

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ**

**ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**  
**З ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ**  
**«ОХОРОНА ПРАЦІ»**  
**ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ**

Затверджено  
на засіданні  
вченої ради  
Протокол N 6 від 25.02.10

**Краматорськ 2009**

**УДК 658.382.3:621**  
**ББК 65.9(2)248**  
**Ю 89**

Рецензенти:

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

**Бойко В. Г.**, канд. техн. наук, доцент, Краматорський економіко-гуманітарний інститут

**Юсіна Г.Л.**

**Ю-89** Організація роботи студентів з виконання розділу «Охорона праці» дипломних проектів / Г.Л. Юсіна, Л.В. Дементій. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – 92 с.  
ISBN 978-966-379-398-6

У даному методичному посібнику наведено основні вимоги щодо змісту і оформлення розділу “Охорона праці” дипломних проектів для студентів спеціальностей “Автоматизоване управління технологічними процесами і виробництвами”, “Інформаційні технології проектування”, “Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”, “Інтелектуальні системи прийняття рішень”, наведено рекомендації щодо вибору конкретних завдань у залежності від теми дипломного проекту.

ISBN 978-966-379-398-6

**УДК 658.382.3:621**  
**ББК 65.9(2)248**

© Г.Л. Юсіна,  
Л.В. Дементій, 2009  
© ДДМА, 2009

## ЗМІСТ

Вступ	4
1 Вимоги щодо оформлення розділу «Охорона праці»	5
1.1 Загальні вимоги	5
1.2 Особливості проектування зі спеціальності АВП	6
1.3 Особливості проектування зі спеціальності ЕСА	7
1.4 Особливості проектування зі спеціальностями ІТ та ІСПР	8
2 Методики розрахунків основних засобів захисту	11
2.1 Оздоровлення повітря робочої зони	11
2.2 Виробниче освітлення	15
2.3 Захист від шуму та вібрації	23
2.4 Захист від випромінювання	28
2.5 Оцінка категорії важкості праці	37
2.6 Оцінка ефективності заходів з охорони праці	42
2.7 Електробезпека	43
2.8 Пожежна безпека	51
Додаток А. Рекомендації з використання нормативно-технічної документації	54
Додаток Б. Перелік питань до розгляду в дипломному проекті	60
Додаток В. Вимоги до повітря робочої зони	63
Додаток Г. Вимоги до виробничого освітлення	66
Додаток Д. Вимоги до виробничого шуму та вібрації	72
Додаток Е. Вимоги до роботи на ПЕОМ	73
Додаток Ж. Вимоги до електробезпеки	77
Додаток К. Вимоги до пожежної безпеки	83
Література	86

## ВСТУП

«Основи охорони праці» та «Охорона праці в галузі» – нормативні дисципліни, які вивчаються у 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 чинними законодавчими та іншими 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 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 умовах конкретних виробництв і основні напрямки та методи захисту довкілля.

Унаслідок 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 проєктів та науково-дослідних робіт виконують розділ «Охорона праці». Це є завершальний етап формування компетенції студентів у галузі охорони праці для подальшої професійної діяльності.

# 1 ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗДІЛУ „ОХОРОНА ПРАЦІ”

## 1.1 Загальні вимоги

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 їх впливу 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 назву нормативних документів приводити безпосередньо в тексті пояснювальної записки дипломного проекту (роботи) на язику 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 забезпечення безпечних і комфортних умов праці;

- розрахунок захисного пристрою, найбільш важливого для забезпечення безпечних і комфортних умов праці.

**Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів** здійснюється для базового варіанта на основі результатів роботи існуючих виробництв. Ціль даного підрозділу – обґрунтування необхідності здійснення й вибору заходів щодо забезпечення безпечних умов праці.

**Розробка заходів щодо забезпечення** безпечних і комфортних умов праці здійснюється у такий послідовності:

- заходи щодо забезпечення безпеки обладнання та технологічних процесів;

- санітарно-гігієнічні заходи (забезпечення якості повітря робочої зони, організація освітлення приміщення, захист від шуму, вібрації, випромінювання);
- заходи щодо забезпечення техніки безпеки (електробезпека, пожежна безпека).

**Розрахунок захисного пристрою**, найбільш важливого для забезпечення безпечних умов праці, здійснюється згідно з відповідними методиками (розділ 2). Якщо з об'єктивних причин розрахунок виконати неможливо, то наводиться тільки докладна характеристика основних захисних пристроїв або здійснюється аналіз можливих аварійних ситуацій (додаток Б).

Розрахунок пристрою наводиться за схемою:

- 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.

Другий і третій підрозділи виконуються з урахуванням специфіки дипломного проектування. **Особливості** виконання їх залежно від теми дипломного проекту або роботи наведені далі.

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.

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

## **1.2 Особливості проектування зі спеціальності АВП**

При проектуванні системи керування устаткуванням або процесом у **першому підрозділі** необхідно розглядати умови праці на конкретних робочих місцях по експлуатації проектованої системи керування. Системи керування застосовуються в різних галузях, які сильно відрізняються за умовами праці. Для полегшення виконання першого підрозділу рекомендується використати відповідні джерела інформації: при проектуванні систем для ливарного виробництва – [1, 6, 17], для ковальсько-пресового виробництва – [1, 17, 19], для металургійного виробництва – [20], для термічної обробки матеріалів – [1, 17], для механічної обробки матеріалів різанням – [1, 7, 17], для зварювальних робіт – [1, 17, 21], для підйомно-транспортних робіт – [1, 11, 17], для енергетичних об'єктів – [1], для будівельних робіт – [10].

У **другому підрозділі** необхідно дати характеристику переваг проектованого об'єкта з точки зору умов праці. Далі необхідно розглянути на-

ступні питання:

- вимоги до системи керування (розділ 4 [8]);
- вимоги до устаткування та організації процесу (розділ 2 [8]);
- санітарно-гігієнічні заходи – забезпечення чистоти повітря й параметрів мікроклімату, освітлення робочого місця, захист від шуму, вібрації та випромінювань (розділ 1 [8], [2, 3, 12, 15, 16, 17, 18], додатки В, Г, Д, Е);
- організація робочого місця оператора, вимоги до пульта керування (розділ 4.4 [8]);
- організація режиму праці й відпочинку (розділ 6.6 [8]);
- заходи щодо забезпечення техніки безпеки – електробезпечність, пожежна безпека (розділи 1, 5 [8], [5, 13, 15, 16, 18, 22, 23], додатки Ж та К).

Більш докладно необхідно розглянути вимоги до пульта керування, засобів відображення інформації й органів керування, робочих меблів та організації робочих місць.

У **третьому підрозділі** необхідно провести розрахунок захисного пристрою, найбільш важливого для забезпечення безпечних умов праці. Залежно від особливостей проекрованої системи це може бути:

- розрахунок системи загально-обмінної вентиляції (розділ 2.1);
- розрахунок системи загального штучного освітлення (розділ 2.2 приклади 3 – 4);
- розрахунок місцевого освітлення (розділ 2.2 приклад 5);
- розрахунок природного освітлення [4, 15, 16];
- розрахунок рівня шуму й засобу захисту (розділ 2.3);
- розрахунок засобу захисту від вібрації [4, 15, 16];
- розрахунок рівня теплового випромінювання й засобу захисту працюючого (розділ 2.4 приклади 12 – 14);
- розрахунок захисного пристрою від електромагнітних випромінювань (розділ 2.4 приклади 15 – 17);
- розрахунок захисного заземлення (розділ 2.7);
- визначення типу та необхідної кількості первинних засобів пожежегасіння (розділ 2.8).

При неможливості проведення розрахунків у даному підрозділі можна навести докладний опис засобів захисту й автоматики або провести аналіз можливих аварійних ситуацій. Перелік можливих варіантів виконання цього підрозділу наведений у додатку Б.

### **1.3 Особливості проектування зі спеціальності ЕСА**

При проектуванні електроустаткування у **першому підрозділі** необхідно розглянути умови праці на конкретних робочих місцях при експлуатації проектованого електропривода.

У **другому підрозділі** необхідно спочатку охарактеризувати переваги

проектованого об'єкта з точки зору охорони праці (якщо вони є). Потім послідовно розглянути наступні **питання**:

- вимоги до устаткування й організації процесу (розділ 2 [8]);
- санітарно-гігієнічні вимоги – вимоги до освітлення, повітря робочої зони; захист від шуму, вібрації, випромінювання (розділ 1 [8], [2, 3, 12, 15, 16, 17, 18], додатки В, Г, Д, Е);
- забезпечення техніки безпеки – електробезпеки та пожежної безпеки (розділи 1, 5 [8], [5, 13, 15, 16, 18, 22, 23], додатки Ж та К).

Особлива увагу необхідно приділити заходам щодо забезпечення електробезпеки – охарактеризувати всі організаційні заходи та технічні міри, передбачені в конструкції устаткування, а також організаційно-технічні міри. При розробці технічних мір необхідно врахувати (розділ 5 [8], [5, 13, 18, 22, 23], додаток Ж):

- міри при роботі в нормальному режимі (ізоляція й неприступність струмоведучих частин, блокування, засоби орієнтації, захисний розподіл мереж, застосування малих напруг, вирівнювання потенціалів);
- міри при роботі в аварійному режимі (захисне заземлення, відключення, занулення, подвійна ізоляція, ізоляція робочого місця й ін.).

У **третьому підрозділі** залежно від особливостей проєктованого електропривода може бути наведений один з перерахованих розрахунків:

- розрахунок захисного заземлення;
- розрахунок занулення;
- розрахунок захисного відключення.

Методики розрахунків засобів забезпечення електробезпеки наведено в розділі 2.7. При розрахунку захисного заземлення характеристики заземлюючого пристрою вибираються по таблиці 10 за узгодженням з консультантом.

## **1.4 Особливості проєктування зі спеціальностей ІТ та ІСПР**

При проєктуванні програмних продуктів у **першому підрозділі** необхідно розглянути умови праці на робочих місцях користувачів розробляємих продуктів. Характеристика умов праці узгоджується з консультантом з урахуванням особливостей теми дипломної роботи й вибирається по варіантах згідно табл. 1.

**Аналіз виробничих факторів** включає наступні питання:

- перелік шкідливих і небезпечних факторів при роботі на ПЕ-ОМ відповідно до класифікації ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ на основі огляду літератури (розділ 6.1 [8], [9, 14];
- перелік основних порушень здоров'я користувачів комп'ютерів залежно від виду діяльності (розділ 6.1 [8], [9, 14];
- кількісна оцінка умов праці;
- обґрунтування вибору напрямків поліпшення умов праці.



Таблиця 1 – Характеристика умов праці на робочих місцях

Передостання цифра варіанта	Параметри мікроклімату в теплий період року			Загальне освітлення, лк	Тривалість зосередженого спостереження, %
	Температура, °С	Швидкість повітря, м/с	Вологість повітря, %		
0	29	0,2	60	300	30
1	22	0,3	65	150	40
2	20	0,6	50	400	50
3	25	0,2	55	300	76
4	18	0,7	60	350	20
5	28	0,4	40	150	30
6	21	0,6	50	300	80
7	19	0,3	76	400	40
8	22	0,7	55	100	50
9	18	0,1	70	350	25

Продовження таблиці 1

Остання цифра варіанта	Рівень шуму, дБ А	Характеристика приміщень, м			Кількість	
		Довжина	Ширина	Висота	Приміщень	Робочих місць
0	54	9	4	5,0	3	9
1	50	6	3	5	1	2
2	60	6	3	4,5	2	4
3	45	7	4	5	4	8
4	55	12	7	6	15	15
5	40	9	3	5,5	2	6
6	50	4	4	4,4	1	1
7	52	3	3	4,3	3	3
8	48	9	3	5,5	2	5
9	55	10	4	6	1	8

**Кількісна оцінка умов праці** виконується у наступній послідовності:

- опис робочого місця (місць) та виробничого приміщення згідно з даними відповідного варіанта табл. 1;
- оцінка в балах елементів умов праці (за допомогою табл. 8), виділення факторів, які найбільш впливають на формування умов праці;
- розрахунок інтегральної оцінки за формулою (46) та визначення категорії важкості праці, розрахунки показників стомлення та працездатності (розділ 2.5 приклади 18, 20).

Для **обґрунтування основних напрямів** поліпшення умов праці необхідно виявити фактори, які потребують проведення заходів. До таких відносяться фактори, які не відповідають нормативним вимогам (мають бальну оцінку більш 2).

**Розробку заходів** щодо поліпшення умов праці (другий підрозділ) необхідно провести за наступною схемою:

- санітарно-гігієнічні заходи – вимоги до повітря робочої зони, вентиляція й опалення приміщення, освітлення природний і штучне, захист від шуму й випромінювання (додаток Е, розділ 6.4 [8]);
- заходи, що забезпечують техніку безпеки – електробезпечність, пожежна безпека ([9, 14]);
- організація робочого простору (додаток Е, розділ 6.4 [8]);
- організація раціонального режиму праці та відпочинку (додаток Е, розділи 6.2, 6.3 [8]).

Більш докладно варто розглянути заходи щодо **організації робочого простору**. Вони повинні включати:

- вимоги до виробничих приміщень (площа й об'єм на одне робоче місце; використовувані матеріали; кольорове оформлення – додаток В.4, В.5);
- вимоги до організації робочих місць (розташування місць у приміщенні, вибір робочого положення й виробничих меблів, вимоги до розмірів стола й стільця, розміщення оснащення з урахуванням особливостей трудової діяльності – додаток Е.6, Е.9);
- вимоги до основного й допоміжного устаткування, його раціонального розташування – додаток Е.4, Е.7, Е.8.

Рекомендується зобразити схему розташування робочих місць у приміщенні з урахуванням розмірів приміщення, кількості робочих місць і вимог нормативних актів.

Заходи щодо забезпечення **режиму праці та відпочинку** приводяться з урахуванням вимог нормативно-правових актів і характеристики трудової діяльності [8] – додаток Е.11.

Розрахунки рекомендується проводити тільки для санітарно-гігієнічних заходів. Це може бути розрахунок загальобмінної вентиляції (розділ 2.1 приклад 2), розрахунок штучного освітлення (розділ 2.2 приклад 4) або розрахунок акустичної обробки приміщення (розділ 2.3 приклад 9).

У третьому підрозділі необхідно **оцінити ефективність** заходів щодо охорони праці. Оцінку необхідно навести за наступною схемою:

- розрахунок нових показників інтегральної оцінки умов праці за формулою (47) та визначення нової категорії важкості праці (після проведення заходів бальна оцінка всіх факторів умов праці не повинна перевищувати 2), розрахунок нових показників стомлення й працездатності (приклади 19, 20);

– розрахунок збільшення продуктивності праці при зниженні важкості праці, зниження ступеня стомлення й підвищення працездатності (приклади 22 – 23).

Методики та приклади розрахунків наведено у розділах 2.5 – 2.6.

## 2 Методики розрахунків основних засобів захисту

### 2.1 Оздоровлення повітря робочої зони

Основними заходами з оздоровлення повітря робочої зони є вентиляція та опалення. Розрахунок механічної вентиляції виробничого приміщення здійснюють за різними принципами [2, 3, 15, 16, 18]. 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 [3, 15, 16, 18]. Розрахунок місцевої припливної вентиляції (повітряні душі, повітряні та повітряно-теплові завіси) наведено у літературі [15, 18]. Розрахунок природної вентиляції наведено у літературі [4, 15]. Кондиціонування повітря наведено у літературі [15]. Розрахунок систем опалення наведено у літературі [4, 15]. Захист від теплового випромінювання та розрахунок екранів наведено в розділу 2.4 приклади 12 – 14.

**Приклад 1.** Розрахувати необхідний повітрообмін механічного 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 людей, 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  $-10^{\circ}\text{C}$ .

**Розв’язання.** Розрахунок вентиляції механічного цеху необхідно робити по виділенню теплових надлишків, тому що в місцях виділення шкідливих речовин (шліфувально-заточні операції, обробка крихких матеріалів, роботи з пофарбування виробів) повинна бути організована система місцевої вентиляції. Кількість повітря, яку необхідно подавати вентиляцією,  $\text{м}^3/\text{с}$ , визначають за формулою:

$$L = \frac{Q}{C \rho (t_{\text{вих}} - t_{\text{пр}})}, \quad (1)$$

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

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

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

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

Властивості повітря залежно від його температури  $t_{пр}$  визначають за даними табл. 2. За температуру повітря, що припливає, приймають середнє значення температур повітря для розглянутого періоду року.

Таблиця 2 – 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:

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

де  $t_{р.з}$  – температура повітря робочої зони (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. В.1 додатка В), °С;

$H$  – висота приміщення, м;

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

Якщо категорія робіт з важкості невідома, визначення її здійснюють за допомогою табл. В.3 додатка В.

Температура повітря робочої зони, відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 та ГОСТу 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:

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

Властивості повітря, що припливає, при температурі -10°С визначаємо за даними табл. 2:

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

Основними джерелами виділення тепла в механічних цехах є:

- тепловиділення верстатів;
- тепловиділення від ламп штучного висвітлення;
- тепловиділення від працюючих людей;

– тепловиділення від сонячної радіації [7].

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

$$Q = N k_{\text{зав}} k_{\text{од}} \eta_1^{-1}, \quad (3)$$

де  $N$  – номінальна потужність електродвигунів верстатів, кВт;

$k_{\text{зав}}$  – 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

$$\eta_1 = \eta k_{\text{п}}, \quad (4)$$

$k_{\text{п}}$  – 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. 3.

*Таблиця 3 – 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 верстатами, визначаємо за формулами (3), (4) і даним табл. 3:

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

Кількість тепла, що виділяється працюючими людьми, Вт, визначають за формулою

$$Q = n q, \quad (5)$$

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

$n$  – кількість працюючих людей, люд.

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

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

$$Q = PE, \quad (6)$$

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

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

Кількість тепла, що виділяється 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

$$Q = m S k Q_c, \quad (7)$$

де  $m$  – кількість вікон;

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

$k$  – коефіцієнт, що враховує осклення віконних прорізів (для подвійного осклення 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 (1)

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

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

**Приклад 2.** У приміщенні, де відсутні джерела виділення шкідливостей, працюють одночасно 10 операторів ПЕОМ. Розміри приміщення:  $A = 10$  м,  $B = 6$  м,  $H = 3,2$  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

$$L = L' N, \quad (8)$$

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

$$V_n = V / N, \quad (9)$$

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

Величина нормативної кількості повітря  $V'$  визначається за таблицею В.5 додатка В.

Визначаємо вільний об'єм приміщення

$$V = A \cdot B \cdot H \cdot 0,85 = 10 \cdot 6 \cdot 3,2 \cdot 0,85 = 163,2 \text{ м}^3.$$

Питомий вільний об'єм складає

$$V' = V / N = 163,2 / 10 = 16,3 \text{ м}^3/\text{люд} < 20 \text{ м}^3/\text{люд}.$$

Нормована кількість повітря на одну людину за табл. В.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:

$$L = L' \cdot N = 30 \cdot 10 = 300 \text{ м}^3/\text{год}.$$

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

## 2.2 Виробниче освітлення

Розрізняють природне та штучне освітлення приміщень. Розрахунок природного освітлення наведено у літературі [2, 4, 15]. Для розрахунку штучного освітлення використовують 2 метода: метод використання світлового потоку [15, 16] та точковий метод [4, 16]. Методом використання світлового потоку розраховують загальне освітлення приміщення (приклад 3 – 4), точковим методом розраховують місцеве освітлення та освітлення вертикальних й нахилених поверхонь (приклад 5). Розрахунок комбінованого освітлення наведено у літературі [16]. Розрахунок прожекторного освітлення виробничих майданчиків наведено у літературі [16].

**Приклад 3.** Розрахувати освітлення приміщення механічного цеху. Розміри приміщення: довжина  $A = 120 \text{ м}$ , ширина  $B = 80 \text{ м}$ , висота  $H = 10,8 \text{ м}$ . 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. 4, 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 –  $n$ .

Таблиця 4 – 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, Глибоковипромінювач*, 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

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.4 приймаємо оптимальне відношення відстані між світильниками  $L$  до висоти підвісу світильника  $H_p$  над робочою поверхнею рівним 0,8 та знаходимо  $L$

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

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:



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

Загальна кількість світильників:

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

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

$$F_{\text{л}} = \frac{100 E_{\text{н}} S K Z}{\eta n}, \quad (10)$$

де  $E_{\text{н}}$  – нормоване значення освітленості горизонтальної робочої поверхні, лк (табл. Г.2, Г.5 додаток Г);

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

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

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

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку;

$n$  – кількість світильників;

Нормована освітленість для механічного 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  $\rho_{\text{п}}$  і стін  $\rho_{\text{с}}$ , індексу приміщення (табл. Г.6 додаток Г).

Індекс приміщення знаходимо за формулою

$$i = \frac{A B}{H_{\text{р}} (A + B)}, \quad (11)$$

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. Г.6 додатку Г (коефіцієнти відбиття стелі 50%, стін – 30%). Коефіцієнт використання складає 70%.

Розраховуємо за формулою (10) світловий потік для однієї лампи:

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

Вибираємо найближчу стандартну лампу (табл. Г.7 додаток Г), 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:

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

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 4.** Розрахувати загальне освітлення виробничого приміщення з ПЕОМ, розміри якого  $A = 30$  м,  $B = 10$  м,  $H = 4,6$  м, при використанні світильників 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, обладнаними 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 [16].

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 стіні з вікнами;

– відстань від крайніх рядів до стін беруть рівною половині відстані між рядами;

– відстань від крайнього світильника у ряді  $i$  стіною дорівнює половині відстані між світильниками.

Формула (10) при розрахунку загального освітлення люмінесцентними лампами має наступний вигляд

$$F = \frac{100 E_H S K Z}{\eta N n}, \quad (12)$$

де  $N$  – кількість світильників;

$n$  – число ламп у світильнику.

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

$$N = \frac{100 E_H S k Z}{n F_{\text{л}} \eta}, \quad (13)$$

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

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

За допомогою таблиць Г.8–Г.9 додатка Г 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 світильнику визначається за формулою

$$h = H - (h_{\text{р.п.}} + h_{\text{зв.}}), \quad (14)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

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

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

Визначаємо за формулою (14) висоту підвісу світильників:

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

Перевіряємо можливість використання методу світлового потоку:

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

тобто використання методу правомірне.

За формулою (11) знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{30 \cdot 10}{3,7 (30 + 10)} = 2,03.$$

Коефіцієнт використання світлового потоку визначається залежно від відбивної здатності стелі, стін і робочої поверхні (0,7; 0,5; 0,3) та індексу приміщення (2,03) відповідно даному типу світильників за таблицею Г.10 додатка Г. Для даного світильника, який відноситься до групи 11, при індексі приміщення 2 та заданих коефіцієнтах відбивної здатності коефіцієнт використання  $\eta = 43\%$ .

Визначаємо необхідну кількість світильників (світловий потік ламп ЛБ-20 відомий і конструктивно визначена кількість ламп у світильнику) за формулою (13)

$$N = \frac{100 E_n S K Z}{n F_{л} \eta} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 30 \cdot 10 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{4 \cdot 1180 \cdot 43} = 63,4 .$$

Припускаємо розташування у 5 рядів ( $n_p$ ), паралельно довшої сторони приміщення, тоді число світильників у ряді буде дорівнювати:

$$N_p = \frac{N}{n_p} = \frac{63,4}{5} = 12,6.$$

Число світильників у ряді приймаємо  $N_p = 13$ .

Загальна кількість світильників:

$$N = 13 \cdot 5 = 65.$$

Визначаємо фактичну освітленість

$$E_{\phi} = \frac{N n F_{\text{Л}} \eta}{100 S K Z} = \frac{65 \cdot 4 \cdot 1180 \cdot 43}{100 \cdot 30 \cdot 10 \cdot 1,3 \cdot 1,1} = 307 \text{ лк},$$

що задовольняє нормам.

Відстань між світильниками у ряду

$$R = \frac{A}{N_p} - \ell_c = \frac{30}{13} - 0,655 = 1,65 \text{ м.}$$

Відстань від крайніх світильників до стіни:

$$R' = \frac{R}{2} = \frac{1,65}{2} = 0,83 \text{ м.}$$

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

$$\ell_1 = \frac{B}{n_p} - b = \frac{10}{5} - 0,655 = 1,345 \text{ м.}$$

Відстань між крайніми рядами і стінами:

$$\ell_1' = \frac{\ell_1}{2} = \frac{1,345}{2} = 0,673 \text{ м.}$$

Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні, становить

$$W = 65 \cdot 4 \cdot 20 = 5600 \text{ Вт} = 5,2 \text{ кВт.}$$

Розрахована система загального освітлення забезпечує виконання нормативних вимог.

**Приклад 5.** 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. 1). Розрахувати також освітлення похилої панелі пульта світильниками 1, 2 і 3, якщо кут нахилу панелі складає  $60^\circ$ .

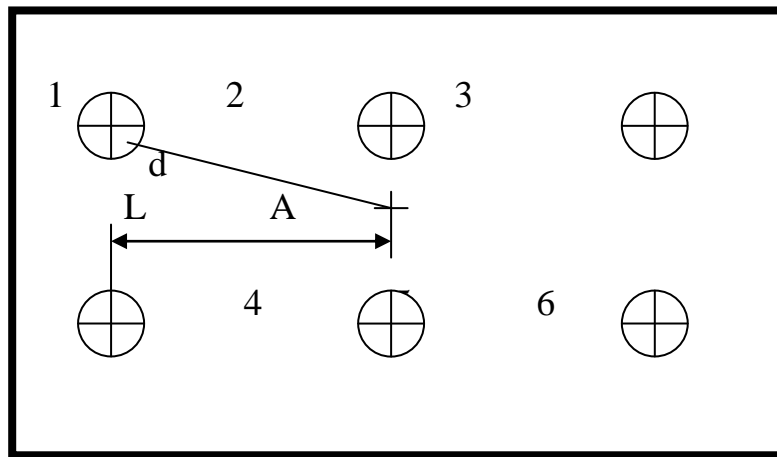


Рисунок 1– Схема розташування світильників

**Розв’язання.** Для розрахунку освітлення потрібно використовувати точковий метод [4, 16]. 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 дорівнює:

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

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

Згідно з даними табл. Г.11 додатка Г 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:

$$e_\Gamma = \frac{I_a \cos^3 \alpha}{H_p^2} = \frac{169 \cdot \cos^3 38}{2,7^2} = 11 \text{ лк.} \quad (15)$$

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

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

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

$$E_{\Gamma} = \frac{F \mu \sum e_{\Gamma}}{1000 K}, \quad (16)$$

де  $F$  – світловий потік лампи, лм;

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

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

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:

$$E = E_{\Gamma} (\cos \theta + p \sin \theta / H_p), \quad (17)$$

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

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

Освітленість панелі пульта, яка знаходиться під кутом  $60^{\circ}$ , відповідно за формулою (17) буде дорівнювати 87 лк.

Розрахована система освітлення пульта управління забезпечує виконання нормативних вимог.

### 2.3 Захист від шуму та вібрації

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 [15, 16] наведено в прикладах 6 – 7. Для зниження рівнів шуму на робочих місцях використовують різні заходи [2, 12, 15, 16, 18]. Найбільш поширеними з них є акустична обробка приміщення (приклад 9), звукопоглинання шуму (приклад 11),

ізоляція джерела шуму або робочого місця (приклади 6 – 8, 10).

Розробка заходів зниження рівня вібрації докладно розглянуто у літературі [2, 4, 15, 18]. Найбільш поширеними є віброізоляція, віброгасіння та демфірування [15, 18]. Розрахунок пружинних та гумових віброізоляторів докладно наведено у літературі [15].

**Приклад 6.** Визначити відповідність нормам санітарно-гігієнічних умов на пульті керування автоматизованим виробництвом і запропонувати заходи щодо забезпечення цієї відповідності. Пульт розташований у кабіні, яка знаходиться на відстані 6 м від обрізного автомата А-233. Розміри кабіни: висота – 2200 мм, ширина – 1750 мм, довжина – 2100 мм. Температура повітря – 22°C, вологість – 50%, швидкість руху повітря не перевищує 0,1 м/с, освітленість робочого місця – 420 лк.

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

Джерелом шуму є обрізний автомат А-233. Рівень звукової потужності даного устаткування становить 112 дБ в октавній смузі зі середньгеометричної частотою 1000 Гц [1]. Розрахуємо рівень шуму в розрахунковій точці за формулою

$$L_r = L_i - 10 \lg 2\pi r^2, \quad (18)$$

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.

Рівень шуму на робочому місці, розрахований за формулою (18), складає 88,5 дБ, що перевищує припустимий рівень шуму, рівний для виробничих приміщень 80 дБ (табл. Д.1 додатка Д).

Для зниження рівня шуму можна використати метод зменшення шуму по шляху його поширення, наприклад, використовуючи ізолюючу перегородку (як елемент конструкції кабіни). Застосування перегородки із ДСП товщиною 30 мм дозволяє знизити рівень шуму на 26 дБ [15]. Тоді фактичний рівень шуму складе 62,5 дБ, що відповідає нормативним вимогам.

**Приклад 7.** У листопрокатному цеху холодної прокатки знаходиться кілька джерел шуму, характеристика яких наведена в табл. 5. Запропонувати заходи щодо захисту оператора від виробничого шуму.

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

$$\sum L = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}), \quad (19)$$



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

Таблиця 5 - 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
Листоправильна машина	114	4

Значення рівнів шуму всіх джерел, наведених у табл. 5, перерахуємо з урахуванням відстані до розрахункової точки по формулі (18) і підставимо у формулу (19). У результаті одержуємо, що рівень шуму в розрахунковій точці (робоче місце оператора) становить 99,7 дБ, що значно перевищує припустимий рівень (табл. Д.1 додатка Д). 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, 15, 16]. Звукоізолюючу здатність однорідної перегородки, дБ, можна розрахувати за формулою [2]

$$R = 20 \lg(Gf) - 60, \quad (20)$$

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. Д.3 додатка Д.). Звукоізолююча здатність такої перегородки, розрахована за формулою (20), для частоти 1000 Гц становить 24 дБ. Фактичний рівень шуму в цьому випадку складе 75,7 дБ, що відповідає нормативним вимогам.

**Приклад 8.** 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 [16]

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

$$R = 22 \lg m - 12; \quad (21)$$

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

$$R = 23 \lg m - 5; \quad (22)$$

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

$$R = 22 + 9 \lg h; \quad (23)$$

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

$$R = 18 + 8,5 \lg h; \quad (24)$$

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

$$R = 12 + 12 \lg h. \quad (25)$$

Для спрощення розрахунку можна здійснити для маси огорожі  $10 \text{ кг}$  та товщини скла  $10 \text{ мм}$ . Звукоізоляція плоских огорож за формулами (21) – (25) 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 9.** Рівень шуму в приміщенні, розміри якого: довжина  $10 \text{ м}$ , ширина  $8 \text{ м}$ , висота  $5 \text{ м}$ , складає  $60 \text{ дБ А}$ . Підлога у приміщенні – паркет, 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]

$$\Delta L = 10 \lg (A_2/A_1), \quad (26)$$

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

Звукопоглинання приміщення визначається за формулою

$$A = S \cdot \alpha, \quad (27)$$

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

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

Коефіцієнти поглинання матеріалів стін, стелі та підлоги наведено у табл. Д.2 додатка Д. Знаходимо коефіцієнти поглинання матеріалів стін (0,03), стелі (0,03) та підлоги (0,06).

Визначаємо за формулою (27) звукопоглинання приміщення до проведення обробки:

$$A_1 = 2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 0,03 + 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 0,03 + 10 \cdot 8 \cdot 0,03 + 10 \cdot 8 \cdot 0,06 = 12,6 \text{ одиниць поглинання.}$$

Визначаємо за формулою (27) звукопоглинання приміщення після акустичної обробки (обробки стін та стелі):

$$A_2 = 2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 0,9 + 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 0,9 + 10 \cdot 8 \cdot 0,9 + 10 \cdot 8 \cdot 0,06 = 238,8 \text{ одиниць поглинання.}$$

Зниження рівня шуму за формулою (26) складає

$$\Delta L = 10 \lg (238,8/12,6) = 12,8 \text{ дБ.}$$

Рівень шуму після обробки приміщення ( $60 - 12,8 = 47,2$  дБ А) відповідає нормативним вимогам до приміщення з ПЕОМ (табл.Д.1 додатка Д).

**Приклад 10.** 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 (24), 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 11.** Визначити оптимальну величину зазору між звукопоглинаючими перфорітованими 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 звукопо-

глинаючого 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:

$$\ell = \frac{\lambda}{4} - \frac{b}{2} = \frac{c}{4f} - \frac{b}{2}, \quad (28)$$

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:

$$L = L_{\phi} - [26 \lg (Q_1 + Q_2) - 6], \quad (29)$$

де  $L_{\phi}$  – 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.

## 2.4 Захист від випромінювання

На підприємствах машинобудування найбільш поширеними є теплові (інфрачервоні) та електромагнітні випромінювання. Для захисту від випромінювання дуже часто використовують екрани. Екранування джерел теплового випромінювання розглянуто у прикладах 12 – 14, електромагнітного випромінювання – у прикладах 15 – 17.

**Приклад 12.** Пульт управління знаходиться у цеху гарячої прокатки. Відстань від оператора, вдягнутого у бавовняний спецодяг, до джерела теплових випромінювань – 4 м. Температура зовнішньої поверхні джерела –  $45^\circ\text{C}$ , матеріал поверхні – сталь, площа поверхні –  $120 \text{ м}^2$ . 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 поверх-

ні джерела S. При  $r \geq \sqrt{S}$  інтенсивність теплових випромінювань розраховують за формулою

$$E = \frac{0,91S \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r^2}. \quad (30)$$

При  $r < \sqrt{S}$  інтенсивність теплових випромінювань розраховують по формулі

$$E = \frac{0,91S \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - A \right]}{r}. \quad (31)$$

У формулах (30) і (31):

T – температура поверхні джерела, К;

A – коефіцієнт, що залежить від тканини, з якої виготовлено спец-одяг людини: для бавовняної тканини  $A=85$ , для сукна  $A=110$ .

Для даного робочого місця  $r < \sqrt{S}$ , тому розрахунок робимо за формулою (31) і одержуємо інтенсивність теплових випромінювань, рівну  $471 \text{ Вт/м}^2$ , що перевищує припустиме значення, яке рівне  $140 \text{ Вт/м}^2$  (табл. В.6 додатка В).

Для захисту оператора від теплових випромінювань рекомендують використати теплопоглинальні прозорі екрани [2, 18]. Необхідну кількість екранів визначають із наступного рівняння:

$$m = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\varepsilon_{1,2}}{\varepsilon_{1,E}} (n + 1), \quad (32)$$

де m – кратність ослаблення;

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

$\varepsilon_{1,2}, \varepsilon_{1,E}$  – 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:

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

Приведену ступінь чорноти між двома паралельними тілами розраховують за формулою

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}, \quad (33)$$

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. В.7 додатка В: для джерела (сталь) – 0,55; для робочого місця оператора – 0,87; для матеріалу екрана (скло) – 0,6 Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>). Тоді, приведена ступінь чорноти між джерелом випромінювання та робочим місцем складає 0,51, а джерелом та екраном – 0,40 Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>). Потрібна кількість екранів за формулою (32) складає 3,28. Приймаємо до установки 3 екрана.

**Приклад 13.** 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 ступінь екранування:

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

Для екрану вибираємо альфоль, ступінь чорноти якого складає 0,07. Ступінь чорноти для простору навколо печі приймаємо 0,82.

За формулою (33) розраховуємо приведену ступінь чорноти між стіною та екраном ( $\varepsilon_{1,E}=0,07$ ) і між стіною та навколишнім середовищем ( $\varepsilon_{1,2}=0,75$ ).

Необхідну кратність зниження теплового потоку визначаємо за формулою:

$$m = \frac{1 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4}{\mu^4 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^4}, \quad (34)$$

де  $\mu$  – ступінь екранування.

Необхідна кратність зниження теплового потоку складає 31,5. Виходячи з формули (32) знаходимо потрібну кількість екранів з альфолі:

$$n = 31,5 \frac{0,07}{0,75} - 1 = 1,94.$$

Розрахунок показав, що для забезпечення температури зовнішній поверхні екрану, яка повинна бути не більш 30°C, достатньо встановити двошаровий екран із альфолі.

**Приклад 14.** Температура зовнішньої поверхні джерела теплового випромінювання 527°C. Температура стін цеху 17°C. Використання екранів 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 (34) знаходимо коефіцієнт зниження температури зовнішній 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 згідно з нормативними вимогами, температура поверхні до якої може торкатися людина не повинна перевищувати 50°C. У даному випадку найбільш раціональне використовувати захист відстанню.

**Приклад 15.** 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:

$$\lambda = \frac{c}{f}, \quad (35)$$

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 випромінюванню за формулою згідно табл. 6.

Таблиця 6 – Формули для розрахунку розміру зон при випромінюванні

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	$r_{\text{д.з}} > \lambda$	$r_{\text{д.з}} \geq \frac{d^2}{\lambda}$

Примітка:  $d$  – діаметр відбуча антени.

Радіус ближньої зони повинен відповідати вимогам:

$$r_{\text{бл.з}} \leq \frac{\lambda}{2\pi}.$$

Радіус ближньої зони складає:

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

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

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 ( абл.. 7).

Таблиця 7 – Гранично допустимі рівні ЕМП (ДСН 3.3.6.096-2002)

Характеристика ЕМП, одиниці вимірювання	Діапазон	ГДР
1	2	3
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



Продовження табл. 7

1	2	3
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

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

$$E = \frac{I\ell}{2\pi\epsilon\omega r^3} = \frac{I\ell}{4\pi^2\epsilon f r^3}; \quad (36)$$

$$H = \frac{I\ell}{4\pi r^2}; \quad (37)$$

у дальній зоні

$$E = 377H; \quad (38)$$

$$H = \frac{I\ell}{8\pi f r}; \quad (39)$$

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<sup>-1</sup>;

f – частота поля, Гц;

r – відстань від джерела випромінювання, м.

Очікувану напруженість складових ЕМП у розрахунковій точці визначаємо за формулами (36) та (37):

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

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:

$$G = \frac{H}{H_{ГДР}}. \quad (40)$$

Потрібне ослаблення складає 8,28.

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

$$d = \frac{1000 \cdot \ln G}{\sqrt{\pi f \mu \nu}}, \quad (41)$$

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 16.** 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 (35):

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{16 \cdot 10^9} = 0,018 \text{ м,}$$

Отже робоче місце знаходиться у дальній зоні (дивись табл..6).

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

$$\Gamma_{\text{ПЕ}}_{\text{ГДР}} = \frac{E_{\text{НГДР}}}{T}, \quad (42)$$

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

$T$  – час перебування у зоні випромінювання, год; при цьому максимальне значення  $E_{\text{НГДР}}$  не повинне перевищувати  $10 \text{ Вт}/\text{м}^2$  (див. табл.4 додаток Е).

У даному випадку гранично допустимий рівень густини потоку енергії, розрахований за формулою (42) складає  $0,333 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

Знаходимо ефективну площу антени:

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

Коефіцієнт посилення антени за потужністю визначають за формулою:

$$\sigma_a = \frac{k S_e}{\lambda^2}, \quad (43)$$

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

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

Коефіцієнт посилення антени за формулою (43):

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

Густину потоку енергії при направленому випромінюванні визначають за формулами:

у ближній зоні

$$\Gamma_{\text{ПЕ}} = \frac{3P}{S}; \quad (44)$$

у дальній зоні

$$\Gamma_{\text{ПЕ}} = \frac{P \sigma_a}{4\pi r^2}, \quad (45)$$

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:

$$\Gamma_{\text{ПЕ}} = \frac{P\sigma_a}{4\pi r^2} = \frac{400 \cdot 2,8 \cdot 10^5}{4 \cdot 3,14 \cdot 20^2} = 22293 \text{ Вт/м}^2.$$

Необхідна ефективність екранування, аналогічно формулі (40), складає

$$G = \frac{\Gamma_{\text{ПЕ}}}{\Gamma_{\text{ПЕГДР}}} = \frac{22293}{0,333} = 66964.$$

Мінімальну товщину екрану (мм), яка забезпечить задану ефективність екранування визначаємо за формулою (41):

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

З конструктивних міркувань приймаємо товщину екрану 0,5 мм.

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

**Приклад 17.** 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 (35):

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

Коефіцієнт посилення антени визначаємо за формулою (43):

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

Гранично допустимий рівень густини потоку енергії ЕМП визначаємо за формулою (42):

$$\Gamma_{\text{ПЕГДР}} = \frac{E_{\text{НГДР}}}{T} = \frac{2}{24} = 0,08 \text{ Вт/м}^2.$$

Розв'язуючи формулу (45) відносно  $r$  отримуємо відстань, на якій не вимагатиметься екранування за даних умов:

$$\sqrt{\frac{P\sigma_a}{4\pi \cdot ГПЕ ГДР}} = \sqrt{\frac{1500 \cdot 320}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,08}} = 691 \text{ м.}$$

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

## 2.5 Оцінка категорії важкості праці

У виробничих умовах на робітника звичайно впливає одночасно багато негативних факторів. Для комплексної оцінки впливу виробничих факторів на людину використовують інтегральну оцінку важкості праці та коефіцієнт умов праці [24]. Методику розрахунку інтегральної оцінки важкості праці наведено у прикладах 18 – 19, коефіцієнту умов праці – у прикладі 21. Інтегральна бальна оцінка важкості праці дозволяє визначити вплив умов праці на працездатність людини (приклад 20).

**Приклад 18.** Оцінити категорію важкості праці оператора. На робочому місці є три елемента умов праці, що формують її важкість:  $X_1$  – шум 73 дБ·А,  $X_2$  – освітленість 240 лк,  $X_3$  – тривалість повторюваних операцій 15 с. Тривалість дії факторів 8 годин.

**Розв'язання.** Категорія важкості характеризує стан організму людини, який формується впливом умов праці [24].

Для об'єктивної оцінки важкості праці всі матеріально-виробничі елементи умов праці розміщені в порядку зростання ступені небезпеки і шкідливості у відповідності до шести категорій важкості праці (табл. 8):

- 1) роботи, що виконуються в оптимальних умовах;
- 2) роботи, що виконуються в умовах, які відповідають гранично допустимим концентраціям і рівням (ГДК і ГДР) санітарно-гігієнічних елементів, а також допустимим величинам психофізіологічних елементів;
- 3) роботи з умовами праці, що відхиляються від ГДК і ГДР та допустимих величин психофізіологічних елементів;
- 4) роботи у несприятливих умовах праці;
- 5) роботи, що виконуються в екстремальних умовах праці;
- 6) роботи, що виконуються в критичних умовах праці.

Згідно з табл. 8, кожний виробничий елемент умов праці  $X_i$  отримує бальну оцінку від 1 до 6, якщо він впливає на працівника на протязі всієї робочої зміни. У тих випадках, коли він впливає на працівника не повний робочий день, а лише частково, елемент оцінюється його тривалістю і визначається за діаграмами [24] з урахуванням часу їх впливу.

Таблиця 8 – Бальна оцінка елементів умов праці [24]

Оцінка факторів умов праці, бали	Параметри мікроклімату в теплий період року		
	Температура, °С	Швидкість руху повітря, м/с	Відносна вологість повітря, %
1	18 – 20	<0,2	40...54
2	21 – 22	0,2 – 0,5	55 – 60
3	23 – 28	0,6 – 0,7	61 – 75
4	29 – 32	0,8 – 1,2	76 – 85
5	33 – 35	1,3 – 1,7	Понад 85
6	>35	>1,7	–

Продовження таблиці 8

Оцінка факторів умов праці, бали	Шум, дБ А	Освітленість, лк	Тривалість зосередженого спостереження, %
1	Нижче 33	Понад 300	Нижче 25
2	33 – 50	240 – 300	25 – 50
3	51 – 54	160 – 230	51 – 75
4	55 – 63	100 – 150	76 – 85
5	64 – 74	60 – 90	86 – 90
6	Понад 75	30 – 50	Понад 90

Продовження таблиці 8

Оцінка факторів умов праці, бали	Число важливих об'єктів спостереження	Точність зорових робіт	Тривалість повторюваних операцій, с
1	Нижче 5	Груба	Понад 100
2	5 – 10	Мала	31 – 100
3	11 – 25	Середня	20 – 30
4	Понад 25	Висока	10 – 19
5	–	Дуже висока	5 – 9
6	–	Найвища	1 – 4

Інтегральну бальну оцінку важкості праці  $I_T$  на конкретному робочому місці можна визначити за такою формулою

$$I_T = 10 \left( X_{оп} + \bar{X} \frac{6 - X_{оп}}{6} \right), \quad (46)$$

де  $X_{оп}$  – елемент умов праці, який одержав найбільшу оцінку;  
 $\bar{X}$  – середній бал усіх елементів умов праці крім визначаючого  $X_{оп}$ .  
 Середній бал усіх елементів дорівнює:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n-1} ;$$

Де  $\sum_{i=1}^n X_i$  - сума всіх елементів крім визначаючого  $X_{оп}$ ;

$n$  - кількість врахованих елементів умов праці.

Якщо умови праці оцінюються тільки балами 1 і 2, то інтегральну оцінку важкості праці визначають за формулою

$$И_T = 19,7\bar{X} - 1,6\bar{X}^2 , \quad (47)$$

де  $\bar{X}$  – середній бал усіх елементів умов праці.

Середній бал усіх елементів умов праці дорівнює:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} .$$

У відповідності до інтегральної бальної оцінки важкості праці можна оцінити категорію умов праці (табл. 9).

*Таблиця 9 – Залежність категорії важкості праці від величини інтегральної бальної оцінки [24]*

Категорія важкості праці	Діапазон інтегральної бальної оцінки
I	До 18
II	19...33
III	34...45
IV	45,7...53,9
V	54...59
VI	Понад 59,1

Згідно умов завдання та табл. 8 елементи умов праці оцінюються відповідно до  $X_1 = 5$ ,  $X_2 = 2$ ,  $X_3 = 4$ . Елемент умов праці, який одержав найбільшу оцінку, в даному прикладі є шум:  $X_{оп} = 5$ . Середній бал всіх елементів умов праці крім визначаючого дорівнює

$$\bar{X} = \frac{2+4}{3-1} = 3 .$$

Інтегральну бальну оцінку важкості праці визначаємо за формулою (46):

$$И_T = 10 \left( 5 + 3 \frac{6-5}{6} \right) = 55 .$$

Інтегральна оцінка важкості праці в 55 балів відповідає V категорії важкості праці (згідно з табл. 9).

**Приклад 19.** Оцінити категорію важкості праці робітника. На робочому місці присутні 7 елементів умов праці, що формують її важкість:  $X_1$  – шум 50 дБ·А,  $X_2$  – освітленість 250 лк,  $X_3$  – тривалість повторюваних операцій 40 с,  $X_4$  – температура повітря 20°C,  $X_5$  – швидкість руху повітря 0,3 м/с,  $X_6$  – число важливих об'єктів спостереження 5,  $X_7$  – точність зорових робіт мала. Тривалість дії факторів 8 годин.

**Розв'язання.** Згідно умов завдання та табл. 8 елементи умов праці оцінюються відповідно  $X_1 = 2$ ,  $X_2 = 2$ ,  $X_3 = 1$ ,  $X_4 = 1$ ,  $X_5 = 2$ ,  $X_6 = 2$ ,  $X_7 = 2$ . Усі елементи умов праці оцінюються тільки балами 1 і 2, тому інтегральну бальну оцінку важкості праці визначаємо за формулою (47).

Середній бал всіх елементів умов праці дорівнює

$$\bar{X} = \frac{2 + 2 + 1 + 1 + 2 + 2 + 2}{7} = 1,71.$$

Інтегральна бальна оцінку важкості праці за формулою (47)

$$I_T = 19,7\bar{X} - 1,6\bar{X}^2 = 19,7 \cdot 1,71 - 1,6 \cdot 1,71^2 = 29,1.$$

Інтегральна оцінка важкості праці в 55 балів відповідає II категорії важкості праці (згідно з табл. 9).

**Приклад 20.** Оцінити працездатність людини за даними умовами праці. Характеристики умов праці наведено у прикладі 18.

**Розв'язання.** Згідно проведених розрахунків (приклад 18) інтегральна оцінка важкості праці складає 55 балів, що відповідає V категорії важкості праці

Інтегральна бальна оцінка важкості праці дозволяє визначити вплив умов праці на працездатність людини [24]. Для цього спочатку визначається ступінь стомлення в умовних одиницях:

$$Y = \frac{I_T - 15,6}{0,64}, \quad (48)$$

де 15,6 и 0,64 – коефіцієнти регресії.

Працездатність людини визначається як величина, протилежна стомленню (в умовних одиницях):

$$R = 100 - Y. \quad (49)$$



Розраховуємо працездатність людини за даними умовами праці

$$R = 100 - Y = 100 - \frac{I_T - 15,6}{0,64} = 100 - \frac{55 - 15,6}{0,64} = 38,4.$$

**Приклад 21.** У відділі працює 40 працівників. Визначити індекси відхилення (відповідності) фактичного значення освітленості нормативним умовам та коефіцієнт умов праці. Характеристика умов праці: на 10 робочих місцях фактична освітленість 150 лк при нормі 200 лк, на 15 робочих місцях – 170 лк при нормі 250 лк і на інших 15 робочих місцях – 200 лк при нормі 250 лк; рівень шуму 60 дБ·А при нормі 50 дБ·А; температура повітря 25°C при нормі 22°C.

**Розв’язання.** Індекс відхилення фактичних умов праці від нормативних розраховується за формулою:

$$a = \frac{Y_{\text{ф}}}{Y_{\text{н}}}, \quad (50)$$

де  $Y_{\text{ф}}$  і  $Y_{\text{н}}$  – відповідно фактичне та нормативне значення показників елементів умов праці в існуючих одиницях виміру.

У тих випадках, коли перевищення фактичних показників у порівнянні з нормативними (шум, вібрація, наявність пилу та інших шкідливих речовин в повітряному середовищі) погіршує умови праці, індекс відповідності фактичних елементів умов праці до нормативних визначається зворотним відношенням за формулою:

$$a = \frac{Y_{\text{н}}}{Y_{\text{ф}}}. \quad (51)$$

Для розрахунку індексу відповідності для освітлення використовуємо формулу (50) через те, що підвищення рівня освітлення робочого місця сприяє поліпшенню умов праці. Індекс відхилення в цілому складає:

$$a_1 = \frac{(150 \cdot 10) + (170 \cdot 15) + (200 \cdot 15)}{(200 \cdot 10) + (250 \cdot 30)} = 0,74.$$

Для розрахунку індексу відповідності для шуму і температури використовуємо формулу (51) через те, що підвищення рівня цих параметрів робочого місця сприяє погіршенню умов праці. Індокси відхилення складають:

$$a_2 = \frac{50}{60} = 0,83; \quad a_3 = \frac{22}{25} = 0,88.$$

Визначені індекси вказують на те, що для шуму й освітленості вони мають значне відхилення від нормативного.

Коефіцієнт умов праці визначається як середня геометрична величина показників, що характеризують умови праці, за такою формулою:

$$K_{y.p.} = \sqrt[n]{a_1 a_2 \dots a_n}, \quad (52)$$

де  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – індекс відхилення фактичних значень елементів праці від нормативних за відповідними показниками;

$n$  – кількість показників, що характеризують елементи умов праці, за якими проводилися заміри.

Коефіцієнт умов праці визначається за формулою (52):

$$K_{y.p.} = \sqrt[3]{0,74 \cdot 0,83 \cdot 0,88} = 0,735.$$

Визначений коефіцієнт умов праці вказує на необхідність проведення заходів щодо охорони праці. Напрями заходів визначаються відповідно до значень індексів відхилення. У нашому випадку це збільшення освітленості робочих місць та зменшення рівня шуму.

## 2.6 Оцінка ефективності заходів з охорони праці

Для оцінки ефективності заходів з охорони праці визначають значення аналітичних показників (категорія важкості, коефіцієнт умов праці або коефіцієнт безпечності устаткування) до і після проведення заходів. Вибір показника залежить від того, які елементи умов праці змінюються при вживанні заходів щодо охорони праці та які показники ці елементи враховують. Зміна показника характеризує ефективність проведених змін. Методика розрахунків наведено у прикладі 22. Крім того, ефективність можливо оцінити по величині продуктивності праці (приклад 23).

**Приклад 22.** Здійснення заходів щодо охорони праці дозволило зменшити інтегральну оцінку важкості праці ( $I_m$ ) з 40 до 30. Визначити ефективність заходів щодо охорони праці.

**Розв'язання.** Визначаємо ступінь стомлення в умовних одиницях до і після впровадження заходів щодо охорони праці за формулою (48)

$$y_1 = \frac{40 - 15,6}{0,64} = 38; \quad y_2 = \frac{30 - 15,6}{0,64} = 22,5.$$

Визначаємо працездатність персоналу в умовних одиницях до і після впровадження заходів щодо охорони праці за формулою (49)

$$R_1 = 100 - 38 = 62; R_2 = 100 - 22,5 = 77,5.$$

Для оцінки ефективності заходів щодо охорони праці визначаємо зменшення важкості праці та ступеня стомлення

$$\Delta I_T = \frac{40 - 30}{40} 100 = 25 \%, \quad \Delta Y = \frac{38 - 22,5}{38} 100 = 40,8 \%$$

Розрахунки показали ефективність заходів щодо охорони праці: інтегральна оцінка важкості праці зменшилася на 25 %, ступінь стомлення – на 40,8 %.

**Приклад 23.** Оцінити вплив працездатності людини на продуктивність його праці. Здійснення заходів щодо охорони праці дозволило зменшити інтегральну оцінку важкості праці ( $I_m$ ) з 40 до 30 (приклад 22).

**Розв'язання.** Зміна важкості праці впливає на працездатність людини та його продуктивність [24]. Збільшення продуктивності праці визначають за формулою:

$$\Delta W = \left( \frac{R_2}{R_1} - 1 \right) \cdot 100 \cdot 0,2, \quad (53)$$

де – зростання продуктивності праці, %;

$R_1$  и  $R_2$  – працездатність в умовних одиницях до і після впровадження заходів щодо охорони праці, які знизили важкість праці;

0,2 – емпіричний коефіцієнт, який показує вплив зростання рівня працездатності на продуктивність праці.

Розрахунки показали, що працездатність людини збільшилася з 62 до 77,5 умовних одиниць (приклад 22).

Визначаємо зростання продуктивності праці за формулою (53)

$$\Delta W = \left( \frac{77,5}{62} - 1 \right) \cdot 100 \cdot 0,20 = 5 \%$$

Ефективність заходів з охорони праці виражається у зростанні продуктивності праці на 5%.

## 2.5 Електробезпека

Одними з важливіших заходів з забезпечення електробезпеки є організація захисного заземлення, занулення та захисного відключення [5, 13, 15, 22]. Методика розрахунку захисного заземлення наведено у прикладі 24. Методика розрахунку занулення наведено у прикладі 25. Розрахунок пристрою захисного відключення наведено у прикладі 26.

Для розрахунків захисного заземлення можна використати характеристики пристрою, які наведені в таблиці 10.

Таблиця 10 – 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 24.** 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; діаметр 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 [8]:

- 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. 10);

- розраховують опір розтіканню з'єднувальної шини;
- розраховують загальний опір заземлюючого пристрою з урахуванням з'єднувальної шини.

Розрахунковий питомий опір ґрунту (Ом·м) визначають за формулою:

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi, \quad (54)$$

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).

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

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

$$R_{од} = \frac{\rho_p}{2 \pi \ell} \left( \ln \frac{2 \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + \ell}{4 t - \ell} \right), \quad (55)$$

де  $\ell$  – довжина заземлювача, м;

$d$  – діаметр заземлювача, м;

$h$  – заглиблення заземлювача, м;

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

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

$$R_{од} = \frac{\rho_p}{2 \pi \ell} \left( \ln \frac{2 \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + \ell}{4 t - \ell} \right) = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,4} \left( \ln \frac{2 \cdot 2,4}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + 2,4}{4t - 2,4} \right) = 14,5 \text{ Ом}$$

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

Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів, шт.:

$$n' = \frac{R_{од}}{R_H}, \quad (56)$$

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

$$n' = \frac{R_{од}}{R_H} = \frac{14,5}{4} = 3,625 \approx 4 \text{ шт.}$$

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  $\eta_B$ :

$$n = \frac{R_{од}}{R_H \eta_B} . \quad (57)$$

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

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

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

$$n = \frac{R_{од}}{R_H \eta_B} = \frac{14,5}{4 \cdot 0,7} = 5,17 \approx 5.$$

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

$$R_{ш} = \frac{\rho_p}{2 \pi L \eta_{ш}} \ln \frac{2 L^2}{b h}, \quad (58)$$

де  $L$  — довжина шини, м;

$b$  – ширина шини, м;

$\eta_{ш}$  – коефіцієнт використання шини, м.

Довжина шини визначається за формулою:

$$L = 1,05 a n, \quad (59)$$

де  $a$  – відстань між заземлювачами, м.

Визначаємо коефіцієнт 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:

$$R = \frac{1}{\frac{\eta_{\text{ш}}}{R_{\text{ш}}} + \frac{n \eta_{\text{в}}}{R_{\text{од}}}} \leq R_{\text{н}}. \quad (60)$$

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

$$R = \frac{1}{\frac{\eta_{\text{ш}}}{R_{\text{ш}}} + \frac{n \eta_{\text{в}}}{R_{\text{од}}}} = \frac{1}{\frac{0,74}{1,3} + \frac{5 \cdot 0,7}{14,5}} = 1,3 \text{ Ом.}$$

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

Розрахунок занулення полягає у визначенні, окрім необхідної кількості заземлювачів і загального опору заземлюючого пристрою за формулами (55) – (60), ще потрібної площі перерізу нульового проводу шляхом визначення необхідного його опору, за яким електроустаткування вимкнеться при виникненні струму короткого замикання у випадку пошкодження ізоляції та замиканні на корпус.

Порядок розрахунку:

– визначають опір робочого заземлення нульової точки трансформатора (генератора) за формулами (55) – (60);

– визначають силу струму короткого замикання при замиканні фази на корпус за формулою (62) та перевіряють надійність захисного пристрою за формулою (61);

– визначають найбільший опір нульового проводу, при якому електрообладнання вимкнеться при появі струму короткого замикання (формула (63));

– розраховують потрібну площу перерізу нульового проводу за формулою (64).

Для надійного спрацювання захисту повинна виконуватись така умова:

$$I_K \geq k I_{\text{ном.}}, \quad (61)$$

де  $I_K$  - сила струму короткого замикання при замиканні фази на корпус, А;

$k$  – коефіцієнт перевищення (при використанні плавкої вставки запобіжника  $k = 3$ , для вибухонебезпечної зони  $k = 4$ ; при використанні автомата  $k = 1,4$  при номінальному струмі меншому за 100 А;  $k = 1,25$  при номінальному струмі більшому за 100 А; для вибухонебезпечної зони  $k = 6$ );

$I_{\text{ном}}$  – номінальний струм плавкої вставки запобіжника або струм спрацювання автомата (табл. Ж.6 додатку Ж).

Сила струму короткого замикання при замиканні фази на корпус визначається за формулою:

$$I_K = \frac{U_\phi}{R_{\text{тр}}/(3 + R_\Pi)}, \quad (62)$$

де  $U_\phi$  – фазова напруга, В;

$R_{\text{тр}}$  – опір трансформатора (за довідковими даними відповідно до типу трансформатора – див. табл. Ж.7 додатку Ж), Ом;

$R_\Pi$  – опір петлі фаза – нуль, Ом.

Необхідний опір (найбільший) нульового проводу, при якому електрообладнання вимкнеться при появі струму короткого замикання, Ом:

$$R_N = \frac{U_\phi - I_K R_{\text{тр}}}{2 I_K}, \quad (63)$$

Потрібна площа перерізу нульового проводу, мм<sup>2</sup>:

$$S = \frac{\rho_\Pi \ell_\Pi}{2 R_N}, \quad (64)$$

де  $\rho_\Pi$  – питомий опір проводів, Ом · мм<sup>2</sup>/ м (мідних – 0,018; алюмінієвих – 0,028);

$\ell_\Pi$  – довжина петлі фаза – нуль, м.

При розрахунку занулення необхідні дані (тип трансформатора, схема з'єднання обмоток, матеріал проводів, довжина петлі фаза - нуль) вибирають відповідно до теми дипломного проекту.

**Приклад 25.** Два споживачі електроенергії живляться від однієї мережі з глухо заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відбулося замикання



фазного проводу на корпус другого споживача, а в цей час людина торкається корпусу першого споживача електроенергії (див. рис. 2).

Визначити струм, що протікає через тіло людини, яка торкається до корпусу першого споживача електроенергії, за умови , що  $R_{\Phi 1} = R_{N'(2)} = 0,2 \text{ Ом}$ ,  $R_0 = R_{\Pi} = 3 \text{ Ом}$ ,  $\ell_{K1} = 0,3\ell_{K2}$ .

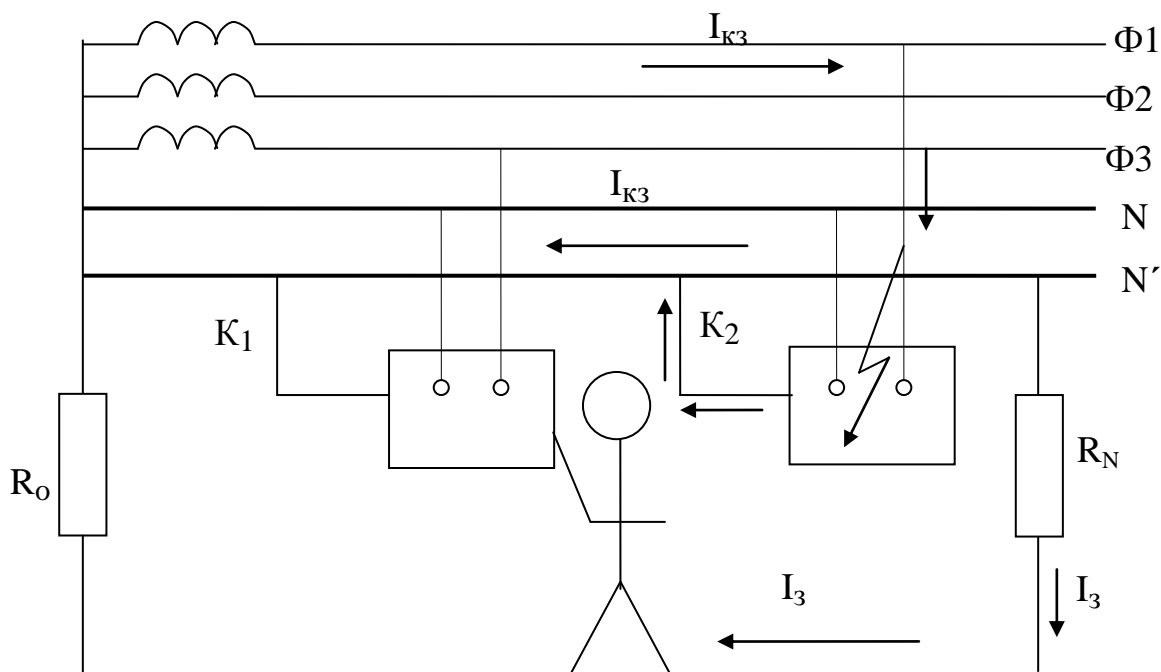


Рисунок 2 – Замикання фази мережі на один із занулених корпусів при наявності повторного заземлення проводу

**Розв’язання.** Опір ділянок нульового провідника до першого і до другого корпусів можна визначити за формулами:

$$R_{N'(1)} = \rho \frac{\ell_{K1}}{S_{N'}}, \quad R_{N'(2)} = \rho \frac{\ell_{K2}}{S_{N'}}.$$

Якщо врахувати, що  $\ell_{K1} = 0,3\ell_{K2}$ , то  $R_{N'(1)} = 0,3R_{N'(2)}$ .

При замиканні фазного проводу на корпус другого споживача електроенергії виникає струм короткого замикання, який можна розрахувати наступним чином:

$$I_{K3} = \frac{U_{\Phi}}{R_{\Phi 1} + R_{N'(2)}} = \frac{220}{0,4} = 550 \text{ мА}.$$

Струм замикання на землю, що стікає через повторне заземлення, визначається як:

$$I_3 = \frac{I_{K3} R_{N'}(2)}{R_0 + R_{II}} = \frac{0,55 \cdot 0,2}{6} = 18,3 \text{ мА}$$

При цьому значення напруги нульової точки щодо землі складає:

$$U_0 = I_3 R_0 = 18,3 \cdot 3 = 55 \text{ В.}$$

Значення напруги дотику для людини, що торкається до першого корпусу, дорівнює значенню напруги на цьому корпусі щодо землі, яке можна визначити з вираження:

$$U_{K1} = U_0 - I_{K3} R_{N'}(1) = 55 - 550 \cdot 0,2 \cdot 0,3 = 22 \text{ В.}$$

У підсумку значення струму через тіло людини, що торкається до першого корпусу, складає:

$$I_h = \frac{U_{K1}}{R_h} = \frac{22}{1000} = 22 \text{ мА.}$$

**Приклад 26.** Визначити припустимий час спрацьовування пристрою захисного відключення ПЗВ (у припущенні, що воно може бути встановлено) для випадку дотику людини до проводу мережі з ізолюваної нейтраллю при нормальному режимі.

Параметри мережі:  $U_L = 380 \text{ В}$ ,  $R_{L1} = R_{L2} = R_{L3} = R = 200 \text{ кОм}$ ;  $C_{L1} = C_{L2} = C_{L3} = C = 10 \text{ мкФ}$ ; опір тіла людини  $R_h = 2 \text{ кОм}$ .

**Розв'язання.** Тому що за умовою задачі ємність фазних проводів відносно землі  $C = 10 \text{ мкФ}$  дуже велика, то впливом їх повного опору на значення струму, що проходить через тіло людини при прямому однофазному дотику, можна зневажити і визначити його за формулою

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h} = \frac{220}{2} = 110 \text{ мА.}$$

Час спрацьовування ПЗВ визначається із співвідношення:

$$I_{h \max} = \frac{50}{T}.$$

Виходячи з того, що в даному випадку  $I_{h \max} = 110 \text{ мА}$ ,

$$T = \frac{50}{110} = 0,45 \text{ с.}$$

Розрахований пристрій захисного відключення відповідає нормативним вимогам.

## 2.6 Пожежна безпека

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

**Приклад 27.** 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 [15].

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

Будинок відноситься 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 відноситься 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, то, виходить, категорія будинку може бути визначена як Д.

Категорія приміщення визначається за допомогою таблиці, наведеної в додатку К. Визначення категорії необхідно здійснювати шляхом послідовної перевірки приналежності приміщення до категорій, виходячи від найвищої (категорія А) до найменшої (категорія Д).

У нашому прикладі відповідно до табл. К.1 додатку К приміщення й

будинок відноситься до категорії Д.

Необхідна кількість вогнегасників й їх тип визначаються залежно від їх вогнегасної спроможності, граничної захищувальної площі, категорії приміщення за вибухопожежною 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 визначається на основі рекомендацій, представлених у таблицях К.3 – К.4 додатку К. Виходячи з категорії приміщення за вибухопожежною 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 28.** Визначити категорію будівлі за вибухопожежною та пожежною небезпекою, а також тип і необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння. Характеристику виробничих приміщень наведено у таблиці 11. 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. 11.

*Таблиця 11 – 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 відноситься до категорії А, тому що в ньому сумарна площа приміщень категорії А не перевищує 5% площі всіх приміщень (сума складає тільки 2%). Будинок не відноситься 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 відноситься 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 визначається на основі рекомендацій, представлених у таблицях К.3 – К.4 додатку К. Виходячи з категорії приміщення за вибухопожежною 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.

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

*Таблиця А.1 – Стандарти системи безпеки праці*

Позначення	Найменування
ССБТ. Підсистема 0	
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
ССБТ. Підсистема 1	
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. Подсистема 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. Подсистема 3	
ГОСТ 12.3.001-73	Пневмоприводы. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.002-75	Процессы производственные. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.003-75	Работы электросварочные. Общие требования безопасности

Продовження таблиці А.1

Позначення	Найменування
ГОСТ 12.3.004-75	Термическая обработка металла. Общие требования безопасности
ГОСТ 12.3.005-75	Работы окрасочные. Общие требования безопасности
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 12.3.025-80	Обработка металлов резанием. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.026-81	Работы кузнечно-прессовые. Требования безопасности
ГОСТ 12.3.027-81	Работы литейные. Требования безопасности
ССБТ. Подсистема 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 21480-76	Система «Человек – машина». Мнемосхемы. Общие эргономические требования
ГОСТ 21752-76	Система «Человек – машина». Маховики управления и штурвалы. Общие эргономические требования
ГОСТ 21753-76	Система «Человек – машина». Рычаги управления. Общие эргономические требования
ГОСТ 21786-76	Система «Человек – машина». Сигнализаторы звуковые неречевых сообщений. Общие эргономические требования



Продовження таблиці А.2

Позначення	Найменування
ГОСТ 21829-76	Система «Человек – машина». Кодирование зрительной информации. Общие эргономические требования
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 22613-76	Система «Человек – машина». Выключатели и переключатели поворотные. Общие эргономические требования
ГОСТ 22614-76	Система «Человек – машина». Выключатели и переключатели клавишные и кнопочные. Общие эргономические требования
ГОСТ 22615-76	Система «Человек – машина». Выключатели и переключатели типа «Тумблер». 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 0.00-1.02-99	Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів
НПАОП 0.00-1.03-02	Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів
НПАОП 0.00-1.07-94	Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском
НПАОП 0.00-1.08-94	Правила будови і безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів
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 0.00-1.26-96	Правила будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не більше 0,07 МПа (0,7кгс/см <sup>2</sup> ), водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою нагріву води не вище 115°C
НПАОП 0.00-1.29-97	Правила захисту від статичної електрики

Продовження таблиці А.3

Позначення	Найменування
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 0.00-1.36-03	Правила будови і безпечної експлуатації підйомників
НПАОП 0.00-1.42-83	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів
НПАОП 0.00-1.48-91	Правила охорони праці при холодній обробці металів
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 0.00-5.37-87	Інструкція з безпечної експлуатації підземних ліфтових установок на рудниках та шахтах гірничорудної та нерудної промисловості
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 27.1-1.04-97	Правила безпеки у прокатному виробництві
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 27.5-1.15-97	Правила безпеки у ливарному виробництві
НПАОП 28.0-1.01-90	Галузеві правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів на металорізальних верстатах
НПАОП 28.0-1.02-83	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів

Продовження таблиці А.3

Позначення	Найменування
НПАОП 28.4-1.02-90	Правила техніки безпеки і виробничої санітарії в ковальсько-пресовому і листоштампувальному виробництві
НПАОП 28.4-1.07-85	Правила охорони праці в ковальсько-пресовому виробництві
НПАОП 28.4-1.18-59	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії в ковальсько-пресовому виробництві
НПАОП 28.4-1.31-89	Правила з охорони праці у ковальсько-пресовому виробництві
НПАОП 28.5-1.02-68	Правила техніки безпеки і виробничої санітарії при термічній обробці металів
НПАОП 28.5-1.34-90	Правила безпеки при обробці металів різанням
НПАОП 28.5-7.19-82	ОСТ 1.42142-82. Обробка металів різанням. Загальні вимоги безпеки
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 28.52-1.30-89	Правила з охорони праці у зварювальному виробництві
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

Продовження таблиці А.4

Позначення	Найменування
СНиП 2.09.04-87	Административные и бытовые здания
СНиП 2.04.05-91	Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
СНиП III-84-76	Система автоматизации
ДСанПіН 3.3.2-007-98	Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
ДСанПіН 5.5.6-009-98	Влаштування та обладнання кабінетів комп'ютерної техніки в навчальних закладах та режим праці учнів на персональних комп'ютерах
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**

**Перелік питань до розгляду в дипломному проекті**

**Аналіз можливих аварійних ситуацій**

- Аналіз усіх можливих відмов системи керування.
- Перелік заходів щодо попередження розглянутих відмов системи керування.
- Практичне значення аналізу можливих аварійних ситуацій для зниження рівня травматизму.

**Рациональний колірний інтер'єр виробничого приміщення і його роль для продуктивної праці**

- Визначення зв'язку колірного оформлення з охороною праці.
- Характеристика форми і розміру приміщення, його розташування стосовно сторін світу, кліматичних умов, особливостей технологічних і експлуатаційних вимог, типу освітлювальних пристроїв і умов зорової роботи.
- Здатність ока розрізняти кольору по світловому, колірному тону та насиченості. Особливості колірного сприйняття.
- Психологічна цінність і ефективність кольорів.
- Розрахунок освітленості в приміщенні.

### **Раціональний пристрій інформаційних табло**

- Характеристика приміщення і робочого місця оператора, швидкість циклу регулювання.
- Структурна схема системи керування.
- Функціональні можливості оператора, вимоги до інформації; графіки, ескізи.
- Ергономічні рекомендації з конструювання системи відображення інформації. Розмір і компонування індикаторів, шкал; освітлення і колір елементів сигналізації. Ескізи, схеми.
- Кількісна оцінка якості зображення, розрахунок критерія оцінки.
- Колірне рішення системи відображення інформації.

### **Ергономічні рекомендації з конструювання систем відображення інформації**

- Дослідження емоційного стану людини при впливі на нього зовнішніх ритмічних роздратувань (звукових, світлових, електричних) шляхом реєстрації біопотенціалів головного мозку.
- Розмір і компонування індикаторів шкал; освітлення і колір елементів сигналізації.
- Кількісна оцінка якості зображення, розрахунок критерію оцінки.

### **Особливості праці при роботі з індикаторним пристроєм на електронно-променевої трубці**

- Призначення індикатора.
- Функції оператора. Основні характеристики його зорової системи (чутливість, адаптація, час інерції ока, пропускна здатність оператора).
- Узгодження характеристик оператора й індикатора (вибір форми знаків і символів і методи їх формування, визначення кількості інформації).
- Вибір режиму роботи електронно-променевої трубки (яскравість лінії розгорнення, швидкість розгорнення, яскравість оцінок, яскравість світіння екрана, час післясвітіння).
- Вибір рівня зовнішнього освітлення та фільтра для трубки.
- Організація заходів, спрямованих на зниження стомленості оператора під час роботи (робоча поза, ритм роботи, рекомендації з користування масштабом розгорнення, шкалами, сітками).

### **Розробка конструкції кабіни спостереження чи пульта дистанційного керування при роботі із устаткуванням, яке є джерелом шуму**

- Дати коротку характеристику джерел шуму, їх шумової характеристики.
- Привести схему розташування джерел шуму і кабіни спостереження.

реження. Нанести на схему розрахункову точку.

- Визначити рівні шуму в розрахунковій точці і звукоізолюючу здатності елементів кабіни.
- Підібрати конструкцію елементів огороження.

### **Вибір схеми пристрою захисного відключення для ЕОМ**

- Характеристика електроустановки, що захищається, (її структурна схема) і приміщення, в якому вона розташована; небезпека поразки струмом при нормальному й аварійному режимах роботи розглянутих блоків ЕОМ.
- Вимоги «Правил устроюства електроустановок» до максимального токового захисту ЕОМ і захисту від поразки струмом.
- Вибір схеми пристрою захисного відключення (ПЗВ), обґрунтування, принципова схема.
- Розрахунок установки ПЗВ.
- Аналіз захисних властивостей обраного ПЗВ і його надійність.
- Перевірочний розрахунок однієї з прийнятих у блоці ЕОМ систем захистів і захисту від перевантажень і перенапруг.
- Ефективність проектного захисту.

### **Міри захисту, що забезпечують безпеку експлуатації пересувної електроустановки**

- Умови роботи пересувної електроустановки (температура, вологість, вібрація, шум, ударні навантаження і т.п. ).
- Вимоги ПУЭ, ПТЭ і ПТБ до пристрою й експлуатації пересувних електроустановок.
- Вибір і обґрунтування системи захисту від поразки струмом.
- Вибір приладу чи схеми безупинного контролю ізоляції мережі, що живить пересувну установку.
- Електротехнічні захисні засоби на установці.
- Ефективність мір захисту від поразки струмом.

### **Питання інженерної психології щодо до організації пульта керування**

- Характеристика приміщення, де знаходиться робоче місце оператора, потенційні фактори, що впливають на підвищення стомлюваності і зниження продуктивності праці, діаграма зон комфорту.
- Вимоги до пульта керування. Визначити зорове поле очей, робочу позу, робочу зону, конструкцію органів керування, колірну гаму робочого місця. Привести ескіз.
- Виконати компоновання приладів і органів керування на пульті керування, привести ескіз.
- Розрахунок комфортних умов (шумоглушіння, природне та штучне освітлення, кондиціонування повітря і т.п. ).
- Оцінка проекту робочого місця оператора відповідно до дію-

чих норм по охороні праці.

### **Розробка блокування безпеки**

- Характеристика високовольтної установки.
- Категорія приміщення, у якому ведеться робота з високовольтною установкою, по ступені небезпеки поразки електрострумом.
- Вибір типу схеми блокування. Опис роботи схеми.
- Оцінка ефективності блокування безпеки.

### **Питання ергономіки і їх рішення для створення комфортних умов праці**

- Характеристика впливу умов і ритму праці, освітленості, несприятливих факторів (шуму, заповищеності приміщення й ін.) на стомленість і зниження продуктивності праці.
- Характеристика умов праці.
- Ергономічні вимоги до робочого місця.
- Психологічні вимоги до робочого місця.
- Вибір і обґрунтування робочої зони, робочої пози в умовах, що розглядаються, оптимального сидіння, раціональної конструкції столу, естетичного оформлення робочого місця.
- Схема робочого місця з указанням робочої площини, сидіння, джерел світла і розташування основного і допоміжного устаткування.

## **Додаток В**

### **Вимоги до повітря робочої зони**

*Таблиця В.1 – Оптимальні норми параметрів мікроклімату робочої зони виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99, ГОСТ 12.1.005-88)*

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 В.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 В.3 – Категорії робіт по ступеню 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 сидячі з незначними фізичними напругами
Легка Іа	140–174	121–150	Роботи, які виконують сидячі або зв'язані з ходьбою та супроводжуються деякими фізичними напругами
Середньої важкості Іа	175–232	151–200	Роботи, які зв'язані з постійною ходьбою, переміщення мілких (до 1 кг) предметів в положенні «стоячи» або «сидячи» та вимагають незначні фізичні напруги
Середньої важкості Іб	233–290	201–250	Роботи, які зв'язані з ходьбою, переміщення предметів до 10 кг, супроводжуються помірними фізичними напругами
Важка ІІІ	Більше 290	Більше 250	Роботи, які зв'язані з переміщення предметів більше 10 кг та вимагають значні фізичні напруги

Таблиця В.4 – Норми площі та об'єму для виробничих приміщень (СН 245–71)

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 В.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> /люд
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 В.6 – Нормування інтенсивності теплового випромінювання (ДСН 3.3.6.042-99)

Вид джерела	Площа опромінювання, %	Інтенсивність випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	Тривалість роботи, хв.	Тривалість перерви, хв.
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	–	–
		350	20	8
		700	15	10
		1050	12	12
		1400	9	13
		1750	7	14
		2100	5	15
		2450	3,5	12

Таблиця В.7 – Характеристика матеріалів для екранів [2, 8]

Матеріал	Ступень чорноти
Алюміній полірований	0,04 – 0,06
Залізо листове	0,23
Жерсть біла	0,28
Стальний листовий прокат	0,56
Азбестовий картон	0,96
Цегла вогнетривкий	0,8 – 0,9
Цегла шамотня	0,75
Скло	0,91 – 0,94
Емаль біла	0,9

## Додаток Г

### Вимоги до виробничого освітлення

Таблиця Г.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 Г.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	-	150
		г	-	100

Таблиця Г.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 ТЕЗів

Таблиця Г.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> пилу)	1,5	1,3
Приміщення пильні (1... 5 мг/м <sup>3</sup> пилу)	1,8	1,5
Приміщення пильні (більше 5 мг/м <sup>3</sup> пилу)	2,0	1,7
Приміщення с особливо чистим режимом	1,4	1,2

Таблиця Г.5 – Рекомендації до освітлення виробничих приміщень [1, 2]

Цех, дільниця	Розряд зорових робіт	Освітлення, лк		
		Комбіноване освітлення		Загальне
		Загальне + місцеве	Загальне	
Механічний цех серійного випуску	–	–	–	300 (150)*
	II в	2000	200	–
	I в	2500	300	–
Інструментальний цех	–	–	–	500
	II в	2000	300	–
	I в	2500	300	–
Складання великих виробів	–	–	–	300
	IV а	750	150	–
Складання виробів на конвеєрі	–	–	–	300
	IV а	1000	150	–
Оператори ЕОМ	III	–	–	300
Пульт керування	–	300	75	100
Зварювальний цех	–	–	–	150
Модельний цех	III	1500	150	300

\* Норма освітлення при використанні ламп розжарювання.

Таблиця Г.6 – Коефіцієнт використання світлового потоку

ρ <sub>ст</sub> , %	ρ <sub>с</sub> , %	Коефіцієнт використання η, %, при індексі приміщення і											
		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 Г.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 Г.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 Г.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 Г.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 Г.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 Г.11 – Розподіл світла світильників [10]

Тип світильника	Сила світла, кд, в напрямку $\alpha, \dots^\circ$									
	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 Д**  
**Вимоги до виробничого шуму та вібрації**

*Таблиця Д.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 Д.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 (10мм)	0,11
Перфорировані панелі	0,50
Лінолеум (5мм)	0,03
Паркет	0,06

*Таблиця Д.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 листовая 0,7 мм	5,6	25
Сталь листовая 2 мм	15,7	33
Стекло 3...4 мм	8...10	28
Стекло 6 мм	16	31
Пластик із скла 11,5 мм	–	23
Повсть 15 мм	2,8	6
Картон 5 мм	3	16



Таблиця Д.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 Е

#### Вимоги до роботи на ПЕОМ

Таблиця Е.1 – Рівень іонізації повітря приміщень при роботі на ПЕОМ (ДСанПіН 3.3.2-007-98)

Рівень	Кількість іонів в 1 см <sup>3</sup> повітря	
	n+	n-
Мінімально необхідний	400	600
Оптимальний	1500 - 3000	300 - 5000
Максимально допустимий	50000	50000

Таблиця Е.2 – Вимоги до освітлення робочих місць з ПЕОМ (НПАОП 0.00-1.31-99)

Найменування параметра	Значення параметра
Коефіцієнт природної освітленості	Не нижче 1,5 %
Освітленість на робочому столі	300 – 500 лк
Яскравість світильників загального освітлення	Не більше 200 кд/м <sup>2</sup>
Захисний кут світильників	Не більше 40°
Коефіцієнт пульсації	Не більше 5 %
Яскравість світних поверхонь	Не більше 200 кд/м <sup>2</sup>
Яскравість відблисків на екрані	Не більше 40 кд/м <sup>2</sup>
Відношення яскравості робочих поверхонь	Не більше 3 : 1
Відношення яскравості робочих поверхонь і навколишніх предметів	Не більше 5 : 1

Таблиця Е.3 – Допустимі та еквівалентні рівні шуму при роботі на ПЕОМ (ДСанПіН 3.3.2-007-98)

Рівень звукового тиску, дБ									Еквівалентний рівень звука, дБ·А
Середньо геометричні частоти октавних смуг, Гц									
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
-	67	57	49	44	40	37	35	33	45
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Таблиця Е.4 – Допустимі параметри електромагнітних випромінювань та електростатичних полій (ДСанПіН 3.3.2-007-98)

Вид поля	Допустимі параметри поля		Допустима густина потоку енергії, Вт/м <sup>2</sup>
	Електрична складова, В/м	Магнітна складова, А/м	
Напруженість ЕМП: 60 кГц – 3 МГц	50	5	-
3 кГц – 30 МГц	20	-	-
30 кГц – 50 МГц	10	0,3	-
30 кГц – 300 МГц	5	-	-
300 кГц – 300 ГГц	-	-	10
ЕМП в ультрафіолетовій частині спектра: УФ-С (220-280 нм)	-	-	0,001
УФ-В (280-320 нм)	-	-	0,01
УФ-А (320-400 нм)	-	-	10
ЕМП в видимій частині спектра 400-760 нм	-	-	10
ЕМП в інфрачервоній частині спектра 0,76-10 мкм	-	-	35 – 70
Напруженість електричного поля ВДТ, кВ/м	-	-	20

Таблиця Е.5 – Допустимі рівні вібрації при роботі на ПЕОМ  
(ДСанПіН 3.3.2-007-98)

Середньо геометрична частота октавних смуг, Гц	Допустимі значення по осям x, y, z	
	Рівень віброприскорення, дБ	Рівень віброшвидкості, дБ
2	36	91
4	33	82
8	33	76
16	39	75
31,5	45	75
63	51	75
Еквівалентний рівень	33	75

Таблиця Е.6 – Вимоги до розміщення робочих місць з ПЕОМ [9,14]

Найменування параметра	Значення
Мінімальна ширина проходів, м: – при однорядному розташуванні ЕОМ – при дворядному розташуванні ЕОМ	1 1,2
Відстань від стін, м	≥ 1,0
Відстань між робочими місцями, м	≥ 1,5
Відстань між бічними поверхнями моніторів, м	≥ 1,2
Відстань між тильною поверхнею одного ЕОМ та екраном іншого, м	≥ 2,5
Площа приміщення на одного робітника, м <sup>2</sup>	6
Об'єм приміщення на одного робітника, м <sup>3</sup>	20

Примітка. Площа та об'єм приміщення наведені з урахуванням максимальної кількості одночасно працюючих людей у зміну.

Таблиця Е.7 – Висота стола для роботи на ПЕОМ [9,14]

Зріст людини у взутті, см	Висота над підлогою, мм	
	Поверхня стола	Простір для ніг, не менше
131...145	580	520
146...160	640	580
161...175	700	640
Понад 175	760	700

Примітки:

1 Оптимальний розмір робочої поверхні 1600 x 900 мм. На поверхні стола має бути спеціальна підставка для документів, відстань до якої від очей дорівнює відстані від очей до клавіатури.

2 Ширина та глибина простору для ніг визначаються конструкцією стола. Розміри простору для ніг за висотою не менше 600 мм, за шириною 500 мм, за глибиною 650 мм.

Таблиця Е.8 – Основні розміри стільця [9,14]

Параметр стільця	Зріст людини, см		
	146...160	161...175	Понад 175
Висота сидіння, мм	380	420	460
Ширина сидіння, мм	320	340	360
Глибина сидіння, мм	360	380	400
Висота нижчого краю спинки, мм	160	170	190
Висота верхнього краю спинки, мм	330	360	400
Кут нахилу сидіння, °	0...4		
Кут нахилу спинки, °	95...108		

Таблиця Е.9 – Вимоги до розміщення обладнання [9]

Найменування параметра	Значення параметра
Відстань від екрану до ока працівника при розмірі екрану по діагоналі, мм 35/38 см (14''/15'')	600...700
43 см (17'')	700...800
48 см (19'')	800...900
53 см (21'')	900...1000
Кут нахилу екрану від лінії зору працівника	- 30° ...+30°
Кут нахилу клавіатури	5...15°
Відстань від краю робочої поверхні до клавіатури	100...300 мм

Таблиця Е.10 – Коефіцієнти відбивання поверхонь [9]

Орієнтація вікон приміщення	Найменування кольору (поверхні)	Коефіцієнт відбивання, %
1	2	3
Південь	Зелено-голубий (стіни)	62...76
	Світло-голубий (стіни)	57...71
	Зелений (підлога)	22 – 36
Північ	Світло-оранжевий (стіни)	64...78
	Оранжево-жовтий (стіни)	60...74
	Червоно-оранжевий (підлога)	3...17
Схід	Жовто-зелений (стіни)	60...74
	Зелений (підлога)	22...36
	Червоно-оранжевий (стіни)	3...17

Продовження таблиці Е.10

1	2	3
Захід	Світло-жовтий (стіни)	63...77
	Блакитно-зелений (стіни)	60...74
	Зелений (підлога)	22...36
	Червоно-оранжевий (підлога)	3...17

Примітки:

1 Стеля в усіх приміщеннях має бути білою.

2 Коефіцієнт відбиття для стін повинен дорівнювати 0,4...0,5; для стелі – 0,7...0,8; для підлоги – 0,2 ... 0,3.

Таблиця Е.11 – Тривалість регламентованих перерв (ДСанПіН 3.3.2-007-98)

Категорія роботи з ПЕОМ	Загальний час регламентованих перерв	
	При 8-годинній зміні	При 12-годинній зміні
Розробка програм із застосуванням ЕОМ	15 хвилин через кожну годину	У перші 8 годин роботи аналогічно перервам при 8-годинній роботі, а протягом останніх 4-х годин - 15 хвилин через кожну годину
Оператори із застосуванням ЕОМ	15 хвилин через кожні 2 години	
Оператори комп'ютерного набору	10 хвилин після кожної години	

### 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	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$
1	2	3	4	5	6	7
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

Продовження таблиці Ж.1

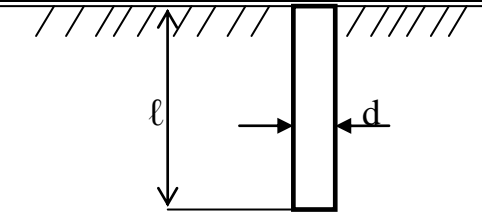
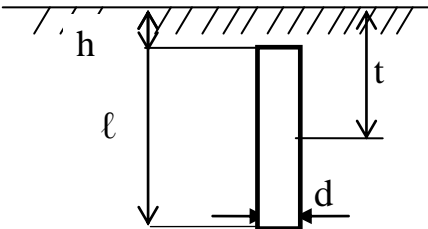
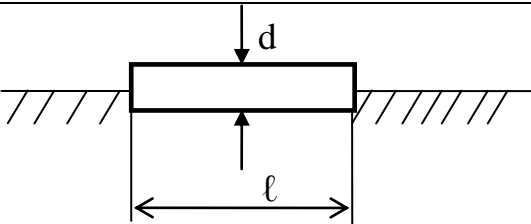
1	2	3	4	5	6	7
Суглинок	100	40-150	100	2	1,5	1,4
Супесок	300	150-400	300	2	1,5	1,4
Торф	20	10-30	20	1,4	1,1	1
Чернозем	200	9-53	30	–	1,32	1,2
Вода:	–	–	–	–	–	–
– у струмках	–	10-60	–	–	–	–
– ґрунтова	–	20-70	–	–	–	–
– морська	–	0,2-1	–	–	–	–
– ставка	–	40-50	–	–	–	–
– річна	–	10-100	–	–	–	–

Примітка.  $\phi_1$  - при великій вологості ґрунту;  $\phi_2$  – при середній вологості ґрунту;  $\phi_3$  – при сухому ґрунті.

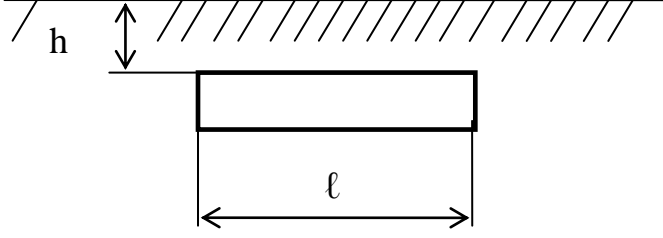
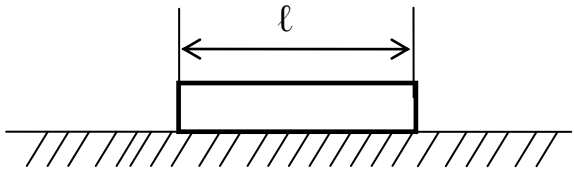
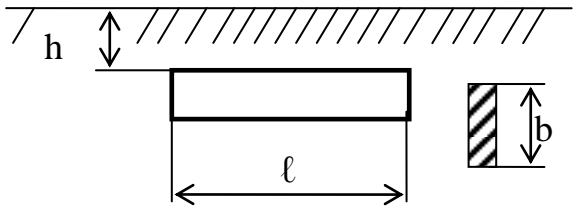
Таблиця Ж.2 – Коефіцієнти сезонності

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	$\approx 400$	$\approx 500$	$\approx 5000$	$\approx 300 \dots 500$
Тривалість замерзання вод (днів)	190...170	150	100	0
$k_c$ стержньових заземлювачів ( $l=2 \dots 3$ 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 ( $l=2 \dots 3$ 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 стержнів 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 стержневий біля поверхні ґрунту		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$l \gg d$
2	Трубчатий або стержневий в ґрунті		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{5t - l} \right)$	$t > 5$
3	Горизонтальний круглого перерізу (труба, кабель і т.д.) на поверхні ґрунту		$R_3 = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}$	$l/H \geq 5$

Продовження таблиці Ж.3

1	2	3	4	5
4	Горизонтальний круглого перерізу в ґрунті		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{\ell^2}{dh}$	$\ell/H \geq 5$
5	Горизонтальний смуговий на поверхні ґрунту		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4\ell}{b}$	$\ell \gg d$
6	Горизонтальний – смуга в ґрунті		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2\ell^2}{dh}$	$\ell/h \geq 5$



Таблиця Ж.4 – Коефіцієнт використання заземлювачів,  $\eta_{\text{в}}$

Відношення відстані між трубами (стрижнями) до їх довжини	При розташуванні в ряд		При розташуванні по контуру	
	Кількість заземлювачів	$\eta_{\text{в}}$	Кількість заземлювачів	$\eta_{\text{в}}$
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
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
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

Таблиця Ж.6 – Значення номінального струму для деяких запобіжних пристроїв

Тип запобіжного пристрою	Номінальний струм, А
НПИ 15	6, 10, 15
НПН 60М	20, 25, 35, 45, 60
ПН2-100	30, 40, 50, 60, 80, 100
ПН2-250	80, 100, 120, 150, 200, 250
ПН2-400	200, 250, 300, 350, 400
ПН2-600	300, 400, 500, 600
ПН2-1000	500, 600, 750, 800, 1000

Таблиця Ж.7 – Повний опір масляних трансформаторів

Потужність трансформатора, кВА	Опір трансформатора (Ом), при схемі з'єднання обмоток	
	зіркою	трикутником
25	3,11	0,906
40	1,949	0,562
63	1,237	0,360
100	0,799	0,226
160	0,487	0,141
250	0,312	0,090
400	0,195	0,056
630	0,129	0,042
1000	0,081	0,027

Таблиця Ж.8 – Найбільш припустимий час захисного автоматичного відключення живлення

Номінальна фазна напруга $U$ , В	Час відключення, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Більш 380	0,1

### Додаток К

#### Вимоги до пожежної безпеки

Таблиця К.1 – Характеристика категорій приміщень і будівель за вибухопожежною 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 Вибухопожежонебезпечна	<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

## 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, П. Я. Галушко, Р. В. Сабарно [и др.]. - К. : Техника, 1982. – 231 с.
- 3 Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов / М. И. Гримитлин, О. Н. Тимофеева, В. М. Эльтерман [и др.]. – М. : Машиностроение, 1978. – 272 с.
- 4 **Виноградов, Б. В.** Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении: сборник расчетов. – М. : Машиностроение, 1963. – 264 с.
- 5 **Гажаман, В. І.** Електробезпека на виробництві: навч. посібник. – К. : Охорона праці, 2002. – 272 с.
- 6 **Глиняная, Н. М.** Охрана труда в литейном производстве / Н. М. Глиняная, А. Н. Фесенко. – Краматорск : ДГМА, 2004. – 168 с. – ISBN 5-7763-1408-9.
- 7 **Дементій, Л. В.** Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с. – ISBN 5-7763-1413-5
- 8 **Дементий, Л. В.** Охрана труда в автоматизированном производстве. Обеспечение безопасности труда / Л. В. Дементий, А. Л. Юсина. – Краматорск : ДГМА, 2007. – 300 с. – ISBN 978-966-379-163-0.
- 9 **Жидецький, В. Ц.** Охорона праці користувачів комп'ютерів. – Львів : Афіша, 2000. – 176 с. – ISBN 966-7760-00-6.
- 10 Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей : навч. посібник / за ред. В. В.Сафонова. – К. : Основа, 2000. – 336 с. – ISBN 966-7233-23-5.
- 11 **Коновалова, С. А.** Курс лекцій по дисципліне «Охрана труда в отрасли» для студентов специальности ПТМ / С. А. Коновалова, Г. И. Чижииков, В. Г. Крупко. – Краматорськ : ДГМА, 2006. – 232 с. – ISBN 5-7763-1130-6/
- 12 **Лагунов, Л. В.** Борьба с шумом в машиностроении / Л. В. Лагунов, Г. Л. Осипов. – М. : Машиностроение, 1980. – 150 с.
- 13 **Маньков, В. Д.** Защитное заземление и зануление электроустановок : Справочник / В. Д. Маньков, С. Ф. Заграничный. – СПб. : Политехника, 2005. – 400 с. – ISBN 5-7325-0791-4.
- 14 **Навакатилян, А. О.** Охрана труда пользователей компьютерных видеодисплейных терминалов / А. О. Навакатилян, В. В. Кальниш, С. Н. Стрюков. – К. : Охрана труда, 1997. – 400 с.
- 15 Практикум із охорони праці: навч. посібник / за ред. В. Ц. Жидецького. – Львів : Афіша, 2000. – 352 с. – ISBN 966-7760-09-X.
- 16 **Сивко, В. Й.** Розрахунки з охорони праці / В. Й. Сивко. – Житомир: ЖІТІ, 2001. –152 с. – ISBN 966-7570-90-8.
- 17 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.

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

19 **Чижиков, Г. И.** Краткий конспект лекций по курсу «Охрана труда в отрасли» для студентов специальностей ОМД и МТО / Г. И. Чижиков, И. Л. Марченко, Б. Е. Михайленко и др. – Краматорск : ДГМА, 2003. – 116 с. – ISBN 5-7763-1415-1.

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

21 **Чижиков, Г.И.** Краткий конспект лекций по курсу «Охрана труда в отрасли» для студентов специальности «Сварочное производство» / Г. И. Чижиков, А. Г. Гринь, Ю. В. Менафова. – Краматорск : ДГМА, 2006. – 156 с. – ISBN 5-7763-2680-X.

22 Электробезопасность на промышленных предприятиях: справочник / Р. В. Сабарно, А. Г. Степанов, А. В. Слонченко [и др.] – К.: Техника, 1985. – 288 с.

23 **Сибикин, Ю. Д.** Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 240 с. – ISBN 5-7695-1391-8.

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

*Навчальне видання*

**ЮСІНА Ганна Леонідівна,  
ДЕМЕНТІЙ Лариса Володимирівна**

**ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СТУДЕНТІВ  
З ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ  
«ОХОРОНА ПРАЦІ»  
ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ**

Редактор

Комп'ютерна верстка О.П.Ордіна

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