9 – Допустима тривалість безперервного інфрачервоного опромінення та регламентованих перерв протягом години (ДСН 3.3.6.042-99)

Інтенсивність випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	Тривалість роботи, хв.	Тривалість перерви, хв.	Сумарне опромінювання протягом зміни, %
350	20	8	До 50
700	15	10	До 45
1050	12	12	До 40
1400	9	13	До 30
1750	7	14	До 25
2100	5	15	До 15
2450	3,5	12	До 15

Таблиця Б.10 – Режим праці та відпочинку при проведенні ремонтних робіт виробничого устаткування при температурі повітря вище 28°С (ДСН 3.3.6.042-99)

Температура повітря, °С	Тривалість одноразових періодів (хв.)		Співвідношення праці та відпочинку
	праця	відпочинок	
28	36	24	1,5
30	34	25	1,33
32	32	26	1,2
34	30	27	1,1
36	28	28	1,0
38	26	29	0,9
40	24	30	0,8

Таблиця Б.11 – Тривалість регламентованих перерв при несприятливих мікрокліматичних умовах (ДСН 3.3.6.042-99)

Характеристика умов праці	Тривалість регламентованих перерв
При температурі повітря, що перевищує допустимий рівень	Не менше 10 % робочого часу на кожні 2°С перевищення
При поєднанні температури повітря, що перевищує допустимий рівень, з відносною вологістю, яка перевищує 75 %	Не менше 20 % робочого часу
При інтенсивності теплового опромінення понад 350 Вт/м <sup>2</sup> та опроміненні понад 25 % поверхні тіла	Встановлюється у відповідності з даними, які наведені в табл. Б.6

Таблиця Б.12 – Температура та швидкість руху повітря при повітряному душуванні (ДСН 3.3.6.042-99)

Категорія праці	Температура повітря, °С	Швидкість руху повітря, м/с	Температура повітря в струмені, що душує, (°С) при інтенсивності інфрачервоного опромінення, Вт/м <sup>2</sup>				
			350	700	1400	2100	2800
Легка Іа, Іб	До 28	1	28	24	21	16	–
		2	–	28	26	24	20
		3	–	–	28	26	24
		3,5	–	–	31	27	25
Середньої важкості Іа, Іб	До 27	1	27	22	–	–	–
		2	28	24	21	16	–
		3	–	27	24	21	18
		3,5	–	28	25	22	19
Важка	До 26	2	25	19	16	–	–
		3	26	22	20	18	17
		3,5	–	23	22	20	19

Таблиця Б.13 – Характеристика матеріалів для екранів [2, 9]

Матеріал	Температура, °С	Ступінь чорноти
Алюміній полірований	120 – 1600	0,04 – 0,062
Алюміній шорсткий	20 – 50	0,06 – 0,07
Алюміній окислений	50 – 600	0,11 – 0,3
Алюмінієві фарби	50 – 100	0,2 – 0,67
Залізо поліроване	400 – 1000	0,14 – 0,38
Залізо окислений	50 – 550	0,74 – 0,82
Жерсть біла	20 – 40	0,28
Стальний листовий прокат	900 – 1100	0,52 – 0,61

Продовження табл.Б.13

Матеріал	Температура, °С	Ступінь чорноти
Сталь окислена	30 – 400	0,8 – 0,98
Сталь розплавлена	1600 – 1800	0,28
Чавун полірований	200	0,11
Чавун окислений	200 – 600	0,64 – 0,78
Чавун розплавлений	1250 – 1350	0,28 – 0,29
Азбестовий картон	20	0,96
Цегла обпалена	500 – 1000	0,65 – 0,75
Цегла вогнетривка	1000	0,82 – 0,87
Цегла шамотня	20 – 250	0,59 – 0,85
Цегла червона	20	0,88 – 0,93
Скло	20 – 100	0,91 – 0,94
Емаль біла	100	0,92 – 0,96
Цемент	20	0,54
Вода	0 – 100	0,95 – 0,98

**Додаток В**  
**Вимоги до виробничого шуму та вібрації**

*Таблиця В.1 – Допустимі еквівалентні рівні звукового тиску( ДСН 3.3.6.037-99, ГОСТ 12.1.003-89)*

Робоче місце	Рівень звуку, дБ А
Приміщення конструкторських бюро, програмістів обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних та дослідних робіт	50
Приміщення керування, робочі кімнати	60
Кабіни спостережень і дистанційного керування:	
- без мовного зв'язку	80
- з мовним зв'язком по телефону	65
Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємств	80

*Таблиця В.2 – Коефіцієнти звукопоглинання матеріалів [2, 18]*

Матеріал	Коефіцієнт звукопоглинання $\alpha$ за частотою шуму 1000 Гц
Бетонна плита	0,02
Звичайна штукатурка	0,03
Штукатурка акустична (10 мм)	0,11
Перфорировані панелі	0,50
Лінолеум (5 мм)	0,03
Паркет	0,06

Таблиця В.3 – Звукоізоляція матеріалів [2, 18]

Матеріал	Маса 1 м <sup>2</sup> , кг	Звукоізоляція, дБ
Фанера 3,2 мм	2,2–2,5	17–19
Фанера 6,42 мм	4,5	21
Дерево 5 см	27,5	18,5
Сталь листова 0,7 мм	5,6	25
Сталь листова 2 мм	15,7	33
Скло 3–4 мм	8–10	28
Скло 6 мм	16	31
Пластик із скла 11,5 мм	–	23
Повсть 15 мм	2,8	6
Картон 5 мм	3	16

Таблиця В.4 – Допустимі величини параметрів вібрації (ДСН 3.3.6.039-99, ГОСТ 12.1.012-90)

Локальна вібрація		Загальна вібрація	
Середня геометрична частота, Гц	Рівень віброшвидкості, дБ	Середня геометрична частота, Гц	Рівень віброшвидкості, дБ
8	120	2	108
16	120	4	99
32	117	8	93
63	114	16	92
125	111	31,5	92
1000	102	63	92
2000	99		

### Додаток Г

#### Вимоги до випромінювань

Таблиця Г.1 – Гранично допустимі рівні ЕМП (ДСН 3.3.6.096-2002)

Характеристика ЕМП, одиниці вимірювання	Діапазон	ГДР
Напруженість електричного поля, В/м	60 кГц – 3 МГц	50
	3 МГц – 30 МГц	20
	30 МГц – 50 МГц	10
	50 МГц – 300 МГц	5
Напруженість магнітного поля, А/м	60 кГц – 1,5 МГц	5
	30 МГц – 50 МГц	0,3
Густина потоку енергії, Вт/м <sup>2</sup>	300 МГц – 300 ГГц	0,1
Енергетичне навантаження, Вт·год/м <sup>2</sup>	300 МГц – 300 ГГц	2

## Додаток Д

### Вимоги до виробничого освітлення

*Таблиця Д.1 – Коефіцієнт природного освітлення (ДБН В.2.5-28-2006)*

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта, мм	Коефіцієнт природного освітлення, %	
		Верхнє і комбіноване освітлення	Бокове освітлення
Найвища точність	Менше 0,15	10	3,5
Дуже висока точність	0,15...0,3	7	2,5
Висока точність	0,3...0,5	5	2
Середня точність	0,5...1,0	4	1,5
Мала точність	1...5	3	1
Дуже мала точність	Більше 5	2	0,5

*Таблиця Д.2 – Норми освітленості (ДБН В.2.5-28-2006)*

Характеристика зорових робіт	Розряд зорових робіт	Підрозряд зорових робіт	Освітленість, лк	
			При комбінованому освітленні	При загальному освітленні
Високої точності	III	а	2000	500
		б	1000	300
		в	750	300
		г	400	200
Середньої точності	IV	а	750	300
		б	500	200
		в	400	200
		г	300	150
Малої точності	V	а	300	200
		б	200	150
		в	-	159
		г	-	100

*Таблиця Д.3 – Характеристика зорових робіт користувачів ЕОМ [9]*

Розряд і підрозряд зорової роботи	Робочі місця і поверхні
III «б»	Робочі столи інженерів з ремонту і налагодження блоків ЕОМ; монтажні схеми
III «г»	Пульти ЕОМ, дисплеї
IV «а»	Робочі місця електромеханіків ремонтної майстерні, пульти перфораційних машин, ремонтна майстерня
IV «б»	Машинні зали, кімнати підготовки інформації, приміщення перевірки приладів

Таблиця Д.4 – Значення коефіцієнта запасу при штучному освітленні (ДБН В.2.5-28-2006)

Тип приміщення	Значення коефіцієнта запасу	
	Лампи розжарювання	Газорозрядні лампи
Приміщення звичайні (менше 1 мг/м <sup>3</sup> пилю)	1,5	1,3
Приміщення пильні (1–5 мг/м <sup>3</sup> пилю)	1,8	1,5
Приміщення пильні (більше 5 мг/м <sup>3</sup> пилю)	2,0	1,7
Приміщення с особо чистим режимом	1,4	1,2

Таблиця Д.5 – Рекомендації до загального освітлення приміщень [21]

Цех, ділянка	Розряд зорових робіт	Освітлення, лк	
		ГРЛ	ЛР
Доменний цех			
Ливарний двір	VIII	200	150
Майданчики обслуговування	VIIIб	50	20
Розливна машина	VIIIа	75	30
Підбункерне приміщення	VIIIб	50	20
Сталеплавильний цех			
Конвертерний цех	VII	200	150
Електросталеплавильний	VII	200	150
Цех гарячої прокатки			
Нагрівальні колодязі	VII	200	150
Печі безперервної дії	VI	150	75
Прокатний стан	VII	200	150
Ножиці	VII	200	150
ВТК	IIIб	300	200
Цех холодної прокатки			
Прокатний стан проліт	IVб	200	150
Прокатний стан кліті	IVв	150	100
Агрегат різки	IVб	200	150
Агрегат отжигу (огляд)	IVа	400	300
Агрегат отжигу (очищення металу)	VI	150	75
Баштові печі (майданчики)	Vв	100	75
Оператори ЕОМ	III	300	–
Пульт керування	–	100	–

Таблиця Д.6 – Коефіцієнт використання світлового потоку

$\rho_{ст},$ %	$\rho_{с},$ %	Коефіцієнт використання $\eta, \%$ , при індексі приміщення $i$											
		0,5	0,6	0,8	1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
Світильник «Глибоковипромінювач»													
70	50	25	31	38	41	43	46	49	52	53	54	55	57
50	30	21	27	34	38	41	43	46	49	51	52	52	54
30	10	19	24	32	36	39	41	44	47	49	50	51	52
Світильник с лампами ДРЛ													
70	50	30	35	44	49	54	58	63	67	69	70	71	72
50	30	24	30	38	43	49	53	59	62	64	66	68	70
30	10	21	26	34	40	45	49	55	59	61	63	65	67
Світильник «Універсаль» без затінення													
70	50	28	34	39	45	48	51	55	59	60	61	62	63
50	30	24	30	35	43	45	48	52	55	57	58	59	60
39	10	21	27	32	41	44	46	50	54	55	56	57	58
Світильник «Люцетта»													
70	50	29	33	41	44	48	51	55	58	60	63	64	65
50	30	22	27	33	37	41	44	48	52	54	57	59	61
39	10	20	25	26	31	34	37	41	45	47	52	54	56

Таблиця Д.7 – Світлотехнічні характеристики джерел освітлення

Джерело освітлення	Тип	Параметри	
		Потужність, Вт	Світловий потік, лм
Лампи розжарювання	НВ-100	100	1240
	НВ-150	150	1900
	НВ-200	200	2700
	НВ-300	300	4350
	НВ-500	500	8100
	НВ-750	750	13100
Ртутні лампи	ДРЛ-80	80	2000
	ДРЛ-125	125	4800
	ДРЛ-250	250	10000
	ДРЛ-400	400	18000
	ДРЛ-700	700	33000
	ДРЛ-1000	1000	50000
Люмінесцентні лампи	ПТБ-20	20	900
	ЛТБ-40	40	2200
	ЛТБ-80	80	3540
	ЛД-80	80	4070
	ЛБ-80	80	5220



Таблиця Д.8 – Типи світильників з люмінесцентними лампами

Серія	Кількість (шт.) та потужність ламп (Вт)	Розміри, мм			Умовний номер групи
		довжина	ширина	висота	
Л 201	2 x 20	675	354	127	9
	2 x 40	1275	354	127	
	2 x 80	1575	354	127	
	4 x 20	675	675	127	
	4 x 40	1275	675	127	
	4 x 80	1575	675	127	
ЛПО 01	2 x 40	1313	255	118	8
	4 x 40	1313	490	118	
ЛПО 02	1 x 20	655	100	100	8
	1 x 40	1296	100	100	10
	2 x 20	655	214	95	11
	2 x 40	1296	214	95	10
	2 x 65	1596	214	95	10
	4 x 20	655	655	95	11

Таблиця Д.9 – Технічні характеристики люмінесцентних ламп

Тип лампи	Потужність, Вт	Світловий потік (номінальний), лм
ЛХБ 20	20	935
ЛБ 20		1180
ЛТБ 20		975
ЛДЦ 40	40	2100
ЛД 40		2340
ЛХБ 40		3000
ЛБ 40		3120
ЛТБ 40		3000
ЛДЦ 65	65	3050
ЛД 65		3370
ЛХБ 65		3820
ЛБ 65		4650
ЛТБ 65		3980
ЛДЦ 80	80	3740
ЛД 80		4070
ЛХБ 80		4440
ЛБ 80		5220
ЛТБ 80		4440

Таблиця Д.10 – Коефіцієнти використання світлового потоку

Тип світильника	Світильники групи 8					Світильники групи 9				
	$\rho_{ст}$	0,7	0,7	0,5	0,5	0	0,7	0,7	0,5	0,5
$\rho_c$	0,5	0,5	0,5	0,3	0	0,5	0,5	0,5	0,3	0
$\rho_{р.п}$	0,3	0,1	0,1	0,1	0	0,3	0,1	0,1	0,1	0
Індекс приміщення	Коефіцієнти використання, $\eta$ , %									
	0,5	23	20	20	17	10	20	20	19	15
0,6	28	26	24	20	14	25	24	22	19	14
0,7	32	30	28	24	17	29	27	25	22	16
0,8	35	33	30	26	19	32	0	27	24	18
0,9	38	35	33	29	21	34	32	30	26	20
1,0	41	38	35	31	23	37	34	32	28	22
1,1	43	40	37	33	25	39	36	33	30	24
1,25	45	41	38	35	27	41	37	35	2	25
1,5	49	45	42	38	30	44	40	38	35	28
1,75	52	47	44	41	32	45	42	40	37	30
2,0	54	49	45	42	33	48	44	41	39	31
2,25	56	51	47	44	35	50	45	42	40	33
2,5	58	52	48	46	36	52	46	44	41	34
3,0	60	54	50	48	38	54	48	45	43	35
3,5	62	55	51	49	39	55	49	46	44	36
4,0	64	56	52	50	40	56	50	46	45	37
5,0	67	59	54	53	43	59	52	48	47	39

Продовження таблиці Д.10

Тип світильника	Світильники групи 10					Світильники групи 11				
	$\rho_{ст}$	0,7	0,7	0,5	0,5	0	0,7	0,7	0,5	0,5
$\rho_c$	0,5	0,5	0,5	0,3	0	0,5	0,5	0,5	0,3	0
$\rho_{р.п.}$	0,3	0,1	0,1	0,1	0	0,3	0,1	0,1	0,1	0
Індекс приміщення	Коефіцієнти використання, $\eta$ , %									
0,5	22	20	19	15	12	19	18	15	13	08
0,6	25	24	22	19	14	22	21	19	16	12
0,7	29	27	26	22	17	25	24	22	19	14
0,8	32	30	28	24	19	27	26	24	21	16
0,9	35	32	31	27	21	30	28	27	23	18
1,0	38	35	33	29	23	32	30	28	25	20
1,1	40	36	35	31	25	34	31	30	27	22
1,25	42	38	36	33	27	36	33	32	29	23
1,5	45	41	39	36	30	39	36	34	32	26
1,75	48	44	42	39	33	42	38	36	34	28
2,0	50	45	43	40	34	43	39	38	35	30
2,25	52	47	45	42	36	45	41	39	37	31
2,5	54	48	46	44	37	47	42	40	38	33
3,0	56	50	48	45	39	49	44	42	40	34
3,5	58	51	49	47	40	50	45	43	41	36
4,0	59	52	50	48	42	51	46	44	42	37
5,0	62	54	52	50	44	54	47	45	44	39

Таблиця Д.11 – Розподіл світла світильників [10]

Тип світильника	Сила світла, кд, в напрямку $\alpha$ , °									
	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85
Люмінесцентні лампи										
ОД	242	241	230	215	190	158	119	76	40	10
ОДОР	208	205	192	173	148	118	82	50	25	10
Лампи розжарювання										
ППД-100	177	178	190	190	172	160	137	114	44	7
ППД-200	177	178	190	190	172	160	137	114	44	7

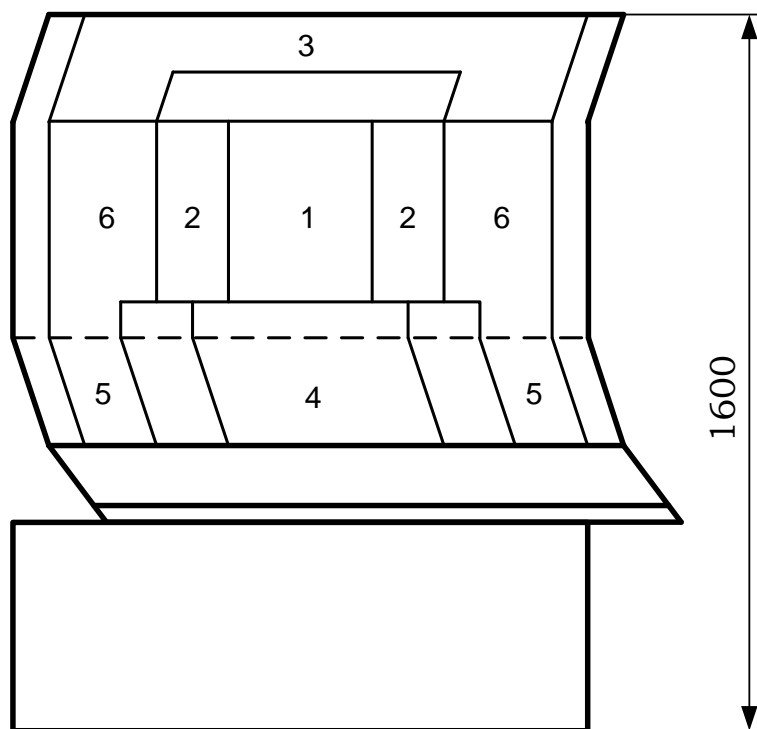
## Додаток Е

### Вимоги до пульта керування

Таблиця Е.1– Розміри зон розташування ЗВІ та ОК на панелях пульта в положенні «сидячи»

Номер зони*	Висота кромки над рівнем підлоги, мм		Ширина зони, мм
	нижньої	верхньої	
1	970	1220	380
2	970	1310	1010
3	1220	1600	1520
4	750	970	610
5	750	970	250
6	760	1220	150

\*Позначення зони розташування ЗВІ та ОК відповідно до рисунка Е.2.



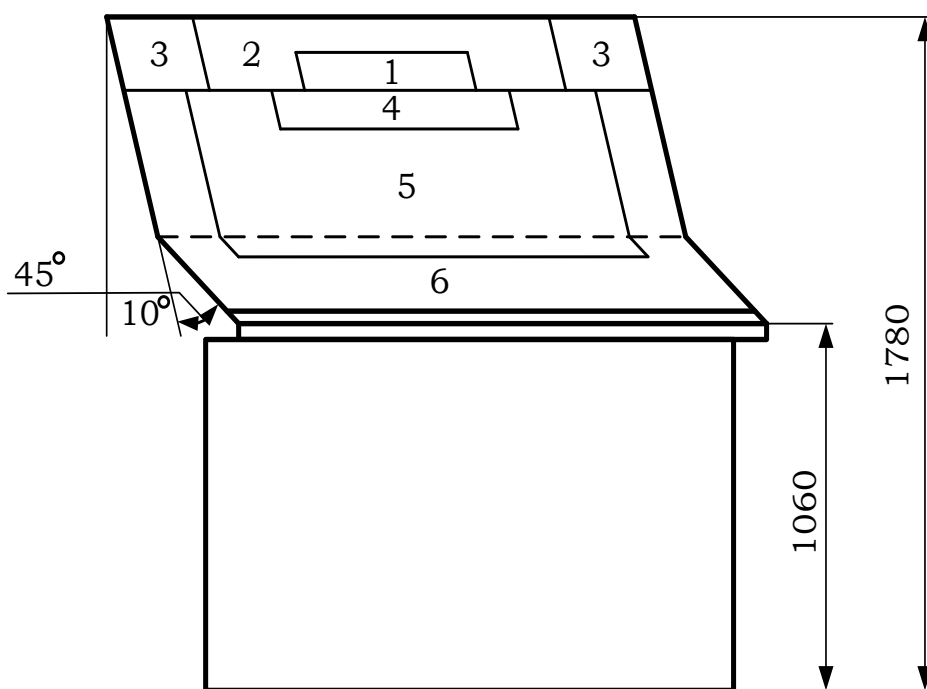
1, 2, 3 – ЗВІ; 4, 5, 6 - ОК

Рисунок Е.2 – Розташування засобів відображення інформації і органів керування на панелях пультів при роботі «сидячи»

Таблиця Е.3 – Розміри зон розташування ЗВІ та ОК на панелях пульта в положенні «стоячи»

Номер зони*	Висота кромки над рівнем підлоги, мм		Ширина зони, мм
	нижньої	верхньої	
1	1320	1630	380
2	1320	1780	1020
3	3	1780	250
4	1170	1320	610
5	1110	1320	1120
6	1060	1320	1370

\*Позначення зони розташування ЗВІ та ОК відповідно до рисунка Е.4.



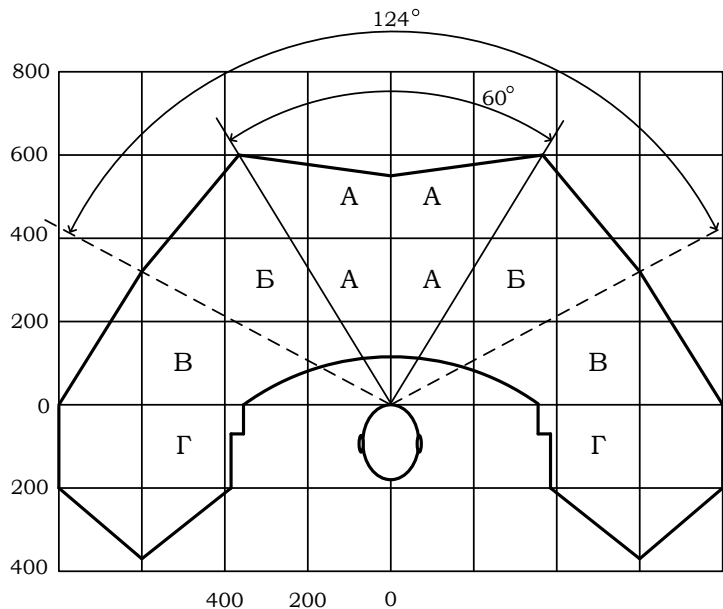
1, 2, 3 – найбільш важливі ЗВІ; 4, 5, 6 – менш важливі ЗВІ та ОК  
Рисунок Е.4 – Розташування засобів відображення інформації і органів керування на панелях пультів при роботі стоячи

Таблиця Е.5 – Розміри кутів огляду

Кут огляду	При повороті очей	При повороті голови	При повороті голови і очей
У горизонтальній площині*			
Оптимальний	15о	0о	15о
Максимальний	35о	60о	95о
У вертикальній площині**			
Оптимальний	15о	15о	15о
Максимальний:			
вниз	20о	35о	70о
вгору	40о	65о	90о

\* У горизонтальній площині кути огляду відлічуються по обидві сторони від лінії симетрії.

\*\* У вертикальній площині кути огляду відлічуються вниз і вгору від нормальної лінії погляду



*A* – зона для розташування найбільш важливих і часто використовуваних ЗВІ та ОК; *B* – зона для розташування нечасто використовуваних ЗВІ та ОК (в межах досяжності і огляду); *У* – зона для розташування рідко використовуваних ОК (в межах максимальної досяжності, огляд тільки при русі очей і голови); *Г* – зона для розміщення допоміжних ОК (за межами досяжності і огляду з початкового робочого положення)

Рисунок Е.6 – Зони розташування засобів відображення інформації і органів керування на панелях пульта в горизонтальній площині для роботи в положенні «сидячи»

Таблиця Е.7 – Висота столу для роботи на ПЕОМ

Зріст людини, см	Висота над підлогою, мм	
	Поверхня столу	Простір для ніг не менше
131...145	580	520
146...160	640	580
161...175	700	640
Більше 175	760	700

Примітки:

1 Оптимальний розмір робочої поверхні: довжина – 1600 мм, ширина – 900 мм. На поверхні столу повинна бути спеціальна підставка для документів, відстань від якої до очей повинна дорівнювати відстані від очей до клавіатури.

2 Ширина і глибина простору для ніг визначаються конструкцією столу. Розміри простору для ніг по висоті не менше 600 мм, по ширині – 500 мм, по глибині – 650 мм.

Таблиця Е.8 – Основні розміри стільця

Параметри стільця	Зріст людини, см		
	146...160	161...175	Більше 175
Висота сидіння, мм	380	420	460
Ширина сидіння, мм	320	340	360
Глибина сидіння, мм	360	380	400
Висота нижнього краю спинки, мм	160	170	190
Висота верхнього краю спинки, мм	330	360	400
Кут нахилу сидіння, °	0...4		
Кут нахилу спинки, °	95...108		

**Додаток Ж**  
**Вимоги до електробезпеки**

*Таблиця Ж.1 – Значення питомого опору ґрунтів і води та кліматичного коефіцієнту*

Ґрунт, вода	Питомий опір, Ом·м			Кліматичний коефіцієнт		
	При вологості 10-12% до маси ґрунту	Межі коливань	Рекомендоване для приблизних розрахунків	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$
Глина	40	8-70	60	1,6	1,3	1,2
Гравій, щебінь	–	–	2000	–	–	–
Кам'яний ґрунт	–	500-800	4000	–	–	–
Пісок	700	400-2500	500	2,4	1,56	1,2
Садова земля	40	30-60	50	–	1,3	1,2
Суглинок	100	40-150	100	2	1,5	1,4
Супісок	300	150-400	300	2	1,5	1,4
Торф	20	10-30	20	1,4	1,1	1
Чорнозем	200	9-53	30	–	1,32	1,2
Вода:	–	–	–	–	–	–
– у струмках	–	10-60	–	–	–	–
– ґрунтова	–	20-70	–	–	–	–
– морська	–	0,2-1	–	–	–	–
– ставкова	–	40-50	–	–	–	–
– річна	–	10-100	–	–	–	–

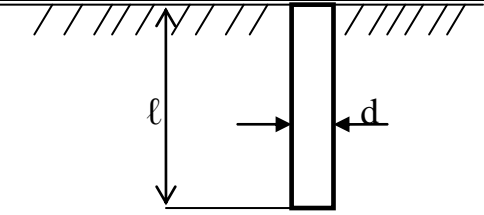
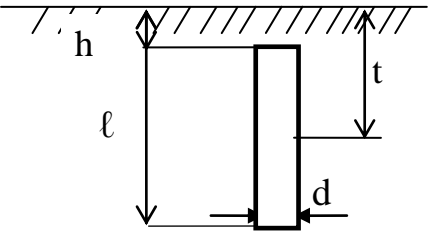
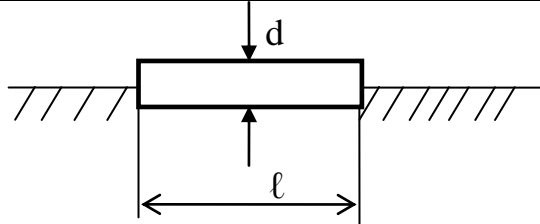
Примітка.  $\varphi_1$  при великій вологості ґрунту;  $\varphi_2$  – при середній вологості ґрунту;  $\varphi_3$  – при сухому ґрунті.



Таблиця Ж.2 – Коефіцієнти сезонності

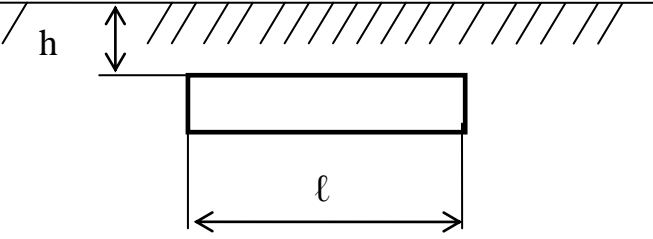
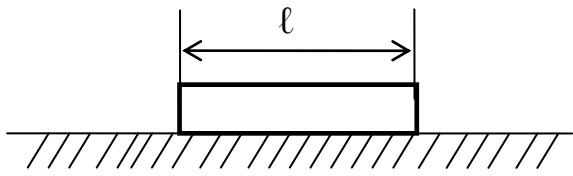
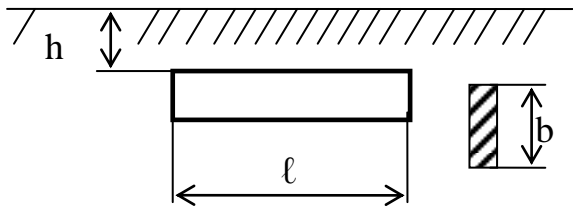
Характеристика кліматичних зон	Кліматичні зони			
	I	II	III	IV
Середня багаторічна нижча $t^{\circ}$ (січень)	Від $-20^{\circ}\text{C}$ до $-15^{\circ}\text{C}$	Від $-14^{\circ}\text{C}$ до $-10^{\circ}\text{C}$	Від $-10^{\circ}\text{C}$ до $-0^{\circ}\text{C}$	Від $0^{\circ}\text{C}$ до $+5^{\circ}\text{C}$
Середня багаторічна вища $t^{\circ}$ (липень)	Від $+16^{\circ}\text{C}$ до $+18^{\circ}\text{C}$	Від $+18^{\circ}\text{C}$ до $+22^{\circ}\text{C}$	Від $+22^{\circ}\text{C}$ до $+24^{\circ}\text{C}$	Від $+24^{\circ}\text{C}$ до $+26^{\circ}\text{C}$
Середньорічний рівень опадів, мм	$\approx 400$	$\approx 500$	$\approx 5000$	$\approx 300-500$
Тривалість замерзання вод (днів)	190–170	150	100	0
$k_c$ стрижневих заземлювачів ( $l = 2 - 3$ м, глибина заземлення 0,5 - 0,8 м)	1,8 – 2	1,5 – 1,8	1,4 – 1,6	1,2 – 1,4
$k_c$ горизонтальних заземлювачів ( $l = 2 - 3$ м, глибина заземлення 0,5 - 0,8 м)	4,5 – 7,0	3,5 – 4,5	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0
$k_c$ при довжині стрижнів 5 м та глибині заземлення 0,7 - 0,8 м	1,35	1,25	1,15	1,1

Таблиця Ж.3 – Значення опору розтікання природних заземлювачів

№	Тип заземлювача	Схема	Формула	Додаткові вказівки
1	2	3	4	5
1	Трубчатий або стрижневий біля поверхні ґрунту		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{4\ell}{d}$	$\ell \gg d$
2	Трубчатий або стрижневий в ґрунті		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \left( \ln \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + \ell}{5t - \ell} \right)$	$t > 5$
3	Горизонтальний круглого перерізу (труба, кабель і т.д.) на поверхні ґрунту		$R_3 = \frac{\rho}{\pi\ell} \ln \frac{2\ell}{d}$	$\ell/H \geq 5$

106

Продовження таблиці Ж.3

1	2	3	4	5
4	Горизонтальний круглого перерізу в ґрунті		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{\ell^2}{dh}$	$\ell/H \geq 5$
5	Горизонтальний смуговий на поверхні ґрунту		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{4\ell}{b}$	$\ell \gg d$
6	Горизонтальний – смуга в ґрунті		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{2\ell^2}{dh}$	$\ell/h \geq 5$

Таблиця Ж.4 – Коефіцієнт використання заземлювачів,  $\eta$

Відношення відстані між трубами (стрижнями) до їх довжини	При розташуванні в ряд		При розташуванні по контуру	
	Кількість заземлювачів	$\eta$	Кількість заземлювачів	$\eta$
1	2	0,84-0,87	4	0,66-0,72
	3	0,76-0,80	6	0,58-0,65
	5	0,67-0,72	10	0,52-0,58
	10	0,56-0,62	20	0,44-0,50
	15	0,51-0,56	40	0,38-0,44
	20	0,47-0,50	60	0,36-0,42
	-	-	100	0,33-0,39
2	2	0,90-0,92	4	0,76-0,80
	3	0,85-0,88	6	0,71-0,75
	5	0,79-0,83	10	0,66-0,71
	10	0,72-0,77	20	0,61-0,66
	15	0,66-0,73	40	0,55-0,61
	20	0,65-0,70	60	0,52-0,58
	-	-	100	0,49-0,55
3	2	0,93-0,95	4	0,84-0,86
	3	0,90-0,92	6	0,78-0,82
	5	0,85-0,88	10	0,74-0,78
	10	0,79-0,83	20	0,68-0,73
	15	0,76-0,80	40	0,64-0,69
	20	0,74-0,79	60	0,62-0,67
	-	-	100	0,59-0,65

Таблиця Ж.5 – Коефіцієнт використання шини,  $\eta_{ш}$

Відношення відстані між заземлювачами до їх довжини	Кількість заземлювачів					
	4	8	10	20	30	50
1	2	3	4	5	6	7
При розташуванні шини в ряд стрижнів						
1	0,77	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21
2	0,89	0,79	0,75	0,66	0,46	0,36
3	0,92	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49

Продовження табл. Ж.5

1	2	3	4	5	6	7
При розташуванні шини по контуру						
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,43	0,40	0,32	0,30	0,23
3	0,70	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

### Додаток К

#### Вимоги до пожежної безпеки

Таблиця К.1 – Характеристика категорій приміщень і будівель за вибухово-пожежною та пожежною небезпекою

Категорія приміщень	Характеристика речовин та матеріалів, що знаходяться (використовуються) в приміщенні
1	2
А Вибухонебезпечна	<p>Горючі гази, легкозаймісті рідини з температурою спалаху не більш 28°C в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.</p> <p>Речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа</p>
Б Вибухово-пожежонебезпечна	<p>Горючий пил чи волокна, легкозаймісті рідини з температурою спалаху не більш 28 С, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні чи парогазоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа</p>
В Пожежонебезпечна	<p>Легкозаймісті, горючі і важкогорючі рідини, тверді горючі і важкогорючі речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем чи повітря один з одним тільки горіти за умови, що приміщення, у яких вони чи знаходяться (використовуються), не належать до категорій А чи Б</p>

Продовження табл. К1

1	2
Г	Негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному чи розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я; пальні гази, рідини, тверді речовини, що чи спалюються утилізуються як паливо
Д	Негорючі речовини та матеріали в холодному стані

Таблиця К.2 – Класифікація пожеж

Клас пожежі	Характеристика речовин та матеріалів або об'єкта, що горить
А	Тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (дерево, текстиль, папір)
В	Горючі рідини чи тверді речовини, що розплавляються при нагріванні (нафтопродукти, спирти, каучук, стеарин, деякі синтетичні матеріали)
С	Пальні гази
Д	Метали та їх сплави (алюміній, магній, лужні метали)
Е	Обладнання під напругою

Таблиця К.3 – Пінні, порошкові, хладонові та вуглекислотні переносні вогнегасники [15]

Категорія приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	Клас пожежі	Пінні ємністю 10 л	Порошкові ємністю 10 л	Хладонові ємністю 2 л	Вуглекислотні ємністю 5 л
А, Б	200	А	2++	1++	–	–
		В	4+	1++	4+	–
		С	–	1++	4+	–
		Д	–	1++	–	–
		Е	–	1++	–	2++
В	400	А	2++	1+	–	2+
		Д	–	1++	–	–
		Е	–	1+	2+	2++
Г	800	В	2+	1+	–	–
		С	–	1+	–	–
Г, Д	1800	А	2++	1+	–	–
		Д	–	1++	–	–
		Е	–	1+	2+	2++

Таблиця К.4 – Повітряно-пінні, комбіновані, порошкові та вуглекислотні переносні вогнегасники [15]

Категорія приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	Клас пожежі	Повітряно-пінні ємністю 100 л	Комбіновані ємністю 100 л	Порошкові ємністю 100 л	Вуглекислотні ємністю 80 л
А, Б, В	500	А	1++	1++	1++	3+
		В	2+	1++	1++	3+
		С	–	1+	1++	3+
		Д	–	–	1++	–
		Е	–	–	1+	1++
В	800	А	1++	1++	1++	2+
		В	2+	1++	1++	3+
		С	–	1+	1++	3+
		Д	–	–	1++	–
		Е	–	–	1+	1+

Примітка. Знак "++" означає вогнегасники, що рекомендуються для оснащення об'єктів; знак "+" означає вогнегасники, використання яких дозволяється при відсутності рекомендованих вогнегасників; знак "-" означає вогнегасники, що не допускаються для оснащення об'єктів

*Навчальне видання*

**ГОНЧАРОВА Світлана Анатоліївна,  
ДЕМЕНТІЙ Лариса Володимирівна**

**ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СТУДЕНТІВ  
З ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ  
«ОХОРОНА ПРАЦІ»  
ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ  
для студентів спеціальності  
«МЕТАЛУРГІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ»**

Редактор

Комп'ютерна верстка О.П.Ордіна

2009. Підп. до друку Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Ум. друк. арк. . Обл.-вид. арк. .

Тираж прим. Зам.№

Донбаська державна машинобудівна академія  
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру  
серія ДК №1633 від 24.12.03