

Міністерство освіти і науки, молоді і спорту України

Донбаська державна машинобудівна академія

**ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
З ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ
«ОХОРОНА ПРАЦІ»
ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ
для студентів спеціальностей ТМ, МВ, ІВ**

Краматорськ 2011

Організація роботи студентів з виконання розділу «Охорона праці» дипломних проектів для студентів спеціальностей ТМ, МВ, ІВ/ уклад.: С. А. Гончарова, Л. В. Дементій. – Краматорськ: ДДМА, 2011. – 144 с.

У даних методичних вказівках наведено основні вимоги щодо змісту і оформлення розділу «Охорона праці» дипломних проектів для студентів спеціальностей ТМ, МВ, ІВ, наведено рекомендації щодо вибору конкретних завдань у залежності від теми дипломного проекту. У вказівках приведено багато довідкового матеріалу, який потрібен студентам при виконанні даного розділу проекту. Для основних засобів захисту людини від виробничих факторів при холодній обробці металів наведено методики розрахунків та приклади конкретних рішень з охорони праці.

Укладачі: С.А. Гончарова, доц.,
Л.В. Дементій, доц.

Відпов. за випуск А. П. Авдєєнко, проф.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Загальні вимоги щодо оформлення розділу «Охорона праці»	5
2 Аналіз виробничих факторів в механічних та складальних цехах	7
3 Розробка заходів щодо виробничої санітарії	18
4 Розробка заходів щодо технічної безпеки	30
5 Методики розрахунків основних засобів захисту	39
5.1 Вентиляція виробничих приміщень	39
5.2 Опалення цехів	58
5.3 Охорона навколишнього середовища	63
5.4 Захист від шуму	67
5.5 Захист від вібрації	74
5.6 Виробниче освітлення	84
5.7 Безпека виробничого обладнання	92
5.8 Безпека виробничих процесів	99
5.9 Захисне заземлення	101
5.10 Визначення категорії приміщення з вибухово-пожежної та пожежної небезпеки	105
Література	108
Додаток А. Рекомендації з використання нормативно-технічної документації	110
Додаток Б. Вимоги до повітря робочої зони	115
Додаток В. Вимоги до виробничого шуму та вібрації	117
Додаток Г. Вимоги до виробничого освітлення	120
Додаток Д. Вимоги до виробничого обладнання	130
Додаток Е. Вимоги до організації робочих місць	133
Додаток Ж. Вимоги до електробезпеки	135
Додаток К. Вимоги до пожежної безпеки	140

ВСТУП

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

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

Вивчення дисципліни передбачає вивчення засобів захисту працюючих від впливу найбільш широко поширених в механічних та складальних цехах 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 при механічній обробці металів та проведенні складальних робіт та основні напрямки і методи захисту довкілля. Особливу увагу необхідно приділити захисту робітників від механічного травмування.

Для забезпечення формування перерахованих знань та умінь студенти всіх спеціальностей при розробці дипломних проектів та науково-дослідних робіт виконують розділ «Охорона праці». Він є невід'ємною частиною дипломного проекту, де, як правило, розглядаються технічні і організаційні заходи, що спрямовані на забезпечення безпеки обладнання, що проектується або знаходиться в експлуатації. Крім того, можуть бути розглянуті питання організації робочого місця, створення оптимального мікроклімату, розрахунку освітлення, питання ергономіки і інженерної психології, які направлені на створення оптимальних умов праці.

Всі питання з охорони праці розробляються у вигляді конкретних рішень, за якими можливо судити про наявність у молодого фахівця інженерної кваліфікації в області охорони праці. Це є завершальним етапом формування компетенції студентів у галузі охорони праці для подальшої професійної діяльності.

1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ»

Розділ «Охорона праці» виконується після проходження переддипломної практики і узгодження теми по охороні праці з консультантом по розділу.

Під час проходження переддипломної практики студент зобов'язаний ознайомитися з рішенням питань охорони праці відповідно до теми дипломного проекту, зробити аналіз ефективності цих рішень і пропозицій по підвищенню рівня безпеки. Все це повинно бути основою при визначенні теми, що підлягає детальному розгляду в розділі «Охорона праці» дипломного проекту.

Зміст завдання по охороні праці повинен відповідати основній темі дипломного проекту і бути його складовою органічною частиною.

В ході виконання завдання студент повинен періодично відвідувати консультації для узгодження вибраного рішення, для уточнення об'єму робіт, кількості розрахунків і так далі, а чернетку виконаного завдання по розділу «Охорона праці» представити консультантові для перевірки і твердження не пізніше, ніж за місяць до захисту.

Зброшурована записка пояснення дипломного проекту повинна бути представлена на підпис консультантові з розділу «Охорона праці» не пізніше, ніж за 10 днів до захисту. Про виконання завдання по охороні праці свідчать підпис консультанта-викладача на титульному листі записки пояснення.

При виконанні розділу «Охорона праці» дипломного проекту необхідно виконувати наступні **вимоги** [13, 20]:

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

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

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

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

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

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

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

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

Розробка заходів щодо виробничої санітарії здійснюється у такий послідовності:

- забезпечення якості повітря робочої зони;
- організація освітлення приміщень;
- захист від шуму, вібрації та випромінювання.

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

Розробка заходів щодо технічної безпеки здійснюється за такою схемою:

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

Матеріал для виконання цього підрозділу наведено у розділу 4 посібника.

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

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

Неприпустимо заповнювати розділ «Охорона праці» загальними міркуваннями і переписуванням нормативних положень, правил, інструкцій та підручників, а слід конкретно розробити і вказати заходи, які відносяться

безпосередньо до виробництва тільки проєктованих видів робіт або що вимагають проєктної розробки.

Розділ у цілому виконуються з урахуванням теми дипломного проєктування та спеціальної частини проєкту. Крім того, і в інших розділах записки пояснення необхідно висловлювати питання охорони праці стосовно вирішуваного технологічного завдання.

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 входять. Назва документів наводиться на мові оригіналу.

Обсяг розділу «Охорона праці» не повинен перевищувати 10-15 сторінок. При складанні тез виступу при захисті дипломного проєкту студент повинен передбачити час для короткого освітлення розділу «Охорона праці» і зв'язку його з основною темою дипломного проєкту.

2 АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕЧНИХ ТА ШКІДЛИВИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ

Механічні та складальні цеха відрізняються великою кількістю небезпечних і шкідливих виробничих факторів (НіШВФ), які відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 підрозділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні [2, 6, 11, 14, 19, 23, 26].

При **холодній обробці металів** до небезпечних фізичних факторів відносять:

- рухомі частини верстатів, вироби і заготівки;
- стружка і осколки інструментів;
- нагріті поверхні устаткування, інструменту, заготовок;
- висока напруга в силовій електричній мережі й статична електрика;
- підйомно-транспортні пристрої і переміщувані вантажі;
- можливість виникнення пожеж.

Шкідливими фізичними факторами є:

- високі вологість і швидкість руху повітря робочої зони, підвищена або знижена температура;
- підвищені рівні випромінювань, шуму і вібрації;
- підвищений вміст пилу в повітрі робочої зони;
- недостатня освітленість, підвищена яскравість світла і пульсація світлового потоку.

До хімічних НіШВФ у повітрі робочої зони відносяться токсичний пил, шкідливі пари і гази, аерозолі, агресивні рідини (кислоти, луги).

До біологічних НіШВФ відносяться мікроорганізми, що знаходяться у відпрацьованій мастильно-охолоджувальній рідині (МОР).

До психофізіологічних НіШВФ процесів обробки матеріалів різанням відносяться:

- фізичні перевантаження при установці, закріпленні та знятті великогабаритних виробів;
- перенапруження зору;
- монотонність праці.

До найважливіших факторів можна віднести: ріжучі інструменти (фрези, дискові пили, абразивні круги), приводні і передавальні механізми, зливну (стрічкову) стружку, стружку, що відлітає, пил.

Наявність **небезпечних і шкідливих виробничих факторів при зборці** визначається видом з'єднань і вживаного устаткування, номенклатурою виробів і складальних одиниць, їх розмірами і масою, серійністю виробництва, організаційною формою зборки (стаціонарна, потокова), ступенем механізації процесу і т.д.

У табл. 2.1 наведений перелік НіШВФ, що характерні для процесу зборки. Аналіз таблиці показує, що з фізичних факторів найбільше значення мають локальна вібрація і шум, що створюється ручним механізованим інструментом, машинами для клепки, випробувальними стендами, пневматичними пристроями, виробункерами складальних машин і т.д.

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які характерні для процесу фарбування виробів, обумовлені застосуванням токсичних лакофарбних матеріалів, утворенням у повітрі робочої зони лакофарбних аерозолів (пилу і туману) і виділення парів розчинників при підготовці фарб, нанесенні й сушці покриттів. Зразковий перелік НіШВФ наведений в табл. 2.2.

У приміщеннях і на виробничих майданчиках поза приміщеннями виникає ряд шкідливих і небезпечних виробничих факторів, обумовлених експлуатацією устаткування для фарбування. До них відносяться:

- рухомі машини і механізми;
- незахищені рухомі частини устаткування фарбування;
- переміщення пофарбованих виробів;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищена температура лакофарбних матеріалів, миючих і знежирюючих рідин, парів і газів, поверхні устаткування і виробів;
- підвищена або знижена температура повітря на ділянках фарбування, в цехах фарбувань, приміщеннях і камерах;
- підвищений рівень шуму, вібрації і ультразвуку при підготовці поверхні виробів до фарбування і при роботі вентиляторів установок фарбувань;

Таблиця 2.1 – Характеристика виробничих факторів при складальних роботах

Операції	Небезпечні та шкідливі фактори									
	Підвищений рівень шуму і вібрації	Небезпечний рівень напруги	Невідповідні температури поверхонь	Підвищений рівень ультра звуку	Випромінювання	Рухомі частини	Гострі кромки, нерівні поверхні	Інші фактори	Вибухонебезпека	Пожежобезпека
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пригоночні роботи при складанні:										
свердлення, зенкерування, розгортання	+	+	+	-	-	+	+	Запиленість, фізичні перевантаження	-	-
шліфування і полірування круглими абразивними стрічками	+	+	+	-	-	+	+	Запиленість. Пари і пил окислу хрому. Пари скипидару	-	+
шабрування	+	+	+	-	-	+	+	Запиленість. Пари гасу	-	+
обрубання	+	-	-	-	-	+	+	Запиленість	-	-
обпилювання і зачистка	+	-	-	-	-	-	+	Запиленість	-	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
правка листових і маложорстких деталей	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-
притирання	-	-	+	-	-	+	+	Загазованість розчинниками, скипидаром, кислотами. Пари і пил, що містить сполуки хрому, заліза. Монотонність праці	+	+
Очищення і промивка деталей:										
гідропескоструйна обробка	+	+	+	-	-	+	+	Розчини гідрату натрію і окислу хрому	-	-
дробеструйна обробка	+	+	-	-	-	+	+	Запорошена	-	-
Знежирення:										
органічними розчинниками	-	-	+	-	-	-	+	Підвищена загазованість парами розчинників	+	+
електрохімічне	-	+	+	-	-	-	+	Загазованість парами лугів, бризки лугів	+	+
лужними розчинниками	-	-	+	-	-	-	+	Загазованість парами каустичної соди	-	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Видалення забруднень за допомогою ультразвуку	-	+	-	+	+	-	+	Бризки лужних розчинів	-	-
Хімічне травлення	-	-	+	+	-	-	+	Загазованість оксидами азоту, парами кислот	-	-
Обдування струменем стислого повітря	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-
Збірка рухомих і нерухомих роз'ємних з'єднань										
Збірка різьбових з'єднань	+	+	-	-	-	+	+	Фізичне навантаження. Монотонність праці	-	-
Збірка циліндрових і конічних з'єднань	+	-	+	-	-	+	+	Загазованість розчинниками. Пари і пил оксидів хрому, карбіду кремнію	+	+
Збірка з'єднань шпон	+	-	-	-	-	+	+	Фізичне навантаження	-	-
Збірка шліцьових з'єднань	+	-	+	-	-	-	+	Пари мастила. Фізичне навантаження	-	+
Збірка з'єднань з пружними деталями	+	-	-	-	-	+	+	-	-	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Збірка на гідропресах	+	+	-	-	-	+	+	Пари і бризки мінеральних масел	-	+
З термовпливом: - збірка з нагрівом	+	+	+	-	+	+	+	Пари масла	-	+
- збірка з охолоджуванням	+	+	+	-	-	+	+	Рідкий азот, тверда вуглекислота. Загазованість	+	+
Збірка заклепувальних з'єднань: - холодна клепка	+	+	-	-	-	+	+	Фізичне навантаження Монотонність праці	-	-
- гаряча клепка	+	+	+	-	-	+	+	Монотонність праці	-	-
Збірка з'єднань, одержуваних методом вальцювання	+	-	+	-	-	+	+	Фізичне навантаження	-	-
Таврування і маркіровка складальних одиниць:										
механічне	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-
хімічне	-	-	-	-	-	-	+	Пари кислот, ацетону, солей вісмуту, нікелю і срібла	+	+
електричне	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-
Заправка складальних одиниць змащувальними матеріалами	-	-	+	-	-	-	+	Пари і краплі масла, змащувальних матеріалів	+	+

Умовні позначення: + фактор існує, - фактор відсутній.

Таблиця 2.2 - Зразковий перелік небезпечних і шкідливих виробничих факторів при фарбуванні виробів

НіШВФ	Технологічний процес				
	Підготовка лакофарбних складів	Підготовка поверхні до фарбування	Нанесення покриття	Сушка покриття	Шліфування і полірування покриття
Підвищена загазованість повітряного середовища	+	+	+	+	-
Підвищена запиленість	-	+	-	-	+
Підвищена температура повітря і поверхонь	-	+	-	+	-
Підвищений рівень шуму і вібрації	-	+	-	-	+
Підвищена іонізація повітря	-	-	+	+	-
Підвищена напруженість електричного поля, заряди статичної електрики	+	-	+	-	+
Підвищені рівні випромінювань	-	-	+	+	-
Струмінь лакофарбового матеріалу під тиском	-	-	+	-	-
Незахищені струмопровідні частини устаткування	-	+	+	+	-

- підвищені рівні ультрафіолетового, інфрачервоного, альфа-, бета -, гамма - і рентгенівського випромінювання, які виникають при роботі сушильного устаткування;

- незахищені струмоведучі частини установок підготовки поверхні, електроосадження, фарбування в електростатичному полі та сушильних установок;

- підвищена іонізація повітря на ділянках фарбування в електростатичному полі;

- підвищена напруженість електричного поля і підвищений рівень статичної електрики, виникаючий при фарбуванні виробів в електростатичному полі, а також при переміщенні по трубопроводах, перемішуванні, переливанні (пересипанні) і розпилюванні рідких і сипких матеріалів;

- струмені лакофарбних матеріалів, що виникають при порушенні герметичності апаратури фарбування, що працює під тиском;

- шкідливі речовини в лакофарбних матеріалах впливають на працюючих через дихальні шляхи, травну систему, шкірний покрив і слизисті оболонки органів зору і нюху.

Коротка характеристика НіШВФ

При обробці крихких матеріалів (чавуну, латуні, бронзи, графіту, карболіту, текстоліту і ін.) на високих швидкостях різання **стружка** від верстата розлітається на значну відстань (3 — 5 м). Металева стружка, особливо при точінні в'язких металів (сталей), що має високу температуру (400 — 600°C) і велику кінетичну енергію, являє серйозну небезпеку не тільки для працюючого на верстаті, але і для осіб, що знаходяться поблизу верстата. Найпоширенішими у верстатників є **травми очей**. Так, при токарній обробці від загального числа виробничих травм пошкодження очей перевищило 50%, при фрезеруванні - 10 % і близько 8 % при заточуванні інструменту і шліфуванні. Очі ушкоджувалися стружкою, що відлітає, пиловими частинками оброблюваного матеріалу, осколками ріжучого інструменту.

Одним з шкідливих виробничих чинників є **пил**. Основним джерелом утворення пилу в механічних цехах служать шліфувально-заточні операції. У процесі шліфування в повітря виділяється високодисперсний пил (0,5 — 3 мкм), до складу якого, окрім частинок металу, входять частинки абразивного (електрокорунд і карбід кремнію) і зв'язуючого матеріалу (керамічна, силікатна, магнезійна і інші зв'язки). Концентрація пилу досягає найбільшої величини при внутрішньому шліфуванні без вентиляції (28 - 153 мг/м³), при сухому шліфуванні з відсмоктуванням — запиленість складає 20 мг/м³ і більш. Вологе шліфування без вентиляції також не забезпечує повного знепилення (середня концентрація пилу — 6 - 7 мг/м³). Крім того, утворюється масляна аерозоль з концентрацією 15 - 20 мг/м³.

При точінні латуні й бронзи кількість пилу в повітрі виробничого приміщення відносно невелика (14,5 - 20 мг/м³). Проте, пил, що утворюється при точінні цих сплавів, токсичний (містить домішки свинцю).

При обробці різанням **полімерних матеріалів** відбуваються механічні й фізико-хімічні зміни їх структури і в повітря робочої зони поступає складна суміш парів, газів і аерозолів. Летючі продукти, що утворюються при тепловому розкладанні ряду пластмас, можуть викликати зміни центральної нервової і судинної систем, кровотворних і внутрішніх органів, а також шкірно-трофічні порушення. **Аерозолі нафтових масел, що входять до складу МОР**, можуть викликати роздратування слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності. Кількість парів води, аерозолу олії і емульсолу, що виділяються при роботі верстатів, наведена в табл. 2.3. Величини віднесені до 1 кВт потужності встановлених електродвигунів.

Тривале вдихання пилу у виробничих умовах може призвести до розвитку пилових захворювань бронхолегеневого апарату — пневмоконіозів і хронічного пилового бронхіту. Надзвичайно небезпечне вдихання пилу, га-

зів, туману берилію і його сполук, що призводить до захворювання – беріліоз.

Таблиця 2.3 - Кількість парів води, аерозолю олії і емульсолу, що виділяються при роботі верстатів, г/год·кВт

Устаткування	Аерозоль олії	Аерозоль емульсолу	Пари води
Металорізальні верстати при масляному охолодженні	0,2	-	-
Металорізальні верстати при емульсійному охолодженні	-	0,0063	150
Шліфувальні верстати при охолодженні емульсією	-	0,165	150
Шліфувальні верстати при охолодженні кіл олією	30	-	-

У робочих верстатників може виникати ряд **захворювань шкіри** (дерматози) від дії змащувальних і охолоджуючих масел і емульсій, сполук хрому, нікелю, кобальту, пластичних мас, скловолокнистих пластиків та ін. Найбільш поширені алергічні дерматити і екзема. МОР можуть шкодити організму при частому попаданні масла на відкриті ділянки шкіри, при тривалій роботі в одязі, що пропитане маслом, при вдиханні масляного туману. Систематичний контакт з маслом може викликати гострі та хронічні захворювання шкіри, зокрема захворювання відоме під назвою масляних угрів (фолікулітів).

У робітників-верстатників у результаті тривалого стояння розвивається виражене розширення вен на ногах, яке ускладнене запальними або трофічними розладами. Робітники на конвеєрі, шліфувальники схильні до захворювань периферичних нервів і м'язів. До виникнення цих захворювань призводять систематичні тривалі статичні напруги м'язів, однотипні рухи, що виконуються у швидкому темпі, тиск на нервові стовбури і їх мікротравматизація.

У складальному процесі при промивці й знежиренні деталей, зварці та паянні використовується низькочастотний **ультразвук** (16 — 44 кГц) високої інтенсивності (до 6 - 7 Вт/см²), а при контролі складальних з'єднань — високочастотний (більше 80 кГц). Найбільш небезпечний контактний ультразвук при передачі через рідини або тверді матеріали. Навіть короткочасна і періодична контактна дія ультразвуку (наприклад, при утриманні в ультразвуковій ванні деталей) може призводити до порушення рухливості пальців, кистей.

Неправильне поводження з органічними розчинниками (бензином, газом), ароматичними вуглеводнями (бензолом, толуолом, ксилолом), синтетичними миючими засобами і поверхнево-активними речовинами для очищення складальних одиниць, хромвмісткими притиральними і полірувальними пастами, свинцевими припоями, різними герметиками і клеями створює **небезпеку отруєнь**.

Наявність металевого **пилу** і абразивного пилу в повітрі робочої зони складального цеху може призвести до захворювання слюсарів-складальників пневмоконіозом, хронічним пиловим бронхітом, професійною бронхіальною астмою.

Використовування при зборці легкозаймистих і горючих речовин у вигляді, наприклад, суміші ацетону, спирту або бензину з сухим льодом, аерозолів і пилу, з одного боку, і джерел струму з можливістю іскріння або короткого замикання — з іншою, створює небезпеку **виникнення пожеж і вибухів**. Можливими причинами пожеж і вибухів, окрім несправності електромережі, можуть бути: на шліфувально-полірувальних ділянках наявність органічного пилу та іскріння шліфувальних кругів; на ділянках знежирення — ручне протирання виробів бензином, при цьому запалювання може відбутися в результаті тертя; на ділянках паяння і зварювання — використання джерел відкритого вогню; джерела нагріву деталей при гарячих посадках. Можливе самозаймання промаслених органічних матеріалів, одягу, дрантя. При розміщенні судин з газоподібними або рідкими хімічними речовинами на прямому сонячному світлі або біля джерел тепла може відбутися пожежа або вибух.

У складальних цехах існує небезпека **поразки електричним струмом**, оскільки тут експлуатується устаткування, що використовує електричний струм високої і промислової частоти напругою до 660 В, наприклад, установки індукційного нагріву деталей, електродвигуни, рубильники, світильники, вентилятори. Окрім цього, небезпечними факторами в складальних цехах є **відлітаючі частинки** абразивів, металеві осколки і пил, деталі ручного механізованого інструменту, що обертаються, нагріті (від 60 до 400°C) або сильно охолоджені поверхні устаткування.

Застосування потоково-конвеєрних методів на зборці, надмірне дроблення трудового процесу, збільшення одноманітних рухів у слюсарів-складальників викликає стан **монотонності**, що приводить до негативних фізіологічних, психологічних і соціальних наслідків. Серед них зниження функціональних можливостей організму, інтересу до роботи, сонливість.

Лакофарбні матеріали є сумішшю плівкоутворюючих речовин, розчинників, пігментів і різних добавок (пластифікаторів, затверджувачів та ін.). Широко використовують лаки і емалі на конденсаційних смолах, терті фарби, ефіроцелюлозні лаки і емалі, водоемульсійні фарби, оліфу, спиртні лаки. У повітря робочої зони плівкоутворюючі речовини потрапляють у складі лакофарбного аерозолю. Їх шкідлива дія обумовлена наявністю у складі токсичних речовин (стиролу, фенолу, формальдегіду та ін.).

У якості **розчинників** застосовують ароматичні (толуол, ксилол) і хлоровані (хлорбензол, діхлоретан) органічні речовини в суміші із спиртами, ацетатами, уайт-спіритом. У якості розчинників забороняється використовувати бензол, піробензол, метанол, хлоровані вуглеводні. Слід обмежувати застосування толуолу, ксилолу, сольвенту. Вміст розчинників в суміші складає 20 - 65%. Пари розчинників поступають в робочу зону при нанесенні покриттів і їх сушці.

Пігменти - сухі фарбувальні речовини неорганічного (титан, цинк, свинець, хром і ін.) і органічного походження. Найшкідливішим пігментом є свинець і його неорганічні сполуки, які в суміші з хромовими похідними входять до складу всіх кольорових пігментів. У повітря робочої зони свинець і його сполуки при фарбуванні поступають у вигляді аерозолі. Свинець і його сполуки надзвичайно токсичні.

Останнім часом знаходять застосування покриття з порошкових полімерних фарб, які відносяться до пожежобезпечних і нетоксичних речовин, проте процес нанесення порошкових полімерних фарб пов'язаний з утвореннями **органічного пилю**, який в певних концентраціях вибухо- й пожежонебезпечний і шкідливий.

При підготовці поверхні до фарбування застосовують механічні або хімічні методи. З **механічних методів** основними є обробка механізованим інструментом, сухим абразивом, гідроабразивне очищення і галтовка. З **хімічних методів** основними є знежирення у водних лужних розчинах або в органічних розчинниках, травлення, одночасне знежирення і травлення, одночасне знежирення і пасивація. Механічним і хімічним методам також властивий ряд шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Для нанесення лакофарбних покриттів на вироби застосовують ряд **способів**:

- ручне фарбування (кистями, валами);
- ручне механізоване фарбування розпилюванням (пневматичним, безповітряним, в електричному полі високої напруги);
- автоматизоване фарбування (зануренням, електроосадженням та ін.).

Найпростішим способом нанесення покриттів є фарбування **щітками**. При цьому шкідливу дію на робітниках надають лакофарбні матеріали і пари розчинників, що утворюються при нанесенні покриття і висиханні пофарбованого виробу. Якщо сушка проводиться в спеціальній камері, що обладнана витяжною вентиляцією, то шкідливий вплив на робітників обмежений. Аналогічна шкідлива дія на робітників і при фарбуванні **валами**.

Найбільше поширення в промисловості набуло ручне механізоване фарбування **пневматичним розпилюванням**, при якому в повітря робочої зони поступають аерозоль фарби і пари розчинників. При фарбуванні автоматичними фарборозпилювачами виробів I-ї групи складності близько 25 % лакофарбового матеріалу не осідає на поверхні, II групи складності — до 35%; III групи складності - до 55%.

Відхилення режимів роботи фарборозпилювачів від оптимальних завжди призводить до **зростання втрат фарби** на туманоутворення. Величина втрат фарби при розпилюванні залежить від властивостей фарби і режимів розпилювання: в'язкості фарби, форми факела розпилю, тиску повітря, відстані від фарборозпилювача до поверхні, кута між віссю факела і поверхнею та ін. Збільшення втрат фарби на туманоутворення відбувається при зниженні в'язкості фарби і зменшенні кута між віссю факела і поверхнею (зменшення кута з 90 до 45° збільшує туманоутворення в 1,5 рази).

При роботі на неоптимальних режимах втрати матеріалів забарвлень на туманоутворення (відсоток загальної витрати фарби) залежать від конструкції розпилювачів і можуть досягати 34 – 50 %. У особливо несприятливих випадках (забарвлення малих поверхонь і т. п.) втрати фарби на туманоутворення складають 70—75%.

При пневматичному забарвленні в приміщеннях без організованого повітрообміну **аерозоль фарби** від місць фарбування розповсюджується по приміщенню, осідаючи і розсіваючись у міру видалення від місць фарбування. За вертикаллю найвищі концентрації шкідливих речовин знайдені на висоті 0,5 м від підлоги, а самі незначні — на висоті 5 м.

Концентрація свинцю в повітрі робочої зони залежить від способу нанесення покриттів і виду виробів, що фарбуються. Так, при фарбуванні верстатів пневматичним розпилюванням концентрація свинцю досягає 0,45; при безповітряному фарбуванні вагонів — 0,09, а при електростатичному фарбуванні приладів і автомобілів — 0,06 мг/м³.

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів дозволяє **обґрунтувати** вибір заходів щодо забезпечення безпечних умов праці.

3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ

Заходи щодо виробничої санітарії потрібно розглянути в наступній послідовності:

- забезпечення якості повітря робочої зони;
- захист від шуму, вібрації та випромінювання;
- організація освітлення приміщень.

Забезпечення якості повітря робочої зони

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

Для забезпечення нормативних вимог використовують наступні заходи [3-5, 9, 11, 20, 26]:

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

При розгляді даного питання варто визначити можливі джерела виділення пилу, газів та пару, їх інтенсивність, а також намітити конкретні заходи щодо попередження забруднення повітряного середовища.

Найбільшу увагу потрібно приділити питанням **організації загальнообмінної вентиляції приміщень та організації місцевої вентиляції** в місцях виділення пилу, дрібної стружки, шкідливих газів і парів.

Видалення повітря роблять з верхньої зони вентиляторами на даху в одноповерхових будинках і центробіжними вентиляторами через мережу повітроводів, прокладених під стелею, у багатоповерхових будинках.

У цехах порівняно невеликої висоти (до 6 м) доцільно влаштовувати розосереджену подачу повітря у верхню зону повітроводами рівномірної подачі, плафонами, перфорованими повітроводами. У цехах великої висоти і із широкими прольотами рекомендується повітророздаючі пристрої встановлювати на висоті до 4 м від підлоги і роздавати повітря горизонтальними струменями, наприклад, через повітророзподільники.

Застосування в теплий період року адіабатичного охолодження припливного повітря в 2 – 3 рази збільшує робочу різницю температур і відповідно зменшує необхідний повітрообмін. Доцільність такого рішення необхідно економічно обґрунтувати для реальних умов.

При створенні надійних і ефективних систем витяжної вентиляції металорізальних верстатів необхідно враховувати особливості технологічного процесу, вплив інструмента, що рухається, оброблюваної заготовлі і вузлів верстата на характер всмоктування місцевого відсмоктувача, фізичні властивості шкідливих виділень, що утворюються, простоту і зручність обслуговування вентиляційної системи.

Кількість пилу, що виділяється при шліфуванні, залежить в основному від розмірів і твердості оброблюваного виробу, діаметра й окружної швидкості кола, а також від ширини шліфування і режимів різання. Заточення і тонке шліфування виробу супроводжуються виділенням 25 – 50 г/год пилу, при грубому шліфуванні кількість пилу коливається в інтервалі 100 – 300 г/год машинного часу [7]. Кількість пилу, що виділяється при обробці тендітних матеріалів, залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, режимів різання, кількості та розмірів крайок різального інструмента.

Пилостружкоприймачі, що застосовуються в системах місцевої витяжної вентиляції верстатів, відрізняються великою розмаїтістю конструкції. До устаткування, що “порошить, у механічних цехах відносять заточувальні, шліфувальні, обдирні верстати, що працюють без застосування МОР. Для перерахованих верстатів пилостружкоприймачі виготовляють у виді всмоктувальних воронки чи кожухів. Воронки ставлять у тих випадках, коли верстат не можна обладнати кожухом. Вхідний перетин **всмоктувальних воронки** робиться круглим, квадратним чи прямокутним з відношенням сторін не більш 2:1. Рекомендуються наступні перетини вхідних отворів воронки: для заточувального верстата 70x90 мм, для універсально-заточувального 90x120 мм.

Кожухи, що застосовуються для процесів обробки абразивним, ельборовим чи алмазними колами, виконують, як правило, не тільки функції захисту при руйнуванні кола, але є складовою частиною вентиляційної системи. Вони повинні забезпечувати таке формування повітряних потоків у зоні різання і навколо обертового кола, щоб забезпечити ефективне уловлювання шкідливостей, що утворюються .

На токарських і фрезерних верстатах часто застосовують відкидні екрани для огороження зони різання від стружки, що розлітається. Доцільно для операцій зв'язаних з виділенням пилу (обробка чавуна й інших тендітних матеріалів) укриття обладнати витяжною вентиляцією. У даному випадку вентиляцією віддаляється тільки пил. Стружку, що утвориться, робітник періодично через спеціальний отвір направляє до збірника.

Швидкість повітряного потоку, яка необхідна для транспортування пилу і стружки, обумовлюється швидкістю їхнього витання і залежить від форми, розмірів і маси часток. При гострінні тендітних матеріалів на верстатах середнього розміру швидкість витання чавунної стружки складає 6 – 10 м/с, при обробці графіту, текстоліту, деревного пластику 5,0 – 7,5 м/с. Для транспортування відходів швидкість повітряного потоку повинна в 2 – 3 рази перевищувати швидкість витання стружки і братися за даними табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Швидкість транспортування матеріалів

Матеріал і його характеристика	Швидкість на ділянках, м/с	
	вертикальних	горизонтальних
Змішаний абразивний і металевий пил	15	19
Змішана стружка і пил тендітних пластичних матеріалів	18	22
Стружка дрібна алюмінієва, чавунна, тендітних бронзи і латуні (маса елемента стружки до 200 мг)	22	26
Те ж (маса елемента стружки від 200 до 800 мг)	26	32

При механічній обробці тендітних матеріалів для видалення стружки і пилу найбільш раціональним є пристрій пневмотранспорту.

Пневматична система безупинного видалення пилу і стружки від різальних інструментів складається з наступних основних елементів: спеціальних пилостружкоприймачів, транспортної мережі, стружковідділювача, пиловідділювача і побудника тяги повітря.

Рекомендуються наступні типи **вентиляторів**: при загальній втраті тиску у вентиляційній системі до 11760 Па - вентилятори високого тиску типу Ц8-18 і Ц8-11; при втраті тиску до 3920 Па — вентилятори типу Ц7-40; до 2450 Па — різні типи відцентрових вентиляторів загальпромислового призначення. Аеродинамічні характеристики вентиляторів, що найбільш часто застосовуються для систем місцевої витяжної вентиляції металорізальних верстатів, приведені в [26].

Для очищення повітря, що видаляється з зони різання верстатів, від середньодисперсного (розмір часток до 10 мкм) і крупнодисперсного (розмір часток більш 50 мкм) пилу, а також стружки широке застосування знайшли **циклони**. Відділення пилу в циклонах засновано на принципі центробіжної сепарації. Ефективність очищення повітря збільшується (до 90 % і більше) при зменшенні діаметру циклона, тому часто замість одного циклону великого діаметра ставлять паралельно декілька циклонів меншого діаметра.

При великій початковій запиленості повітря для одержання необхідного ступеня очищення застосовують багатоступневу систему уловлювання. У цьому випадку циклон використовують для першої ступіні очищення (грубої і середньої), а друга ступінь очищення (тонка) передбачається в основному для уловлювання пилу з розмірами часток менш 10 мкм.

Тонке очищення повітря, що видаляється з зони різання верстатів, здійснюється у результаті пропущення його через рукавні **фільтри** індивідуальних агрегатів, що відсмоктують.

Для систем місцевої витяжної вентиляції металорізного устаткування застосовують **повітроводи**, виготовлені з тонколистової сталі, що мають розміри відповідно до вимог СНіП 11-33-75, гумовотканинні рукави і шланги для промислових пилососів. Внутрішні діаметри повітроводів круглого перетину вибирають з наступного ряду: 100; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250; 280; 325; 355; 400 мм. У випадку застосування у вентиляційній системі гумовотканинних рукавів їхнє кріплення до елементів устаткування здійснюється звичайно за допомогою хомутів, довжина рукавів, як правило, не перевищує 0,5—2,0 м.

У **складальних цехах** необхідно передбачати місцеву вентиляцію при проведенні фарбувальних робіт.

Вентиляція виробничих приміщень (цехів) механоскладальних цехів докладно розглянуто в літературі [4, 5, 6, 7, 25, 26]. Методика розрахунку вентиляції цеху наведено у розділі 5.1 приклади 1, 2. Методика розрахунку місцевої вентиляції наведено у розділі 5.1 приклади 3-9.

Захист від шуму, вібрації та випромінювання

Нормативні вимоги до рівнів шуму наведено у таблицях В.1,2 додатка В (ГОСТ 12.1.003-89, ДСН 3.3.6.037-99).

Для забезпечення нормативних вимог використовують наступні заходи [2, 5, 6, 16, 20, 24, 26]:

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

Основними джерелами шуму більшості металорізальних устаткувань є приводи, електродвигуни, різальний інструмент, пневмо- і гідросистеми [16].

На рівень шуму **механічного** походження значний вплив робить ступінь зношення устаткування, а також, точність монтажу його окремих вузлів і деталей. Зменшення шуму зубчастих передач і підшипників може бути забезпечено своєчасним і якісним ремонтом металорізального устаткування і строгим виконанням технічних вимог при його монтажі. Зубчасті колеса і підшипники доцільно поміщати в масляних ваннах.

Для зменшення шуму **електродвигунів** металорізальних верстатів їх поміщають у звукоізолюючі кожухи. Необхідно передбачити також ретельне динамічне балансування ротора, підвищувати твердість корпусу двигуна, вала ротора, підшипників, постійно стежити за наявністю змащення. Високошвидкісні двигуни, доцільно поміщати в звукоізолюючі кожухи.

Боротьба із шумом, що виникає при взаємодії **різального інструмента** з оброблюваною заготівлею, являє значні труднощі, оскільки зменшення інтенсивності режимів різання знижує продуктивність устаткування.

При обробці заготівель на великих верстатах із застосуванням мастильно-охолоджувальної рідини її можна використовувати для створення навколо зони різання звукоізолюючої завіси. Нерозривний шар рідини товщиною 5—6 мм знижує шум на середніх і високих частотах на 12—17 дБ.

Основною причиною шуму, що супроводжує роботу токарських **пруткових автоматів**, є удари оброблюваного прутка об стінки напрямних труб. Шум при їхній роботі приблизно на 10 дБ перевищує припустиму величину. Знизити рівень шуму токарських пруткових автоматів дозволяють низькошумні напрямні труби з цанговою подачею. Це металева труба з пружиною перемінного діаметра. Зниження рівня звуку складає 26 дБ для всіх частот і 17—43 дБ для високих частот. Для обробки на верстатах-автоматах багатогранних прутків доцільно застосовувати низькошумні напрямні труби з ребристими поліетиленовими втулками перемінного діаметра, що відрізняються високою міцністю, зносо- і мастилостійкістю. Можуть застосовуватися також низькошумні напрямні труби, що являють собою дві соосно розташовані труби. Відрізки внутрішньої труби спираються на шайби, виготовлені з м'якої гуми. За рахунок попереднього натягу шайби щільно прилягають до внутрішньої поверхні зовнішньої труби. Кінець внутрішньої труби, найближчий до шпинделя верстата, є глушителем. Внутрішня труба перфорована прямокутними отворами. Порожнина між перфорованою ділянкою і зовнішньою трубою заповнена звуковбирним матеріалом. Конструкція забезпечує зниження шуму на 17 дБ для всіх і на 36 дБ для високих частот.

Розповсюдженим джерелом шуму при обробці металів різанням є **вихлопи стиснутого повітря** з різних пневматичних затискних пристосувань. Для зниження цього шуму застосовують глушники різних конструкцій. При виборі типу глушника необхідно враховувати його вплив на експлуатаційні показники устаткування. У першу чергу це відноситься до автоматичних і напівавтоматичних ліній, де одночасно можуть працювати декілька пневмо-

циліндрів. Застосування в цьому випадку глушників, що створюють підвищений протитиск, може призвести до порушення передбаченого циклу і синхронності роботи устаткування. Конструкція глушника, що може бути виготовлений у будь-якому механічному цеху наступна. Пори глушника для пропуску стиснутого повітря утворені багатошаровою латунною сіткою з осередками розміром 0,4—0,5 мм. Сітка встановлюється у сталевий корпус із прорізами шириною 2 і глибиною 10 мм. З однієї сторони корпуса зроблене різьблення для приєднання до пневмосистеми, а з іншого боку — виточення для кришки, що фіксується двома шплінтами. Іншим прикладом є глушник шуму з корпусом з пористого поліетилену. Для виготовлення корпуса використовується поліетилен високої щільності. Пористість такого матеріалу складає порядку 70 %, а розміри пор 1 - 100 мкм. При тривалій експлуатації у випадку поганого очищення можливе засмічення пір у поліетилені, тому корпус глушника необхідно, періодично промивати чи замінити новим.

Відомо, що звукова потужність Газового струменя пропорційна швидкості її витікання в шостому - восьмому ступені. Тому навіть незначне зниження швидкості витікання струменя, унаслідок **збільшення часу вихлопу** стиснутого повітря з пневмопристосувань, забезпечує істотне зниження рівня шуму, що супроводжує роботу пневмосистеми. Такий спосіб зниження шуму застосовують, якщо збільшення часу вихлопу стиснутого повітря не може істотно вплинути на збільшення часу робочого циклу устаткування, а також, якщо устаткування працює в автоматичному режимі та паралельно з випуском повітря з пневмосистеми протікають інші більш тривалі елементи робочого циклу. У цьому випадку збільшення до визначеної межі часу вихлопу стиснутого повітря не впливає на продуктивність устаткування.

Інтенсивність шуму у виробничому приміщенні залежить не тільки від прямого, але і від відбитого звуку. Тому якщо в цеху неможливо знизити енергію прямого звуку, те необхідно зменшити енергію звукових хвиль, що відбиваються від внутрішніх поверхонь приміщення. Для цієї мети внутрішні поверхні приміщення **облицьовують звуковбирними матеріалами**. При падінні звукових хвиль на такі матеріали поглинається значна частина звукової енергії. Процес поглинання звуку відбувається в результаті переходу енергії коливних часток повітря в теплоту унаслідок утрат на тертя в порах звуковбирного матеріалу. Тому для ефективного звукопоглинання матеріал повинний мати пористу структуру, пори мають бути відкритими з боку падіння звуку і з'єднуватися між собою.

В якості **звуковбирних матеріалів** застосовують пористі тверді плити на цементному сполученні, скловолокно, капронове і базальтове волокна, деревоволокнисті і мінераловатні плити на різних зв'язуваннях. Коефіцієнт звукопоглинання цих матеріалів на середніх частотах більше 0,2. Звуковбирні властивості пористого матеріалу залежать від товщини шару чи частоти звуку, наявності повітряного проміжку між шаром і стінкою, на якій він закріплений. Вибір конструкції і типу звуковбирного облицювання має бути зроблений на основі аналізу спектра шуму в приміщенні цеху чи ділянки і звуковбирних властивостей облицювання. Необхідно домагатися, щоб мак-

симум коефіцієнта звукопоглинання облицювання відповідав частотам, де має місце максимальне перевищення граничного спектра шуму.

Звуковбирні облицювання ефективні для виробничих приміщень висотою приблизно до 4 – 6 м, тому що в приміщеннях меншої висоти основними поверхнями, що відбивають, є підлога і стеля великої площі. У таких приміщеннях облицювають стелю, тому що покриття підлоги звуковбирним матеріалом не можливе.

У високих і витягнутих приміщеннях, де висота більше ширини, облицювання стін дає великий ефект. У приміщеннях кубічної форми облицюють стіни і стелю. Практика показує, що установка звуковбирних облицювань знижує шум на 6 - 8 дБ у зоні відбитого звуку на відстані від джерела і на 2 - 3 дБ поблизу джерела шуму.

Для відгородження найбільш гучного устаткування чи ділянок від сусідніх робочих місць можна застосовувати **акустичні екрани** - перешкоди обмежених розмірів, що зменшують рівень прямого звуку від джерела шуму. Їхня акустична ефективність визначається зниженням рівня звукового тиску прямого звуку джерела в точці, що розташована за екраном.

Екрани доцільно застосовувати для зниження шуму високих і середніх частот. Їх варто встановлювати в тих випадках, коли звуковбирне облицювання не забезпечує необхідного зниження шуму. Лінійні розміри екрана повинні бути в 2—3 рази більше розмірів джерела шуму.

Акустичні екрани найчастіше виготовляють із суцільних металевих аркушів чи щитів, які покриті звуковбирним облицюванням та звернені до джерела шуму. Товщина звуковбирного облицювання складає не менше 50 – 60 мм.

Як правило, екрани застосовують у сполученні зі звуковбирним облицюванням виробничого приміщення. У цьому випадку облицювання знижує рівень звукового тиску відбитого звуку, а екран — прямого.

Для локалізації могутніх і малогабаритних джерел шуму застосовують **звукоізолюючі кожухи**. При розробці конструкцій кожухів для різних агрегатів необхідно передбачити виконання наступних заходів, що впливають на ефективність зниження шуму:

- внутрішню поверхню кожуха варто облицювати звуковбирним матеріалом;
- передбачити віброізоляцію як агрегату, так і кожуха, щоб виключити передачу вібрацій на стінки кожуха;
- місця введення в кожух і виводу з нього трубопроводів, електричних кабелів обов'язково варто ущільнити, щоб знизити проникнення високочастотного шуму в робоче приміщення через щілини;
- для охолодження устаткування, яке розміщене всередині кожуха, встановлюють вентиляцію з глушниками шуму.

Більш докладно розрахунки засобів захисту від шуму наведені у літературі [16]. Методика розрахунку різних засобів захисту наведено у розділу 5.4.

Нормативні вимоги до рівнів вібрації наведено у таблиці В.5 додатка В (ГОСТ 12.1.012-90, ДСН 3.3.6.039-99).

Для забезпечення нормативних вимог використовують наступні заходи [5, 20, 24]:

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

Обов'язковою умовою одержання необхідної шорсткості обробленої поверхні є стійкість руху при різанні. Система має бути вібростійкою, оскільки коливання погіршують якість обробки та можуть різко знизити і стійкість інструмента. Коливання у верстатах зв'язані з різними їхніми **джерелами**. Періодичні збурювання мають місце при прояві невірноваженості та періодичних погрішностей елементів привода, верстата, нерівномірності припуску заготівлі на обробку і з інших причин. Імпульсні збурювання діють на верстат при його розгоні, гальмуванні та реверсуванні й при процесах, що зв'язані із врізанням і виходом інструмента. Зовнішні збурювання передаються системі через фундамент чи опори. Самозбудні коливання зв'язані з природою різання і тертя. Усі ці явища призводять до взаємного переміщення інструмента та заготівлі в напрямках, що не передбачені даним технологічним методом обробки, до відхилень геометрії інструмента та елементів режиму різання від заданих.

Боротьба зі **змушеними коливаннями** полягає в усуненні причин коливань, застосуванні автобалансуючих пристроїв, уведенні пристроїв, що демпфірують, систем автоматичної компенсації коливань та ін. До основних причин **автохитань** відносяться зміна сил тертя між інструментом, заготівлею і стружкою, утворення і руйнування наросту, відставання по фазі сили різання від руху вібрації і ряд інших. Боротьба з автохитанням здійснюється зміною умов різання: геометрії інструмента, швидкості різання, подачі, виліт різця (інструмента), подачі МОР.

Зменшення вібрації в джерелі є найбільш раціональним методом зниження вібрації устаткування. **На стадії проектування** варто враховувати наступні рекомендації:

- висувати вимоги до точності балансування шпинделів, валів, муфт;
- прямозубі шестірні замінити косозубими, шевронними, застосовувати черв'ячне зачеплення;
- підвищувати клас точності обробки шестірень, чистоту обробки зубів;
- використовувати в шпиндельних вузлах верстатів підшипники ковзання замість підшипників хитання;
- застосовувати підшипники хитання більш високих класів точності, вибирати необхідні для зниження вібрації посадки у вузлах підшипників.

Для зниження вібрації на діючому металорізальному устаткуванні необхідно виконувати наступні **вимоги**:

- проводити планово-попереджувальні ремонти устаткування;
- застосовувати рекомендовані для конкретного металу і режимів різання мастильно-охолодні рідини, способи кріплення інструмента, заготівель, пристосовань, що підвищують твердість системи;
- забезпечити якісне змащення вузлів підшипників, редукторів, кулачкових механізмів, що направляють та інших рухливих елементів устаткування;
- вчасно переточувати різальний інструмент у процесі його експлуатації.

Щоб зменшити передачу вібрацій металорізального устаткування на підлогу, перекриття у виробничому приміщенні, людей, широко **використовують** віброізолятори різних конструкцій. Найбільше поширення для металорізальних верстатів одержали гумовометалеві віброізолюючі опори. Пружний елемент опори виготовляється з різних за твердістю марок гуми. Частота власних коливань устаткування на таких віброізоляторах складає порядку 10 - 33 Гц, тому позитивний ефект вони починають, забезпечувати тільки з частот змушених коливань близько 14 - 46 Гц і більш.

Для зниження високочастотної вібрації устаткування **гумові коврики**.

Для зменшення вібрації тонкостінних металевих конструкцій устаткування — огорожень, кожухів, повітроводів - на їхню поверхню доцільно наносити **вібродемпфіруюче покриття**. При цьому енергія механічних коливань переходить у теплову, що обумовлено значним внутрішнім тертям у грузлих вібродемпфіруючих покриттях.

Вібродемпфіруючі покриття підрозділяють на тверді і м'які. Динамічний модуль пружності **твердих** покриттів складає $10^8 - 10^9$ Н/м². Вони рекомендуються для гасіння вібрацій на низьких і середніх частотах. До таких покриттів відносяться різні тверді пластмаси, а також мастики на основі епоксидних смол. Динамічний модуль пружності **м'яких** покриттів складає 10^7 Н/м². Їх доцільно застосовувати для гасіння вібрацій на частотах вище 1000 Гц. До таких покриттів відносяться м'які пластмаси, гума. Для ефективного вібродемпфування товщина покриття має бути не менше 2—3 товщини металу, що покривається.

Вібродемпфіруючі покриття знижують також шум, що випромінюється віброуючою поверхнею. Рівень зниження звукового тиску складає 6 - 8 дБ. Вібродемпфіруюче покриття випускають у виді аркушів і мастик. Листові покриття з'єднуються з віброуючою поверхнею за допомогою клею. Ефективність вібродемпфіруючого покриття залежить від добутку його модуля пружності та коефіцієнта втрат.

Для віброгасіння металорізальне устаткування встановлюють на спеціальні **фундаменти**. Особливості пристрою і розрахунок фундаментів докладно наведені в СНиП II-19-79.

Для важкого і прецизійного металорізального устаткування, до якого висуваються підвищенні вимоги щодо зменшення вібрації, метод віброгасіння може застосовуватися в сполученні з методом віброізоляції. Наприклад, для важкого круглошліфувального верстата зниження вібрації досягається у результаті застосування амортизаторів, гвинтових пружин, на які встановлюється фундаментна бетонна плита з жорстко з'єднаною станиною верстата.

Методика розрахунку різних засобів захисту від вібрації наведено у літературі [20, 24] та розділі 5.5.

Організація освітлення приміщень

Нормативні вимоги до освітлення виробничих приміщень наведено у таблиці Г.1 додатка Г (ДБН В.2.5-28-2006). Рекомендації до освітлення механічних та складальних цехів наведено у таблиці Г.14 додатка Г.

Вибір системи природного освітлення визначається, в основному, призначенням та прийнятим об'ємно-планувальним рішенням будівлі, характеристиками технологічного процесу та зорової роботи, що виконуються в приміщенні, а також графічним розташуванням будівлі та особливостями клімату. Верхнє та комбіноване освітлення доцільно застосовувати в одно- та двоповерхових (для верхнього поверху) промислових підприємствах. Бокове природне освітлення, застосовується в багатоповерхових будівлях, а також в одноповерхових, у яких відношення глибини приміщення до висоти вікон над умовною робочою поверхнею і не перевищує 8. Значення коефіцієнтів природного освітлення наведені у таблиці Д.1 додатка Д.

При облаштуванні бокового освітлення в крайніх прольотах промислових будівель, як правило, ширина вікон не повинна перевищувати 4,8 м, висота підвіконників повинна становити не менше 1,4 м. У приміщеннях, що мають значну глибину (більше 18 м) площу вікон необхідно вибирати, виходячи з мінімального КПО при сумісному освітленні, а вікна у зовнішніх стінах слід розташовувати в два яруси, причому нижній ярус вікон проектується із умов забезпечення зорового зв'язку з навколишнім простором, а верхній ярус освітлення віддалених від вікон зон приміщення.

Механічні й інструментальні цехи розташовуються в основному в приміщеннях висотою від 3,2 до 18 м із шириною прольотів від 9 до 30 м. Металообробні верстати можуть розташовуватися рядами або уздовж прольотів, або під невеликими кутами до подовжньої осі цеху. Число рядів устаткування може коливатися від одного до чотирьох. Основний прохід між рядами верстатів розташовується, як правило, у центрі прольотів і має ширину 2—4 м. Слюсарні верстати розміщуються поодиночці чи рядами на спеціально виділених ділянках. Штучне освітлення цих цехів виконують відповідно до норм СНиП II-4-79 та ДБН В.2.5-28-2006.

Роботи на металообробних та слюсарних верстатах зв'язані з контролем правильності установки й обробки деталі, настроюванням верстата, контролем якості обробки деталі і відносяться до робіт дуже високої точності, що вимагає пристрою комбінованого освітлення з переважним використанням для загального освітлення **люмінесцентних ламп** типу ЛБ. Використання **ламп ДРЛ** у цих цілях можливо лише у високих цехах (6 м і вище), коли

застосування люмінесцентних ламп приводить до різкого і неприйняттого збільшення кількості освітлювальних приладів. Лампи накаливання використовуються в основному для місцевого освітлення металообробних та слюсарних верстатів.

Значення **освітленості** робочих місць механічних і інструментальних цехів при використанні газорозрядних ламп для загального освітлення наведені у таблиці Г.14 додатка Г. Показник засліпленості повинний бути не більш 20, коефіцієнт пульсації від загального освітлення — не більш 20 %, від місцевого освітлення — не більш 10 %.

У цехах з **автоматизованими верстатними лініями** виконуються епізодичні, але точні та відповідальні зорові роботи. В них влаштовують, як правило, одне загальне освітлення з рівнем освітленості по цеху 300 лк для механічного виробництва і 500 лк для інструментального. Місцеве освітлення передбачають лише на робочих місцях контролю готової продукції. Крім того, повинна, бути забезпечена можливість користування переносними освітлювальними приладами.

Характер зорових робіт і умови середовища в механічних та інструментальних цехах допускають використання відкритих як дифузійних, так і дзеркальних освітлювальних приладів зі ступенем захисту IP20. Вибір типу освітлювального приладу загального освітлення залежить від рівня освітленості та висоти його установки. Для освітлення невисоких приміщень (до 6 м) раціонально використовувати дифузійні прилади типів ЛД, ЛСП02 з люмінесцентними лампами. Приміщення висотою 7 м і більш доцільно освітлювати приладами глибокого світлорозподілу (наприклад, типу ЛСП13). Для освітлення високих приміщень можуть бути використані лампи ДРЛ і МГЛ.

Для підвищення рівномірності освітлення і зменшення затінення робочої поверхні корпусом працюючого, конструктивними частинами устаткування і т.д. (особливо в цехах невеликої висоти) люмінесцентні лампи доцільно розміщати у всіх цехах у виді **безупинних** ліній чи з невеликим розривом. Рекомендується лінії ламп розміщати не над супортами верстатів, а змішувати їх убік механізмів керування на 0,5—1 м, що найбільш важливо при невеликій висоті.

Усі робочі місця в механічних і інструментальних цехах повинні мати **місцеве освітлення**. За способом освітлення робочих зон верстатів можна підрозділити на три групи. До першої відносяться токарські (універсальні, гвинторізні, револьверні), поперечно-стругальні, свердлильні і зубофрезерні верстатів. Мінімальна висота установки освітлювальних приладів на верстатах цієї групи (за винятком зубофрезерних) складає 0,3—0,4 м. Конструкція зубофрезерних верстатів дозволяє установити прилади місцевого освітлення на висоті не менш 0,5—0,7 м. До другої групи відносяться шліфувальні і полірувальні верстатів, для яких застосовують прилади з малою яскравістю поверхні, що світить. Мінімально припустима висота установки приладу місцевого освітлення складає 0,1—0,2 м. У третю групу входять великогабаритні верстатів (карусельні, горизонтально-розточувальні, повздошно-фрезерні та т.п.), на яких необхідно освітлювати дві робочі зони: обробки і керування.

Для кожного виду верстата типорозмір освітлювального приладу і потужність джерела світла визначаються мінімальною висотою над робочою зоною, на якій можуть бути встановлені прилади.

При проектуванні загального освітлення механічних і інструментальних цехів потрібно вводити **коефіцієнт запасу**, що дорівнює 1,6. Терміни чищення освітлювальних приладів повинні складати для механічних цехів 4 рази на рік, інструментальних — 2 рази на рік.

Складальні цехи за будівельними параметрами їхніх приміщень надзвичайно різноманітні. З погляду організації технологічного процесу цехи можна підрозділити на дві групи: цехи складання великих виробів (машин, верстатів, механізмів) і цехи складання дрібних виробів (інструмента, приладів). Загальній зборці виробів першої групи передують їхня вузлова комплектація і зборка. Вони проводяться на винесених окремо ділянках чи робочих місцях. При виконанні вузлової зборки працюючий повинний стежити за правильністю підбора й установки окремих деталей вузла, робити такі операції, як припасування, шабровка, електромонтаж і т.п., а також контролювати свою роботу візуально і по приладах. Об'єкти розрізнення можуть знаходитися в будь-якій площині, як зовні, так і усередині виробів. Зборку вузлів завжди варто проводити при комбінованому освітленні. При технічній неможливості устаткування місцевого освітлення у виді виключення може бути використана система загального локалізованого освітлення.

Загальне **складання великих виробів**, як правило, відбувається на спеціальних площадках чи потокових лініях, розташованих на рівні підлоги, або на великих, іноді підвісних, конвеєрах. Ці роботи зв'язані з необхідністю точного припасування окремих вузлів при їхній установці на станину, раму чи корпус і наступне регулювання їхнього взаємного розташування. Устаткування може бути освітлене за допомогою системи загального освітлення. Іноді потрібно сполучення загального рівномірного і локалізованого освітлення.

Складання дрібних виробів здійснюється звичайно на конвеєрах різної конфігурації або на верстатах. Це складання проводиться трьома основними циклами: вузлового складання окремих частин, чистового складання і контролю готових виробів. На вузловому і загальному складанні дрібних виробів має бути використана система комбінованого освітлення.

Розміри об'єктів розрізнення в складальних цехах можуть бути різні. При складальних операціях зустрічаються зорові роботи як дуже високої, так і середньої точності. Характерні приклади нормативних вимог до **освітлення** різних складальних робіт наведені в таблицях Г.1, 14 додатка Г.

При виконанні складальних операцій мають місце зорові роботи I – IV розрядів для освітлення яких повинні застосовуватися тільки **газорозрядні лампи**. Доцільний тип лампи вибирається в процесі розрахунку.

Умови середовища в складальних цехах нормальні, що дозволяє використовувати для їхнього освітлення відкриті освітлювальні прилади зі ступенем захисту IP20. Вибір конкретного типу приладу проводиться з урахуванням будівельних параметрів приміщення і специфіки зорової роботи.

Для багатьох складальних цехів, де рекомендується система комбінованого освітлення, необхідні прилади місцевого освітлення. **Місцеве освітлення** у залежності від технології виробництва і характеру організації робочих місць може створюватися двома різними способами. При першому кожне робоче місце комплектується індивідуальним приладом місцевого освітлення. Другий спосіб придатний для освітлення групи компактно розташованих у просторі робочих місць, таких, наприклад, як конвеєри, потокові лінії і т.п. Більш ефективно освітлення групи робочих місць, виконуване за допомогою лінії приладів місцевого освітлення.

Специфіка фарбувальних робіт обумовлює доцільність переважного використання джерел світла, що забезпечують розрізнення кольорів і відтінків. Найбільш ефективні для цієї мети люмінесцентні лампи типів ЛБ, ЛХБ, ЛД і ЛДЦ. Коли застосування люмінесцентних ламп недоцільно можуть бути застосовані лампи ДРЛ. Відповідно до характеру виробництва і можливістю утворення вибухонебезпечних сумішей у фарбувальних приміщеннях необхідний пристрій робочого й евакуаційного освітлення. Як правило, у фарбувальних цехах застосовують загальне локалізоване освітлення з розміщенням освітлювальних приладів у проходах, між камерами для загального спостереження за ходом виробничого процесу, на ділянках безкамерного фарбування і контролю якості пофарбованих виробів. Для освітлення вибухонебезпечних зон у фарбувальному виробництві освітлювальні прилади вибирають відповідно до встановленого ПУЕ мінімальними рівнями і видами вибухозахисту та ступенем захисту оболонок від впливу середовища.

Методики розрахунку природного освітлення та розрахунку загального освітлення методом використання світлового потоку наведено у літературі [3, 5, 20, 21] та розділі 5.6.

При розрахунках висоти підвісу h необхідно враховувати технологічну необхідність підвісу, тобто пересування крана, пронос деталей і устаткування. З погляду зручності обслуговування й безпеки, висоту підвісу приймають не більше 5 м [22].

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

4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ТЕХНІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Заходи щодо технічної безпеки включають наступні питання:

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

Заходи щодо забезпечення безпеки обладнання

Нормативні вимоги до безпеки обладнання наведено у ГОСТ 12.2.003-91 та літературі [11, 14, 19, 22, 24]. Особливості забезпечення безпеки обладнання при холодній обробці металів наведено у ГОСТ 12.2.009–80, ГОСТ 12.2.061-81, ГОСТ 12.2.049-80, НПАОП 0.00-1.30-01, (назви див. додаток А) і літературі [2, 4-7, 9, 11, 15, 16, 24, 26].

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

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

Застосування в конструкції машин засобів захисту – один з основних у даний час напрямів із забезпечення безпеки. Класифікація засобів захисту: огорожувальні, запобіжні, засоби автоматичного контролю і сигналізації, засоби дистанційного керування, спеціальні засоби.

Засоби, що обгороджують, є одними з основних при роботі металорізальних верстатів. Вибір виду огороження залежить від умов його застосування. Стаціонарні огороження лише періодично демонтують для виконання допоміжних операцій (зміна робочого інструмента, змащення, проведення контрольних вимірів деталей). Їх виконують так, щоб вони пропускали оброблювану деталь, але перешкоджали б проходженню рук працюючого в технологічний проріз. Таке огороження може бути повним, коли локалізується небезпечна зона разом із самою машиною, або частковим, коли ізолюється тільки небезпечна зона машини. Прикладами повного огороження є огороження розподільних пристроїв електроустаткування, корпусів електродвигунів, часткового – огороження фрез чи робочої зони верстата.

Можливе застосування рухливого огороження, що являє собою пристрій, який заблокований з робочими органами механізму чи машини, унаслідок чого воно закриває доступ у робочу зону при настанні небезпечного моменту. В інший час доступ у зазначену зону відкритий.

Переносні огороження є тимчасовими. Їх використовують при ремонтних і налагоджувальних роботах для захисту від випадкових доторкань до струмоведучих частин, а також від механічних травм і опіків. Виконуються вони найчастіше у виді щитів висотою 1,7 м.

Конструкція і матеріал пристроїв, що обгороджують, визначаються особливостями устаткування і технологічного процесу в цілому. Огородження виконують у виді зварених і литих кожухів, ґрат, сіток на твердому каркасі, а також у виді твердих суцільних щитів (щитків, екранів). Розміри осередків у сітчастому і ґратчастому огороженні визначаються відповідно до ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ. «Оборудование производственное. Ограждения защитные». Величини безпечної відстані від деталей, що рухаються, до поверхні огороження наведені в таблиці Д.1 додатка Д.

Зони безпеки для працюючих з урахуванням використання огороження повинні відповідати зонам досяжності моторного полю чи за ГОСТ 12.2.032-78 і ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Мінімальну висоту огорожень типу бар'єрів, що перешкоджають попаданню працюючих у небезпечну зону, вибирають у залежності від висоти розташування небезпечного елемента і відстані між огороженням і небезпечним елементом. При використанні огороження заданої висоти за табл. Д.2 додатка Д знаходять необхідну відстань від нього до небезпечного елемента.

У якості матеріалу для огорожень використовують метали, пластмаси, дерево. При необхідності спостереження за робочою зоною, крім сіток і ґрат, застосовують суцільні огорожувальні пристрої з прозорих матеріалів (оргскла, триплекса й ін.).

Відповідно до ГОСТ 12.2.009-80 ССБТ повинна відгороджуватися зона обробки універсальних верстатів при обробці заготовель діаметром до 630 мм включно; універсальних фрезерних верстатів із хрестовим столом, зубообробних верстатів і шліфувальних верстатів, круглопилених і стрічкових відрізних верстатів (неробоча зона різального інструмента).

Захисні екрани металорізальних верстатів повинні захищати працюючого від стружки, що відлітає, та мастильно-охолодної рідини; мати масу не більш 6 кг і кріплення, що не вимагає застосування ключів і викруток (захисні пристрої відкриваючого типу повинні при усталеному русі переміщатися з зусиллям не більш 40 Н); бути твердим, для чого виконуватися з листової сталі товщиною не менш 0,8 мм, листового алюмінію товщиною не менш 2 мм чи міцної пластмаси товщиною не менш 4 мм.

Оглядові вікна в захисних екранах на верстатах, що працюють лезовим інструментом, необхідно виготовляти з безосколкового тришарового полірованого чи плоского загартованого полірованого скла товщиною не менш 4 мм. Можливе використання іншого прозорого матеріалу, що не уступає за експлуатаційними властивостями.

Захисні екрани не повинні обмежувати технологічні можливості верстата і викликати незручності при роботі, збиранні, налагодженні, а також призводити при відкриванні до забруднення підлоги мастильно-охолодною рідиною. При необхідності захисні екрани варто постачати рукоятками, скобами для зручності відкривання і закривання, зняття, переміщення й установки. Кріплення захисних пристроїв має бути надійним, що виключають випадки самовідкривання.

Товщини захисних огорожень з різних матеріалів і їх схеми для різних типорозмірів шліфувальних кіл заточувальних верстатів визначені ГОСТ 12.3.028-82 ССБТ у залежності від робочої окружної швидкості.

Крім пристроїв, загальних для всіх металорізальних верстатів (огороження приводних і передавальних механізмів, засобів електробезпеки, місцевого освітлення і т.д.), верстати шліфувальної групи повинні забезпечуватися спеціальними пристроями для забезпечення безпеки праці. До цих пристроїв відносяться:

- огороження шліфувального круга;
- огороження столу верстата, особливо при використанні електромагнітного способу закріплення оброблюваної деталі;
- підручник для опори оброблюваної деталі (заточення) на заточувальних верстатах;
- прозорий екран для захисту очей робітника від поранень частками, що відлітають, при роботі на обдирних і заточувальних верстатах з ручною подачею деталі на інструмент;
- пристрої, що відсмоктують абразивний і металевий пил при роботі без МОР.

В дипломному проекті необхідно визначити найбільш травмонебезпечні зони устаткування, що потребують встановлення захисних огорож (матеріали, заготовки, вироби та частини устаткування, що рухаються; струмопровідні неізолювані частини; частинки матеріалу, що відлітають при обробці; хімічні речовини, розчини мастильно-охолоджувальних рідин тощо); обґрунтувати вибір виду захисної огорожі та її конструктивного виконання; аргументувати доцільність встановлення захисних огорож з автоматичним блокуванням; урахувати міцність захисної огорожі із врахуванням зусиль, які виникають при можливій дії на неї працівника.

Запобіжні засоби призначені для автоматичного відключення агрегатів і машин при відхиленні якого-небудь параметра, що характеризує режим роботи устаткування, за межі припустимих значень. Відповідно до ГОСТ 12.4.125-83 запобіжні пристрої за характером дії підрозділяють на блокувальні й обмежувальні.

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

- механічні (зв'язки захисного огороження з гальмами, що зупиняють машину при знятті огороження). ;
- електричні (в огороження електроустановки встановлений кінцевий вимикач, що відключає електроустановку при відкритті огороження);
- пневматичні.

Обмежувальні пристрої за конструктивним виконанням підрозділяють на муфти, штифти, клапани, шпонки, мембрани, пружини, сильфони і шайби. Призначення – відключення устаткування при перевантаженнях. Спрацьовування слабкої ланки призводить до зупинки машини на аварійних режимах, що дозволяє виключити поломки, руйнування і, отже, травматизм. Напри-

клад, пристосування для автоматичного відводу різця; обмежники, які передбачені у планшайбах, що не допускають можливості вильоту затискних пристроїв; пристрої автоматичного підйому голівки різця перед холостим ходом столу і повзуна у стругальних та довбальних верстатах.

В дипломному проекті необхідно обґрунтувати вибір відповідних запобіжних та блокувальних пристосувань, призначених для попереджування поломок окремих частин устаткування та аварійних ситуацій.

Засоби автоматичного контролю і сигналізації, у тому числі кольори і знаки безпеки – одне з умов безпечної і надійної роботи устаткування. Пристрої автоматичного контролю і сигналізації підрозділяють за:

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

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

ГОСТ 12.4.026-76 передбачає застосування чотирьох сигнальних кольорів: червоного, жовтого, зеленого і синього.

Встановлено чотири групи знаків безпеки : що забороняють, наказують, попереджуючі та вказівні.

При виборі попереджувальних чи аварійних сигналів перевага віддається звуковим. Коли шум у цеху від працюючого устаткування може перешкодити сприйняттю звукового сигналу, доцільно використовувати для сигналізації яскраве миготливе світло.

В дипломному проекті необхідно охарактеризувати вибір засобів сигналізації (звукові, світлові) для сповіщення обслуговуючого персоналу про подачу напруги на устаткування, його пуск, несправності відповідальних вузлів та механізмів, порушення режимів роботи чи технологічного процесу, виникнення аварійних ситуацій тощо; обґрунтувати необхідність застосування засобів індикації (показників тиску, напруги, температури, рівня мастила); визначити місця встановлення засобів сигналізації та індикації.

Пристрої дистанційного керування дозволяють здійснювати контроль і регулювання його роботи з ділянок, досить вилучених від небезпечної зони, і тим самим вирішувати проблему безпеки праці.

До спеціальних засобів можна віднести гальмові і пружноогороджувальні пристрої подовжньо-стругальних верстатів, що служать для запобігання небезпечних наслідків у випадку викиду столу в результаті виходу його із зачеплення з приводним елементом.

Методики розрахунків засобів захисту, що передбачені в конструкції обладнання наведені в підрозділі 5.7.

Заходи щодо забезпечення безпеки технологічних процесів

Нормативні вимоги до безпеки виробничих процесів наведено у ГОСТ 12.3.002-75 і літературі [11, 12, 23]. Заходи для забезпечення безпеки:

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

Особливу увагу необхідно приділяти безпеці при **під'ємно-транспортних роботах**. Під'ємно-транспортно обладнання необхідно забезпечити наступними засобами безпеки:

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

Від правильної експлуатації кранів у великому ступені залежить безпека працюючих у механічних та складальних цехах.

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

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

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

- антропометричним, фізіологічним і психофізіологічним даним людини;
- характеру роботи.

Конструкція робочого місця повинна забезпечувати:

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

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

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

- раціональне розміщення технологічного й організаційного оснащення на робочому місці;

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

Для правильної організації робочого місця необхідно вирішити наступні основні задачі :

- вибрати доцільне робоче положення (сидячи, стоячи);

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

- забезпечити оптимальний огляд елементів робочого місця;

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

- забезпечити умови для короткочасного відпочинку оператора в процесі роботи [8, 11, 29, 30].

Заходи з охорони навколишнього середовища

У механічних та складальних цехах застосовують різноманітні технологічні процеси, що пов'язані з викидами шкідливих забруднюючих речовин у повітря та водний басейн. Враховуючи це, потрібно визначити основні джерела цих забруднень, їх параметри з тим, щоб прийняти обґрунтовані рішення по знешкодженню або зниженню їхнього шкідливого впливу на довкілля [1, 2, 11, 18, 25].

Основними джерелами забруднення довкілля **при холодній обробці металів є:**

- металеві відходи;

- відпрацьована МОР;

- вентиляційне повітря з високим вмістом пилу і дрібної стружки.

Стружку (відходи виробництва) від металорізальних верстатів і робочих місць варто забирати механізованими способами за допомогою різних транспортерів (табл. 4.1). Потім її сортирують, подрібнюють та брикетують.

Відпрацьовані МОР необхідно збирати в спеціальні ємності. Водяну і масляну фази можна використовувати як компоненти для готування емульсій. Масляна фаза емульсій може надходити на регенерацію чи спалюватися. Водяну фазу МОР очищають до ГПК чи розбавляють до припустимого змісту нафтопродуктів і зливають у каналізацію.

Вентиляційне повітря перед викидом в атмосферу очищують від стружки (у циклонах або пилоосаджувальних камерах) і від пилу (на фільтрах рукавних або масляних). Концентрація пилу не повинна перевищувати ГПК.

Основні шкідливі домішки (аерозоль фарби і пари розчинників) **від фарбувальних цехів** надходять у навколишнє середовище з вентиляційним по-

вітрям. Концентрації парів толуолу і ксилолу у викидах значно перевищують ГПК для атмосферного повітря населених місць.

Таблиця 4.1 – Способи видалення стружки

Вид стружки	Засоби для видалення
Без застосування МОР	
Дрібна дроблена	Одношнекові транспортери
Сталевий в'юн	Двошнекові транспортери
Сипуча	Вібраційні транспортери
Елементна	Пневматичний транспортер
Стружка будь-якого виду	Пластинчастий транспортер
З застосуванням МОР	
Елементна чавунна	Скребкові транспортери
Елементна сталева	Скребкові і одношнекові транспортери
Елементна й в'юн кольорових металів	Пластинчасті транспортери, гідротранспортери
Сталевий в'юн	Двошнекові та пластинчасті транспортери

Основними напрямками щодо захисту навколишнього середовища є:

- удосконалення технологічного процесу нанесення покриття з метою зменшення втрат на туманоутворення; повна чи часткова заміна високо токсичних розчинників менш шкідливими речовинами чи водою; застосування сухих порошкових фарб чи високов'язких складів з малим змістом токсичних розчинників;

- очищення вентиляційного повітря в гідрофільтрах і установках допалювання;

- проведення архітектурно-планувальних заходів з метою раціонального розміщення фарбувальних відділень (цехів), виходячи з умов найкращого природного провітрювання;

- застосування систем розсіювання шкідливих домішок в атмосфері.

Для зниження концентрації аерозолу фарби у вентиляційних викидах застосовують відстійні ванни, заповнені водою, гідрофільтри. Відстійні ванни розташовують під ґратами. Очищення повітря від аерозолу фарби в гідрофільтрах відбуваються за рахунок його контакту з водою. Ефективність очищення від аерозолу досягає 0,99, а від пар розчинника - 0,3.

Для очищення вентиляційних викидів сушильних камер від парів розчинників з підвищеною концентрацією шкідливих речовин (толуол, фенол, формальдегід) застосовують каталітичне допалювання. Ефективність очищення досягає 0,98-1,0; продуктивність з вентиляційних викидів складає 12500 м³/год при витраті природного газу 65 м³/год.

При неможливості застосування описаних вище методів допускається зменшувати концентрації шкідливих речовин у повітрі населених пунктів шляхом раціонального розсіювання шкідливих викидів в атмосфері, що дося-

гається збільшенням висоти вихлопних шахт (без ковпаків) чи підвищенням швидкості викиду (смолоскиповий викид). При цьому необхідно проводити контроль викидів фарбувальних цехів. Концентрації шкідливих речовин у повітрі населених пунктів не повинні перевищувати ГПК.

Заходи щодо забезпечення електробезпеки

Нормативні вимоги для забезпечення електробезпеки наведено у ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.009-76, ГОСТ 12.1.031-87, ГОСТ 12.1.038-81, НПА-ОП 40.1-1.07-01, НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП 40.1-1.21-98 (назви див. додаток А) і літературі [10, 17, 27, 28]

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

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

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

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

- засоби індивідуального захисту;

- організаційні заходи.

У дипломному проекті необхідно визначити категорію приміщення щодо небезпеки ураження людей електричним струмом та характеристику середовища в приміщенні (згідно з ПУЕ); обґрунтувати запроектовані заходи та засоби електробезпеки; передбачити заходи (при необхідності) щодо запобігання появі та накопичення статичних електричних зарядів. Враховуючи клас вибухо- та пожежонебезпеки приміщення (відповідно до ПУЕ), в якому буде встановлено устаткування, потрібно вибрати необхідне виконання електродвигунів та пускорегулювальної апаратури, тип електропроводки, а також обґрунтувати необхідність застосування захисних огорож, блокування, запобіжних пристроїв, заземлення, занулення, відключення тощо.

Методика розрахунку захисного заземлення наведена у підрозділі 5.9.

Заходи щодо забезпечення пожежної та вибухової безпеки

Нормативні вимоги щодо забезпечення пожежної та вибухової безпеки наведено у ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.1.033-81, ГОСТ 12.1.044-89, ГОСТ 12.1.010-76, ОНТП 24-86, СНіП 2.01.02-85 (назви див. додаток А) і літературі [2, 3, 14, 19, 23].

Заходи пожежної профілактики включають:

- систему попередження пожеж;
- систему протипожежного захисту;
- систему організаційно-технічних заходів.

У дипломному проекті необхідно визначити, до якої категорії за вибухо- та пожежонебезпекою належить виробнича будівля та окремі приміщення; провести класифікацію приміщень (зон) за вибуховою та пожежною небезпекою; вибрати ступіні вогнестійкості будівлі, а також необхідні межі вогнестійкості будівельних конструкцій; обґрунтувати необхідність встановлення протипожежного перекриття та перепон, а також застосування автоматичних установок пожежогасіння; проаналізувати причини займань та пожеж, що можуть статися під час експлуатації запроєктованого устаткування, та передбачити засоби щодо їх недопущення; визначити, які первинні засоби пожежогасіння можна використовувати при виникненні займання під час експлуатації устаткування.

Методика визначення категорії приміщення з вибухово-пожежної та пожежної безпеки та визначення необхідної кількості вогнегасників наведена у прикладах 43, 44 підрозділу 5.10 [20].

5 МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКІВ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ

5.1 Вентиляція виробничих приміщень

Основним заходом з оздоровлення повітря робочої зони є вентиляція. Розрахунок механічної вентиляції виробничого приміщення здійснюють за різними принципами [3, 5, 20, 21, 24]. Найбільш поширеними в машинобудуванні є розрахунки по виділенню теплових надлишків (приклад 1) та по кількості робітників в приміщенні (приклад 2). Розрахунок місцевої витяжної вентиляції докладно наведено у літературі [4, 7, 18, 19, 20, 23, 24] та у прикладах 3-9. Кондиціонування повітря розглянуто у літературі [20].

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 чоловік, категорія робіт з важкості – Пб (вага деталі не перевищує 10 кг). Приміщення освітлюється 20 лампами потужністю 700 Вт, висота приміщення 7 м. Розрахунок зробити для періоду року із середньою температурою -10°C .

Розв'язання. Розрахунок вентиляції механічного цеху необхідно робити по виділенню теплових надлишків, тому що в місцях виділення шкідливих речовин повинна бути організована система місцевої вентиляції. Кількість повітря, яку необхідно подавати вентиляцією, $\text{м}^3/\text{с}$, визначають за формулою:

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

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

$t_{\text{вид}}$, $t_{\text{над}}$ – температура повітря, що видаляється та надходить, °С;

ρ – густина повітря при температурі $t_{\text{пр}}$, кг/м³;

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

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

Таблиця 5.1 – Фізичні властивості повітря

Температура, °С	Теплоємність, кДж/(кг·К)	Густина, кг/м ³
- 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 видаляється з приміщення, визначають відповідно до необхідного значення температури робочої зони:

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

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

H – висота приміщення, м;

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

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

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

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

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

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

Основними джерелами виділення тепла в механічних цехах є [4]:

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

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

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

де N – номінальна потужність електродвигунів, кВт;

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

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

η_1 – коефіцієнт корисної дії при даному завантаженні.

Коефіцієнт корисної дії при даному завантаженні визначається за формулою

$$\eta_1 = \eta k_i, \quad (5.4)$$

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

η – коефіцієнт корисної дії електродвигуна при повному навантаженні, визначається за каталогами або за даними табл. 5.2.

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

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

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

N	Менше 0,5	0,5...5	5...10	10...28	28...50	Більше 50
---	-----------	---------	--------	---------	---------	-----------

η	0,75	0,84	0,85	0,88	0,9	0,92
--------	------	------	------	------	-----	------

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

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

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

n – кількість працюючих людей, люд.

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

$$Q = 60 \cdot 80 = 4800 \text{ Вт}$$

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

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

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

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

Кількість тепла, 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:

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

де m – кількість вікон;

S – площа одного вікна, м^2 ;

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

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

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

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

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

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

Приклад 2. На пульті керування (приміщення, де відсутні джерела виділення шкідливостей) працюють одночасно 4 оператора. Робота пов'язана з використанням ПЕОМ. Розміри приміщення: $A = 6$ м, $B = 3$ 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:

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

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

N – кількість працюючих.

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

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

де V – об'єм приміщення, м^3 .

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

Визначасмо вільний об'єм приміщення:

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

Питомий вільний об'єм складає:

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

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

Найменша необхідна кількість повітря для вентиляції:

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

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

Приклад 3. Робоче місце електрозварника необхідно обладнати витяжним зонтом прямокутної форми, відкритим з трьох сторін. Довжина зони шкідливих виділень 0,44 м, висота розташування зонта над деталями, що зварюється, 0,7 м. Визначити розміри зонта та кількість повітря, що буде ним видалятися.

Розв'язання. Габарити зонта приймають, враховуючи літературні дані [21]. Висота підвісу зонта від рівня підлоги приймається 1,6 – 1,8 м. Для надійної роботи зонта вертикальна відстань між кромкою зонта і поверхнею джерела шкідливостей h повинна бути мінімальною. Розміри прямокутного зонта у плані визначаються за виразами:

$$A = a + 0,8 h; \quad B = b + 0,8 h,$$

де A, B – довжина та ширина зонта, м;

a і b – довжина та ширина джерела надходжень шкідливостей.

При цьому повинна виконуватися умова – $B \geq 0,5A$.

Знаходимо розміри більшої та меншої сторони зонта:

$$A = 0,44 + 0,8 \cdot 0,7 = 1,0 \text{ м}; \quad B = 0,5 \cdot 1,0 = 0,5 \text{ м}.$$

Кут розкриття зонта слід приймати не більше 60° (у такому випадку осьова швидкість у нижньому перерізі зонта близька до середньої швидкості по всьому перерізу). Приймаємо: висота підвісу зонта 1,7 м, кут розкриття зонта 60° , діаметр витяжної труби 0,3 м, висота борта 0,1 м.

Повну висоту зонта, м, визначають за формулою:

$$H = \frac{A - D}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right)} + h_B,$$

де D – діаметр витяжної труби, м;

h_B – висота борту (приймається 0,1 – 0,3 м), м;

φ – кут розкриття зонта.

Знаходимо повну висоту зонта:

$$H = \frac{1,0 - 0,3}{2 \operatorname{tg} 30^\circ} + 0,1 = 0,7 \text{ м}.$$

Кількість повітря ($\text{м}^3/\text{год.}$), що видаляється відсмоктуючим пристроєм, може бути розрахована за формулою:

$$L = 3600 S v_0, \tag{5.10}$$

де S – площа розрахункового перерізу, м^2 ;

v_0 – середня швидкість повітря у розрахунковому перерізі, м/с.

При використанні витяжного зонта за площу розрахункового перерізу приймають добуток периметра зонта $2(A+B)$ на його відстань від джерела виділення шкідливості h . Значення середньої швидкості повітря у розрахунковому перерізі зонта приймають [5]:

– для токсичних виділень: 1,25 – 1,05 м/с для зонта відкритого з чотирьох боків; 1,05 – 0,9 м/с для зонта відкритого з трьох боків; 0,9 – 0,75 м/с для зонта відкритого з двох боків; 0,7 – 0,5 м/с для зонта відкритого з одного боку;

– для нетоксичних виділень: 0,15 – 0,25 м/с.

Визначаємо площу розрахункового перерізу:

$$S = 2(1,0 + 0,5) \cdot 0,7 = 2,1 \text{ м}^2.$$

Приймаємо середню швидкість повітря у розрахунковому перерізі зонта 1,0 м/с – токсичні виділення та зонт, відкритий з трьох боків.

Визначаємо кількість повітря, що буде видалятися витяжним зонтом, за формулою (5.10):

$$L = 3600 \cdot 2,1 \cdot 1,0 = 7560 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Використання розрахованого витяжного зонта прямокутної форми, відкритим з трьох сторін забезпечить виконання нормативних вимог.

Приклад 4. Визначити кількість повітря, що буде видалятися витяжним зонтом прямокутної форми, відкритим з однією сторони. Розміри зонта: довжина 1,5 м, ширина 0,8 м. При роботі виділяються шкідливі гази та пари.

Розв'язання. Приймаємо середню швидкість повітря у розрахунковому перерізі зонта згідно рекомендацій [5] для зонта відкритого з одного боку при виділенні токсичних виділень рівної 0,6 м/с.

Визначаємо кількість повітря, що буде видалятися витяжним зонтом, за формулою (5.10):

$$L = 3600 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 2592 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахована кількість повітря забезпечить виконання нормативних вимог до повітря робочої зони.

Приклад 5. Визначити об'єм повітря, що вилучається від кожуху універсального заточувального верстата. Діаметр круга 140 мм, площа поперечного перерізу $0,0095 \text{ м}^2$, колова швидкість обертання 30 м/с. Напрямо пилового факелу безпосередньо в отвір кожуха.

Розв'язання. Фасонні місцеві відсмоктувачі (кожухи), встановлюються на пристроях, робота, яких супроводжується виділенням пилю, дрібних стру-

жок і т. п. [20, 21]. Кількість повітря L_1 , у $\text{м}^3/\text{год.}$, що вилучається від шліфувальних, заточувальних та полірувальних верстатів, визначається за формулою (5.10) з урахуванням площі поперечного перерізу отвору кожуха та швидкості у повітроприймачі отвору.

Швидкість у повітроприймачі отвору приймається:

– при направленні пилового факелу безпосередньо в отвір кожуха $v_0 = 0,25 v_K$;

– при направленні пилового факелу уздовж отвору $v_0 = (0,3 - 0,4) v_K$.

Крім того, кількість повітря, що вилучається від шліфувальних, заточувальних верстатів визначається за формулою відповідно табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Формули для розрахунку кількості повітря, що вилучається від кожухів верстатів ($\text{м}^3/\text{год.}$)

Умови використання	Формула для розрахунку
$d_K < 250$ мм	$L_2 = 2 d_K$;
$d_K = 250 - 600$ мм	$L_2 = 1,8 d_K$;
$d_K > 600$ мм	$L_2 = 1,6 d_K$.

Примітка: d_K – діаметр робочого круга, мм.

За необхідну кількість повітря приймається більша з величин L_1 або L_2 .

У нашому випадку при направленні пилового факелу безпосередньо в отвір кожуха швидкість у повітроприймачі отвору складає:

$$v_0 = 0,25 v_K = 0,25 \cdot 30 = 7,5 \text{ м/с.}$$

Кількість повітря, що вилучається від кожуха заточувального верстата за формулою (5.10) складає:

$$L_1 = 3600 \cdot 0,0095 \cdot 7,5 = 257 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За формулою згідно табл. 5.3 при діаметр робочого круга 140 мм визначаємо об'єм повітря для заточувального верстату з абразивним кругом:

$$L_2 = 2 d_K = 2 \cdot 140 = 280 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже, приймаємо для заточувального верстата з абразивним кругом кількість повітря $280 \text{ м}^3/\text{год.}$ (більше значення).

Швидкість руху повітря у повітроводі (круглого перерізу) визначають за формулою:

$$v_0 = \frac{L}{3600 S} = \frac{4L}{3600 \pi d^2} = \frac{L}{900 \pi d^2}. \quad (5.11)$$

$$v_0 = \frac{280}{900 * 3.14 * 0.11^2} = 8 \text{ м/с}$$

У повітроводі з діаметром 110 мм за формулою (5.11) швидкість руху повітря складає 8 м/с.

Приклад 6. Розрахувати систему пневматичного видалення пилю і стружки від 10 шліфувальних верстатів (діаметр кола – 150 мм, колова швидкість – 25 м/с), на яких здійснюється тонке шліфування виробів зі сталі. Пиловий факел безпосередньо спрямований в отвір кожуха (діаметр отвору 50 мм). Передбачити очищення вентиляційного повітря на циклонах і фільтрах з лавсану.

Розв'язання. Швидкість повітря в всмоктувальному отворі кожуха при напрямку пилового факелу безпосередньо в отвір дорівнює:

$$v_0 = 0,25 v_k = 0,25 \cdot 25 = 6,25 \text{ м/с}$$

Площа перерізу отвору повітроводу дорівнює

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 0,00196 \text{ м}^2$$

Кількість повітря, що необхідне для видалення пилю і стружки, за формулою (5.10):

$$L_1 = 3600 \cdot 0,00196 \cdot 6,25 = 44,1 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість повітря, що необхідне для видалення пилю і стружки, за формулою згідно табл. 5.3 при діаметр робочого кола 150 мм :

$$L_2 = 2 d_k = 2 \cdot 150 = 300 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо більшу величину – 300 м³/год.

Тонке шліфування супроводжуються виділенням 25 – 50 г/год. пилю [11], приймаємо для розрахунку 50 г/год.

Сумарна кількість стружки і пилю, що утвориться при обробці матеріалів одночасно на декількох верстатах визначають за формулою

$$G_{\text{нóì}} = \varphi \sum_{i=1}^n G_i,$$

де G_i – кількість стружки і пилу, що утвориться при роботі одного верстата, г/год.;

n – кількість верстатів;

φ – коефіцієнт, що враховує одночасну роботу верстатів (0,5 – 0,7, зі збільшенням кількості верстатів він зменшується) [11].

Сумарна кількість стружки і пилу, що утворюється при обробці матеріалу складає:

$$G_{\text{пiл}} = 0,6 \cdot 50 \cdot 10 = 300 \text{ г/год.} = 0,3 \text{ т/год.}$$

Кількість пилу, що надходить після циклона, (кг/год.) визначають за формулою:

$$G_{\delta} = G_{\text{пiл}} (1 - \eta_{\delta}),$$

де $G_{\text{сум}}$ – сумарна маса пилу і стружки, що утворюється, кг/год.;

η_{δ} – коефіцієнт ефективності роботи циклона (приймають 0,8 – 0,95) [11].

Кількість пилу, що надходить після циклону на фільтр, складає:

$$G_{\delta} = 0,3 (1 - 0,8) = 0,06 \text{ т/год.}$$

Кількість пилу, що надходить у повітря після фільтра, визначають за формулою

$$G_{\text{i}\delta} = G_{\delta} (1 - \eta_{\delta}),$$

де η_{δ} – коефіцієнт ефективності роботи фільтра (приймають 0,9 – 0,995) [11].

Кількість пилу, що надходить після фільтра, визначаємо складає

$$G_{\text{i}\delta} = 0,06 (1 - 0,9) = 0,006 \text{ т/год.}$$

Для перевірки ефективності уловлювання пилу і стружки потрібно розрахувати концентрацію пилу в повітрі після очищення та порівняти її з гранично допустимою концентрацією (табл. Б.2 додатку Б). Умова ефективного очищення повітря: $C_{\text{i}\delta} \leq \tilde{A}$.

Концентрацію пилу в повітрі після очищення на фільтрі, мг/м³, розраховують за формулою:

$$C_{\text{ію}} = \frac{G_{\text{ію}} \cdot 10^6}{L}, \quad (5.12)$$

де $G_{\text{пр}}$ – кількість пилу, що надходить у повітря після очищення на фільтрі, кг/год.;

L – витрата повітря, м³/год.

Концентрація пилу в повітрі після очищення складає:

$$C_{\text{ію}} = \frac{0,006 \cdot 10^6}{300} = 20 \text{ мг} / \text{м}^3.$$

Концентрація пилу перевищує гранично допустиму концентрацію пилу в повітрі робочої зони (за таблицею Б.2 ГПК = 6 мг/м³), тому виникає необхідність в установці другого ступеня очищення повітря на фільтрі. Кількість пилу, що надходить після 2-го ступеня очищення, визначаємо з урахуванням того, що коефіцієнт ефективності роботи фільтра на 2-й ступені завжди більше (наприклад 0,95):

$$G_{\text{ію}} = 0,006 (1 - 0,95) = 0,0003 \text{ кг} / \text{год}.$$

Концентрація пилу в повітрі 2-го ступеня очищення складає:

$$C_{\text{ію}} = \frac{0,0003 \cdot 10^6}{300} = 1 \text{ мг} / \text{м}^3.$$

Концентрація пилу в повітрі після 2-го ступеня очищення не перевищує гранично припустиму концентрацію пилу в повітрі робочої зони, тобто умова безпеки виконується.

Рекомендації по перевірці умов нормальної роботи фільтра наведено у [11]. Умова нормальної роботи фільтра на першій стадії виконується, на другій – ні. Для виконання умови очищення другого фільтра можна проводити рідше. Розрахована система видалення стружки і пилу забезпечує виконання нормативних вимог.

Приклад 7. Визначити об'єм повітря, що вилучається від камери з боковим відсмоктуванням повітря, в якій здійснюється ручне фарбування деталей. Площа прорізів камери 1,4 м². Для фарбування виконують пневматичне ручне розпилення з використанням розчинників 2 класу небезпеки.

Розв'язання. Спеціальні kabіни і камери застосовують при фарбуванні деталей машин. Кратність обміну повітря в них повинна бути 30 – 100 год.⁻¹ залежно від виду розчинників фарб.

Повітрообмін при ручному фарбуванні в камерах з боковим відсмоктуванням повітря розраховують за формулою (5.10). При цьому за площу роз-

рахункового перерізу приймаємо сумарну площу прорізів камери, а швидкість всмоктування повітря в робочому прорізі камери вибираємо за даними табл. 5.4 залежно від метода нанесення фарби та класу небезпеки розчинників фарб.

Таблиця 5.4 – Швидкості всмоктування повітря в прорізах фарбувальних камер [11]

Метод нанесення	Класи небезпеки	Розрахункова швидкість, м/с
Кистю	2 та 3	1
	4	0,5
Пневматичне ручне розпилення	1	1,3
	2 та 3	1
	4	0,7
Пневматичне автоматичне розпилення	1 – 4	0,4
Безповітряне розпилення	1 – 3	0,7
	4	0,6
Ручне електророзпилення	1 – 4	0,4 – 0,5

У нашому випадку швидкість приймаємо 1 м/с, тоді повітрообмін складає:

$$L = 3600 \cdot 1,4 \cdot 1,0 = 5040 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Інші випадки проведення робіт з фарбування деталей докладно розглянути у [11].

Приклад 8. Визначити об'єм повітря, що вилучається з робочої зони при проведенні паяльних робіт. Довжина частини стержня паяльника, що виступає, складає 15 см.

Розв'язання. При паяльних роботах застосовують вбудовані забірники. Вбудовані в інструмент (паяльники) забірники можуть бути кільцевими або верхніми. Верхній забірник являє собою металеву трубку, забірний отвір якої розташований над кінцем паяльного стержня. Кількість повітря, що виводиться від паяльника при діаметрі стержня до 6 мм, становить 3 м³/год. Приєднання відсмоктувача до інструмента забезпечує максимально можливе наближення всмоктуючого отвору до зони шкідливих виділень. Це дає змогу зменшити витрати на вентиляцію у 9 разів.

Для кільцевого відсмоктувача паяльника необхідну кількість повітря, м³/год., визначають за формулою:

$$L = 3600 \cdot 4\pi \ell^2 v,$$

де ℓ – довжина частини стержня паяльника, що виступає за кільцевий отвір, м;

v – швидкість повітряного потоку біля кінця стержня (приймають не менше 0,3), м/с.

Необхідна кількість повітря складає:

$$L = 3600 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot (15 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 0,3 = 3052 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахована система видалення шкідливих відділень забезпечує виконання нормативних вимог.

Приклад 9. Розрахувати вентиляційну систему місцевих витяжних відсмоктувачів для ділянки механічного цеху, на якій розташовано два шліфувальних та один фрезерний верстат. Кількість повітря, яке потрібно видалити від кожного шліфувального верстату складає 2000 м³/год., від фрезерного верстату – 1000 м³/год. Повітря, що видалається, піддається сухому очищенню в пиловловлюючому пристрої – циклоні ЦН-15.

Розв'язання. Розрахунок місцевої витяжної вентиляції здійснюють за наступною методикою [4, 5, 24].

1 Визначення конструкції місцевих відсмоктувачів, виходячи зі специфіки технологічного процесу й виробничого устаткування. Основні принципи вибору конструкцію відсмоктувачів: максимальне укриття джерел шкідливості; використання природного руху шкідливостей; лінія руху забрудненого повітря не повинна проходити через зону дихання робітника. Для вибору конструкції можна використовувати дані, які наведені в табл. 5.5.

2 Визначення кількості повітря, які потрібно видалити від кожного місцевого відсмоктувача. Ці величини може бути взяти з довідкових даних або визначенні розрахунками (приклади 3–8).

3 Визначення структури й просторового розташування вентиляційної мережі з розподілом її на окремі ділянки. Виконання схеми вентиляційної мережі з вказівкою елементів, що входять до складу вентиляційної мережі, номерів ділянок мережі та їх довжини.

4 Призначення швидкості руху повітря у повітроводах на всіх ділянках вентиляційної мережі. При переміщенні повітря, що не містить твердих часток (пилу), його швидкість у повітроводі може бути призначена в межах 6 – 12 м/с. Швидкість руху повітря в трубопроводах пиловідсмоктуючих установок повинна знаходитися у межах 15 – 20 м/с. На кінцевих ділянках трубопроводів значення швидкості приймають близькими до мінімального з наступним збільшенням на 0,5 – 1,5 м/с [4, 24].

5 Визначення діаметрів повітроводів, м, на всіх ділянках за формулою

$$d = \sqrt{\frac{4L}{\pi v_0 3600}} = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{L}{\pi v_0}}, \quad (5.13)$$

де L – витрата повітря на відповідній ділянці, $\text{м}^3/\text{год.}$;

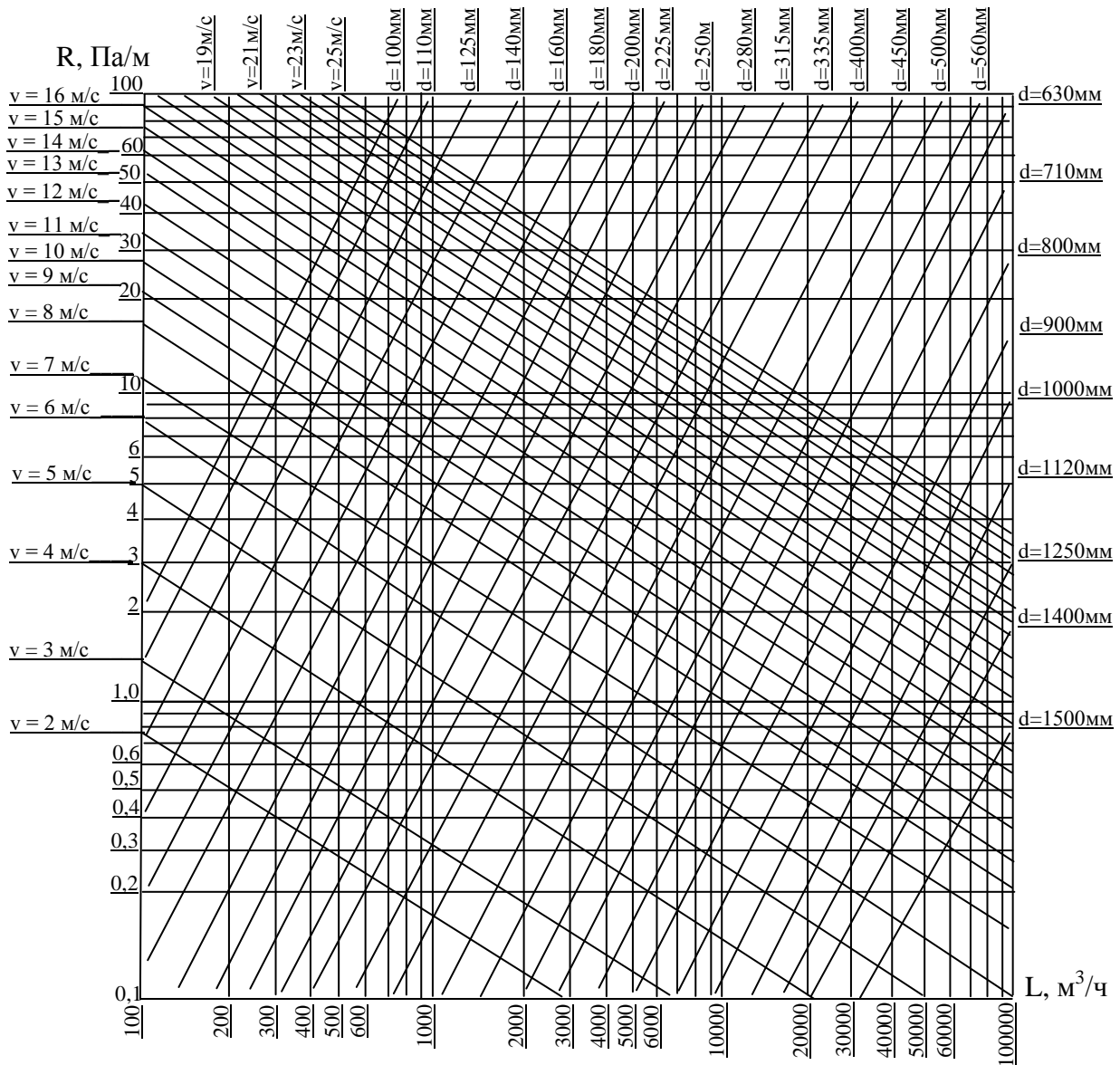
v_0 – швидкість руху повітря, м/с .

Для подальших розрахунків приймається найближчий діаметр із наявних стандартних: 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 335, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250, 1400, 1500 мм (стандартні діаметри наведено на рис. 5.1).

6 Перерахування швидкості руху повітря v_0 на ділянках вентиляційної мережі з урахуванням результатів підбора діаметрів повітроводів за формулою (5.11).

Таблиця 5.5 – Область використання відсмоктуючих пристроїв

Пристрій	Область використання (приклади розрахунків)
Відсмоктуючи відкритого типу	
Витяжні зонти	Для уловлювання потоків шкідливих речовин, які направлені вгору: джерело утворення пилю, парів та газів переміщується по площі робочого місця, як в горизонтальній, так вертикальній площинах (приклади розрахунків 18 та 19)
Всмоктувальні панелі	Для локалізації шкідливих виділень, які захоплюються конвективними струменями, коли більш повне укриття джерела виділень неможливе згідно умов технологічного процесу. Панелі розташовують збоку від джерела шкідливих виділень вертикально або похило (приклади розрахунків 20 – 22)
Бортові відсмоктувачі	Застосовуються для вилучення шкідливих виділень з поверхні розчинів, коли за умов проходження технологічного процесу неможлива встановлення повного накриття. Особливо широке застосування отримали для обладнання ванн (гальванічні, травильні) та інших ємкостей з токсичними рідинами. Бортові відсмоктувачі є різних конструкцій: одно- та двобортові, бортові з передувом і перевернуті (приклади розрахунків 23 – 25)
Отворі	Місцеві відсмоктувачі у вигляді прямокутних або круглих отворів звичайно встановлюють при паянні, зварюванні тощо. Розрізняють відсмоктувачі з приймальними отворами у вертикальній панелі, у площині стола і над столом (приклади розрахунків 26 та 27)
Відсмоктуючи закритого типу	
Витяжні шафи	Представляють собою укриття з робочим отвором. Витяжні шафи бувають різної конструкції: з верхнім, нижнім та комбінованим вилученням повітря (приклади розрахунків 28 – 31)
Кожух	Кожухи встановлюють на заточувальних та шліфувальних верстатах з абразивними кругами, на фрезерних та токарних верстатах при обробці крихких матеріалів (приклади розрахунків 32, 33)
Камери або кабіни	Відгороджені частини приміщення з посиленою вентиляцією, в яких проводяться операції, при яких інтенсивно виділяються шкідливі речовини (фарбування деталей) (приклад розрахунків 34)
Вбудовані відсмоктувачі	Вбудовані забірники застосовують при паяльних зварювальних та інших роботах. Вбудовані в інструмент забірники можуть бути кільцевими або верхніми (приклад розрахунків 35)



R – втрати тиску у повітроводах вентиляційної мережі, Па/м;
 L – об'єм повітря, що видаляється, за одиницю часу, $\text{м}^3/\text{год}$;
 v – швидкість руху повітря, м/с; d – діаметр повітроводів
 вентиляційної мережі, мм

Рисунок 5.1 – Номограма для визначення параметрів повітроводів

7 Визначення втрати тиску у вентиляційній мережі. Сумарні втрати тиску $\sum P$, Па, на ділянці повітроводу визначають за формулою:

$$\sum P = P_{\text{об}} + P_i, \quad (5.14)$$

де $P_{тр}$ – втрати тиску на тертя, Па;

P_m – втрати тиску на місцеві опори, Па.

Величина втрати тиску на тертя, Па, може бути знайдена за формулою:

$$P_{\text{ОД}} = R \ell, \quad (5.15)$$

де R – втрати тиску на тертя на один погонний метр повітропроводу (визначають за номограмою – рис. 5.1), Па/м;

ℓ – довжина ділянки повітропроводу, м.

Величина втрати тиску на місцеві опори, Па, може бути визначена з урахуванням усіх можливих опорів за формулою:

$$P_i = \sum \zeta_i \rho \frac{v_0^2}{2},$$

де ζ_m – коефіцієнт місцевого опору визначається за довідковими даними (значення деяких місцевих опорів наведені в табл. 5.6);

v_0 – швидкість руху повітря, м/с;

ρ – густина повітря (для розрахунків приймається $1,2 \text{ кг/м}^3$), кг/м^3 .

8 Перерахунок продуктивності вентилятору з урахуванням витоків чи підсмоктування повітря в повітропроводах:

$$\sum L_{\text{А}} = k \sum L, \quad (5.16)$$

де k – коефіцієнт, що враховує витоків або підсмоктування повітря (для сталевих, азбоцементних та пластикових повітропроводів довжиною до 50 м приймають 1,1, а в інших випадках – 1,15);

$\sum L$ – розрахункова загальна кількість повітря для вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$.

9 Знаючи загальну витрату повітря вентиляційної мережі $\sum L_B$, $\text{м}^3/\text{год}$. і втрати тиску в мережі $\sum P$, Па, за графічними характеристиками (номограмами які наведені на сторінках 69 – 74 [20]) обирають вентилятор і розраховують потужність електродвигуна вентилятора, N , кВт, за формулою:

$$N = \frac{\sum L_{\text{А}} \sum P \cdot 10^{-3}}{3600 \eta_{\text{А}}}, \quad (5.17)$$

де $\sum L_B$ – загальна витрата повітря вентиляційної мережі, $\text{м}^3/\text{год}$;

$\sum P$ – сумарні втрати тиску у вентиляційній мережі, Па;

η_v – ККД вентилятора, обирається за графічними характеристиками – номограмами [20].

Вибір типу електродвигуна для обраного вентилятору здійснюють за допомогою таблиць, які наведені у таблицях на сторінках 75 – 78 [20].

Таблиця 5.6 – Коефіцієнти місцевого опору для деяких конструкцій місцевих витяжних відсмоктувачів

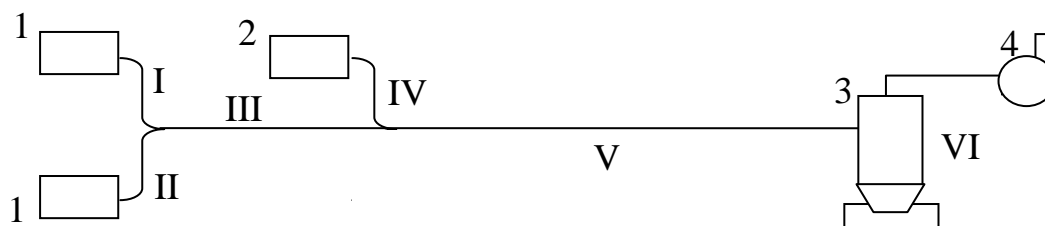
Конструкція витяжного відсмоктувача	ξ
Витяжний зонт (звичайний)	0,4...0,6
Захисний кожух верстата	1,2...1,5
Бічна панель	0,5...0,8
Кільцевий відсмоктувач	1,4
Бортовий відсмоктувач	0,8...1,2
Вхід у трубу $d = 100$ мм	0,3...0,5
Вхід у циклон	0,2
Циклон	4...6
Дуга 90° п'ятисегментна	0,2
Дифузор (перехід до більшого діаметру)	0,44

Зробимо розрахунок вентиляційної системи для ділянки механічного цеху.

Вибираємо конструкцію місцевого відсмоктувача для джерел виділення пилю (табл. 5.5): для шліфувальних верстатів – кожухи, для фрезерного верстату – витяжний зонт.

Кількість повітря, що видаляється від кожного місцевого відсмоктувача, відома (умови прикладу).

Визначаємо структуру вентиляційної мережі й кількість повітря, що проходить кожною ділянкою вентиляційної мережі. Схема вентиляційної мережі зображена на рис. 5.2.



1 – кожух; 2 – витяжний зонт; 3 – циклон ЦН-15;
4 – відцентровий вентилятор;
I, II, III, IV, V, VI – ділянки вентиляційної мережі

Рисунок 5.2 – Схема вентиляційної мережі

Кількість повітря на ділянці, де відбувається об'єднання вентиляційних потоків, визначається простим підсумовуванням. Так на ділянках I і II

проходить по 2000 м³/год., на ділянці III протікає 4000 м³/год., на ділянці IV протікає 1000 м³/год., на ділянках V та VI протікає 5000 м³/год. Кількість повітря по ділянках мережі, м³/год., і довжина ділянок, м, наведені в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Кількість повітря і довжина ділянок

Номер ділянки	I	II	III	IV	V	VI
L, м ³ /год.	2000	2000	4000	1000	5000	5000
ℓ, м	8	8	9	5	50	–

Призначаємо швидкість руху повітря на всіх ділянках вентиляційної мережі. На паралельних ділянках I, II, IV приймаємо швидкість, що дорівнює 13 м/с. На ділянці III приймаємо швидкість 13,5 м/с, на ділянках V та VI приймаємо швидкість 14 м/с.

Визначаємо діаметр повітроводів, м, на всіх ділянках вентиляційної мережі за формулою (5.13):

$$d_I = d_{II} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2000}{3,14 \cdot 13 \cdot 3600}} = 0,23 \text{ м};$$

$$d_{III} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4000}{3,14 \cdot 13,5 \cdot 3600}} = 0,32 \text{ м};$$

$$d_{IV} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 13 \cdot 3600}} = 0,165 \text{ м};$$

$$d_V = d_{VI} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5000}{3,14 \cdot 14 \cdot 3600}} = 0,355 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартні діаметри повітроводів, виходячи з рекомендацій пункту 5 методики розрахунку або номограми (рис. 5.1):

$$d_I = d_{II} = 225 \text{ мм}, d_{III} = 315 \text{ мм}, d_{IV} = 160 \text{ мм}, d_V = d_{VI} = 335 \text{ мм}.$$

Визначаємо швидкість руху повітря, м/с, по ділянках вентиляційної мережі з урахуванням стандартизованих діаметрів повітроводів:

$$v_{\text{дI}} = v_{\text{дII}} = \frac{2000}{900 \cdot 0,225^2 \cdot 3,14} = 14,0 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{дIII}} = \frac{4000}{900 \cdot 0,315^2 \cdot 3,14} = 14,3 \text{ м/с};$$

$$v_{\text{дIV}} = \frac{1000}{900 \cdot 0,16^2 \cdot 3,14} = 13,8 \text{ м/с};$$

$$v_{\delta v} = v_{\delta vi} = \frac{5000}{900 \cdot 0,335^2 \cdot 3,14} = 15,8 \text{ м/с}$$

Визначаємо втрати тиску у вентиляційній мережі. Розрахунок здійснюємо послідовно для всіх ділянок вентиляційної мережі, починаючи з найбільш віддаленого.

Визначаємо питомі втрати тиску (Па) на тертя на 1 лінійний метр на ділянках за номограмою рис. 5.1:

$$R_I = R_{II} = 7,6 \text{ Па/м}; R_{III} = 6,5 \text{ Па/м}; R_{IV} = 14,0 \text{ Па/м}; R_V = R_{VI} = 5,5 \text{ Па/м}.$$

Визначаємо втрати тиску в мережі за рахунок тертя повітряного потоку в повітропроводах за формулою (5.15):

$$P_{\delta B} = R_I l_I + R_{II} l_{II} + R_{III} l_{III} + R_{IV} l_{IV} + R_V l_V = 2 \cdot 7,6 \cdot 8 + 6,5 \cdot 9 + 14 \cdot 5 + 5,5 \cdot 5 = 525 \text{ Па}.$$

Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів (табл. 5.6):

на ділянці I – кожух з $\xi = 1,5$; дуга 90° п'яти сегментна з $\xi = 0,2$; дифузор (перехід до більшого діаметру) з $\xi = 0,44$;

на ділянці II – опори аналогічні ділянці I;

на ділянці III – дифузор (перехід до більшого діаметру) з $\xi = 0,44$;

на ділянці IV – зонт з $\xi = 0,5$; дуга з $\xi = 0,2$; дифузор (перехід до більшого діаметру) з $\xi = 0,44$;

на ділянці V – дуга 90° з $\xi = 0,2$; вхід у циклон з $\xi = 0,2$.

на ділянці VI – циклон з $\xi = 4,0$.

Сумарний коефіцієнт місцевих втрат на ділянках мережі складає:

$$\sum \zeta_I = \sum \zeta_{II} = 2,14; \sum \zeta_{III} = 0,44; \sum \zeta_{IV} = 1,1; \sum \zeta_V = 0,4; \sum \zeta_{VI} = 4,0.$$

Визначаємо втрати тиску на місцеві опори:

$$P_M = 2 \cdot 2,14 \cdot 1,2 \frac{14^2}{2} + 0,44 \cdot 1,2 \frac{14,3^2}{2} + 1,1 \cdot 1,2 \frac{14,3^2}{2} + 0,4 \cdot 1,2 \frac{15,8^2}{2} + 4 \cdot 1,2 \frac{15,8^2}{2} = 1345 \text{ Па}.$$

Визначаємо витрати тиску у вентиляційній мережі за формулою (5.14):

$$\sum P = 525 + 1345 = 1870 \text{ Па}.$$

Перерахуємо продуктивність вентилятору з урахуванням витоків чи підсмоктування повітря в повітропроводах за формулою (5.16):

$$\sum L_{\text{А}} = 1,1 \cdot 5000 = 5500 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Необхідна витрата повітря складе 5500 м³/год., витрати тиску 1870 Па. Виходячи із цих параметрів вентиляційної мережі, вибираємо вентилятор типу Ц 4-70 № 6 [20]. Коефіцієнт корисної дії вентилятора приймаємо $\eta_{\text{в}} = 0,7$. Визначаємо потужність електродвигуна за формулою (5.17):

$$N = \frac{5500 \cdot 1870 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,7} = 4,08 \text{ кВт}.$$

Для забезпечення необхідної продуктивності вентиляційної мережі вибираємо вентилятор Ц 4-70 № 6 з електродвигуном А 02-41-4 потужністю 4 кВт, кількістю обертів за хвилину 1440 [20].

Розрахована вентиляційна система місцевих витяжних відсмоктувачів для ділянки механічного цеху забезпечить виконання нормативних умов до повітря робочої зони.

5.2 Опалення цехів

Системи опалення повинні компенсувати втрати тепла через зовнішні конструкції, що огороджують будівлі, та підігрівати холодне повітря, яке надходить ззовні через вікна, двері, ворота та ін. (приклад 10). На підприємствах використовують центральну водяну систему опалення низького тиску (приклади 11 – 12) або систему повітряного опалення (приклад 13).

Приклад 10. Визначити витрати тепла будинком. Площа огороджувальних стін із звичайної цегли товщиною 510 мм складає 1000 м². Коефіцієнт теплопередачі через стінку 1,13 Вт/(м²·К). Температура повітря всередині приміщень 20°C. Зовнішня розрахункова температура –16°C.

Розв’язання. Кількість тепла, Вт, що витрачається будівельною конструкцією, залежить від різниці температур, величини їх значень, площі та виду матеріалу і може бути розрахована для плоских поверхонь за формулою:

$$Q = \hat{E}_i S (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}), \quad (5.18)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт теплопередачі через стінку, Вт/(м²·К);
 S – площа огороджувальних стін, м²;
 $t_{\text{вн}}$ – температура повітря в приміщенні, °С;
 $t_{\text{зовн}}$ – температура зовнішнього повітря (приймається за кліматичними даними для даної місцевості).

Кількість тепла, яка втрачається будівельною конструкцією, складає:

$$Q = 1,13 \cdot 1000 (20 - (-16)) = 40614 \text{ Вт.}$$

Розрахунки показали, що витрати тепла складають 40,6 кВт.

Приклад 11. Розрахувати кількість нагрівальних приладів двохтрубної системи опалення. Теплові втрати в приміщенні складають 60 кВт, теплоносії — вода з початковою температурою 100°C і кінцевою 60°C; температура в приміщенні 18°C; тепловиділення трубопроводами не враховувати.

Розв'язання. При проектуванні системи опалення визначають [20]:
– категорію пожежної небезпеки виробництва (табл. К.1 додатку К);
– внутрішню температуру повітря в приміщенні, що залежить від категорії роботи (табл. Б.1 додатку Б);

– розрахункову зовнішню температуру повітря для даного кліматичного району;

– орієнтовні втрати тепла будинком за формулою (5.18);

– тепловиділення від людей, електродвигунів, нагрітих поверхонь котлів, сушильних установок, світильників, розплавленого металу та ін. (приклад 1);

– необхідну систему опалення, вид теплоносія, тип опалювальних приладів;

– кількість тепла на опалення приміщень;

– поверхню нагрівальних приладів;

– кількість елементів секцій в одному нагрівальному приладі, загальну кількість секцій;

– годинні витрати води (повітря) на опалення;

– необхідну поверхню нагріву, тип та коефіцієнт корисної дії котла.

Розрахунок кількості елементів секцій в одному нагрівальному приладі та загальної кількості секцій виконують на еквівалентний квадратний метр (е.к.м.) еталонного приладу. Поверхню нагріву нагрівальних приладів, що віддає тепло, визначають в е.к.м., а потім перераховують на метраж прийнятих для установки типів приладів.

Відносна теплова витрата води (ккал/год.) визначається за формулою

$$q = \frac{7,98 (\Delta t - 10)}{\Delta T_{\text{IDÈÈ}} \cdot G_{\text{AO}}},$$

де Δt – різниця температур між середньою температурою теплоносія в нагрівальному приладі та температурою в приміщенні, °C;

$\Delta T_{\text{IDÈÈ}}$ – перепад температур теплоносія в нагрівальному приладі, °C.

G_{ET} – відносна кількість води, що подається зверху донизу, кг/(м²·год.)

Визначаємо відносну теплову витрату води на еквівалентний квадратний метр з еталонного приладу [20] з подачею води зверху донизу в кількості 17,4 кг/(м²·год.).

Відносна теплова витрата води складає:

$$q = \frac{7,98 \left[\left(\frac{100+60}{2} - 18 \right) - 10 \right]}{(100-60) \cdot 17,4} = 0,596 \text{ ккал/год.} \cdot \text{м}^2$$

Значення еквівалентного квадратного метра в ккал/(год.·с.к.м.) можна порахувати за формулою

$$q_{\text{экв.метр}} = 7,98 \alpha (\Delta t - 10) ,$$

де α — поправочний коефіцієнт, що залежить від відносної витрати води (табл. 5.8).

Таблиця 5.8 – Значення поправочного коефіцієнта залежно від відносної теплової витрати води, (ккал/год.)

q, ккал/год.	0,3	0,5	0,7	0,9	1	5	7	>7
α	0,85	0,91	0,95	0,99	1	1,03	1,06	1,07

При відносній тепловій витраті води 0,6 ккал/год. поправочний коефіцієнт складає 0,93. Значення еквівалентного квадратного метра складає:

$$q_{\text{экв.метр}} = 7,98 \cdot 0,93 \left[\left(\frac{100+60}{2} - 18 \right) - 10 \right] = 386 \text{ ккал/год.} \cdot \text{м}^2 = 0,45 \text{ ккал/год.} \cdot \text{м}^2$$

Визначаємо необхідну поверхню, м², приладів еквівалентного квадратного метра:

$$S_{\text{нужд}} = \frac{Q}{q_{\text{экв.метр}}} = \frac{60}{0,45} = 133 \text{ м}^2$$

Необхідна кількість секцій радіаторів М-140 (одинична площа 0,31 м²) дорівнює

$$n = \frac{S_{\text{нужд}}}{S_{\text{секция}}} = \frac{133}{0,31} = 429 \text{ секцій}$$

Більш докладно розрахунок опалення наведено в літературі [5, 20].

Приклад 12. Розрахувати поверхню нагріву та кількість нагрівальних приладів марки Н-136 (поверхня нагріву однієї секції $0,285 \text{ м}^2$) для обігріву одноповерхового будинку. Теплові втрати в приміщенні складають $2,1 \text{ кВт}$, теплоносій — вода з початковою температурою 95°C і кінцевою 70°C ; температура в приміщенні 18°C .

Розв'язання. Необхідну поверхню нагріву визначаємо виходячи з формули (5.18). При цьому різницю температур в даному випадку знаходимо між середньої температурою води та температурою повітря у приміщенні. Коефіцієнт теплопередачі [5] приймаємо $7,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$:

$$S = \frac{Q}{\hat{E}_i (t_{\text{ND}} - t_{\text{AI}})} = \frac{2,09 \cdot 10^3}{7,8 \left(\frac{95 + 70}{2} - 18 \right)} = 4,16 \text{ м}^2.$$

Потрібна кількість нагрівальних елементів даної марки складає:

$$n = \frac{4,16}{0,285} = 14,6.$$

Розрахунок показав, що для обігріву будинку потрібно 15 елементів нагрівального приладу марки Н-136.

Приклад 13. Підібрати калориферну установку для підігріву припливного повітря, що складається із калориферів типу КФБ. Кількість повітря, яке підігрівається 15640 кг/год . Початкова температура повітря -14°C , кінцева температура повітря 20°C . Теплоносій – вода з початковою температурою 130°C , кінцевою температурою 60°C .

Розв'язання. Розрахунок та підбір калориферів проводиться в такому порядку [20]. Визначаємо кількість тепла (ккал/год.), яке йде на підігрів повітря за формулою:

$$Q = L C \rho (t_{\text{кін}} - t_{\text{поч}}) = G C (t_{\text{кін}} - t_{\text{поч}}),$$

де L – об'єм повітря, яке нагрівається, $\text{м}^3/\text{год}$;

G – кількість повітря, яке нагрівається, $\text{кг}/\text{год}$;

ρ – густина повітря при температурі приміщення, $\text{кг}/\text{м}^3$;

C – теплоємність повітря, $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

$t_{\text{кін}}$ – кінцева температура нагрітого повітря, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{поч}}$ – початкова температура повітря, $^\circ\text{C}$.

Приймаємо теплоємність повітря $0,24 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ [20]. Визначаємо витрати тепла на нагрів повітря:

$$Q = 15640 \cdot 0,24 (20 - (-14)) = 127623 \text{ ккал/год}.$$

Необхідний живий переріз у калорифері для проходу повітря визначаємо за формулою:

$$S_{\text{п\u0430}} = \frac{L \rho}{3600 v_{\gamma}} = \frac{G}{3600 v_{\gamma}},$$

де v_{γ} – вагова швидкість повітря, (приймається в межах 7 – 10, а для ребристих калориферів 3 – 5), кг/(м²·с).

Приймаємо, що вагова швидкість повітря для пластинчатих калориферів 8 кг/(м²·с), визначаємо живий переріз калориферної установки за повітрям:

$$S_{\text{п\u0430}} = \frac{G}{3600 v_{\gamma}} = \frac{15640}{3600 \cdot 8} = 0,55 \text{ м}^2.$$

Згідно даних довідника (табл. 2.10 [20]) вибираємо калорифер КФБ-10 з живим перерізом за повітрям 0,558 м². Паралельна установка за повітрям двох калориферів утворює переріз 1,116 м².

За дійсним живим перерізом калорифера конкретної моделі уточнюється вагова швидкість повітря у кг/(м²·с):

$$v_{\gamma} = \frac{G}{3600 S_{\text{п\u0430}}} = \frac{15640}{3600 \cdot 1,116} = 3,9 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}).$$

Швидкість води в трубах калорифера в м/с визначається за формулою:

$$v = \frac{Q}{3600 \cdot 1000 S_{\text{тр}} (t_{\text{г}} - t_{\text{зв}})},$$

де $S_{\text{тр}}$ – живий переріз труб калорифера для води, м²;

$t_{\text{г}}$ – температура гарячої води, яка подається з магістралі, °С;

$t_{\text{зв}}$ – температура зворотної води, °С;

1000 – теплоємність води, ккал/(кг·К);

Q – витрати тепла на підігрівання повітря, ккал/год.

Визначаємо живий переріз проходу води для калорифера КФБ-10 – 0,0143 м² (табл. 2.10 [20]). Визначаємо швидкість руху води в трубах калориферів, пропускаючи воду послідовно через кожен з них:

$$v = \frac{127623}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,0143 (130 - 60)} = 0,035 \text{ м}/\text{с}.$$

Тепловіддачу калорифера перевіряємо за формулою:

$$Q_K = S_K K (t_{ND}^1 - t_{ND}^2), \quad (5.19)$$

де S_K – поверхня нагріву калорифера (приймається в залежності від типу вибраного калорифера), m^2 ;

K – коефіцієнт теплопередачі (табл. 2.14—2.17 [20]), $ккал/(кг \cdot K)$;

t_{CP}^1 – середня температура теплоносія, $^{\circ}C$;

t_{CP}^2 – середня температура повітря, яке проходить через калорифер, $^{\circ}C$.

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі калориферів – інтерполяцією значень – $K = 14,7$ $ккал/(кг \cdot K)$. Виходячи з формули (5.19) визначаємо необхідну поверхню нагріву калориферів установки:

$$S_y = \frac{Q}{K \left[\left(\frac{t_{\bar{A}} - t_{CA}}{2} \right) - \left(\frac{t_{\bar{II} \times} - t_{\bar{E} \bar{I}}}{2} \right) \right]} = \frac{127623}{14,7 \left[\left(\frac{130 - 60}{2} \right) - \left(\frac{-14 - 20}{2} \right) \right]} = 167 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні нагріву одного калорифера вибраної моделі складає $61,2 \text{ м}^2$ (табл. 2.10 [20]). Визначаємо загальну кількість калориферів КФБ-10, які необхідно встановити:

$$n = \frac{S_y}{S_K} = \frac{167}{61,2} = 2,7.$$

Необхідно встановити три калорифери КФБ-10.

5.3 Охорона навколишнього середовища

Основним напрямком охорони навколишнього середовища є очищення вентиляційного повітря [18, 25]. Для очищення повітря використовують різні методи. Порівняльна характеристика методів очищення наведено у табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Характеристика методів очищення повітря

Метод очищення	Ефективність очищення	Приклади апаратів
Сухе очищення	40 – 60	Циклони, комірки
Мокре очищення	93 – 98	Насад очні, пенні апарати
Фільтрація	90 – 99	Зернисті, масляні фільтри
Електричне очищення	90 – 99,7	Електрофільтри
Хімічне очищення	95 – 99	Адсорбери, абсорбери
Біологічне очищення	95 – 99	Біофільтри

Методика оцінки ефективності роботи апаратів наведено у прикладі 14. Методика розрахунку циклону наведено у прикладі 15. Методика вибору та розрахунку фільтра наведено у прикладі 16.

Приклад 14. У батарею циклонів надходить на очищення 12000 м³/год повітря, яке містить 3 кг виробничого пилу. Концентрація пилу в повітрі після циклонів 50 мг/м³. Визначити коефіцієнт корисної дії циклону і зробити висновок про доцільність другого ступеня очищення повітря.

Розв'язання. Ефективність апаратів для очищення в % визначають за формулою:

$$\eta = \frac{C_1 - C_2}{C_1} 100 = \left[100 - \left(\frac{C_2}{C_1} \cdot 100 \right) \right], \quad (5.20)$$

де C_1 – концентрація пилу в повітрі, що надходить у батарею циклонів, мг/м³;

C_2 – концентрація пилу в повітрі, що виходить з батареї циклонів, мг/м³.

Концентрацію пилу в повітрі, що надходить у батарею циклонів, мг/м³, визначаємо за формулою (5.12):

$$C_1 = \frac{G_{\text{п}} \cdot 10^6}{L} = \frac{3 \cdot 10^6}{12000} = 250 \text{ мг/м}^3.$$

Коефіцієнт корисної дії циклону за формулою (5.20) складає 80%, але концентрація пилу в повітрі, що виходить з батареї циклонів, значно перевищує ГПК = 6 мг/м³ (табл. Б.2 додатка Б). Тому є потреба в організації другої ступені очищення. Розрахуємо концентрацію пилу в повітрі після другої ступені очищення у циклонах виходячи з формули (5.20):

$$C_3 = \frac{C_2 (100 - \eta)}{100} = \frac{250 \cdot (100 - 80)}{100} = 200 \text{ мг/м}^3.$$

Розрахунок показав, що використовувати другу ступень очищення у циклонах не ефективно, тому що концентрація пилу в повітрі, що виходить з циклонів, значно перевищує ГПК. На другій ступені очищення більш доцільно використовувати інші методи і апарати (табл. 5.9), наприклад, вологе очищення або очищення на фільтрах.

Приклад 15. Визначити характеристики циклона типу ЦН-15 для очищення 20000 м³/год. газу, температура якого дорівнює 300°C, а густина у вологому стані при нормальних умовах 1,25 кг/м³. Гідравлічний опір циклона становить 700 Н/м². Коефіцієнт гідравлічного опору циклона дорів-

нює 165.

Розв'язання. Основною характеристикою циклону є його діаметр. Діаметр циклона розраховують за формулою:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{L}{0,785 \cdot 3600 \nu}},$$

де $D_{\text{ц}}$ – діаметр циклона, м;

L – кількість повітря, що підлягає очищенню, м³/год.;

ν – швидкість повітря в даному циклоні, м/с.

Швидкість повітря в циклоні знаходять виходячи з формули для розрахунку витрати тиску при русі повітря:

$$\nu = \sqrt{\frac{2 \Delta P_{\text{ц}}}{\zeta_{\text{ц}} \rho_t}},$$

де ν – швидкість газу у вхідному патрубку, м/с;

$\Delta P_{\text{ц}}$ – гідравлічний опір проходження газів, Н/м²,

$\zeta_{\text{ц}}$ – коефіцієнт гідравлічного опору;

ρ_t – густина газового середовища в робочих умовах, кг/м³.

Для циклона ЦН-15 гідравлічний опір складає 700 Н/м²; коефіцієнт гідравлічного опору дорівнює 163 [29].

Густину газу, що підлягає очищенню при робочих умовах, розраховують за формулою:

$$\rho_t = \frac{\rho_0}{1 + T/273},$$

де ρ_t – густина газу при необхідній температурі, кг/м³;

ρ_0 – густина газового середовища в нормальних умовах, кг/м³;

T – робоча температура, К.

Густина газу, що підлягає очищенню, при робочих умовах складає:

$$\rho_t = \frac{1,25}{1 + (300 + 273)/273} = 0,403 \text{ кг/м}^3.$$

Тоді швидкість повітря в циклоні складає:

$$\nu = \sqrt{\frac{2 \cdot 700}{163 \cdot 0,403}} = 4,6 \text{ м/с}.$$

Визначаємо внутрішній діаметр циліндричної частини для необхідної продуктивності циклона:

$$D_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{20000}{0,785 \cdot 3600 \cdot 4,6}} = 1,24 \text{ м}.$$

За величиною внутрішнього діаметра, можна визначити його конструктивні параметри за допомогою довідкових таблиць [29].

Приклад 16. Розрахувати фільтр для вентиляційної установки продуктивністю 8000 м³/год. Концентрація пилу вугілля в повітрі 20 мг/м³.

Розв'язання. Згідно санітарним нормам припустима концентрація вугілля (пил, що не містить вільного оксиду кремнію) складає 10 мг/м³ (ГОСТ 12.1.005-88). Вміст пилу у приточному повітрі не повинен перевищувати 0,3 ГПК, тобто 3 мг/м³. Тоді коефіцієнт корисної дії за формулою (5.20) складає:

$$\eta = \frac{20 - 3}{20} 100 = 85\%.$$

За даними табл. 5.10 вибираємо масляний фільтр з кільцевої загрузкою, коефіцієнт корисної дії якого складає 95%.

Таблиця 5.10 – Характеристики фільтрів різних типів

Тип	Конструкція	$\eta, \%$	Питома загрузка, м ³ /год.
Тканинний	Плоский з марлі	50	500
	З бавовни	60 – 80	150
Масляний	З перфорованих коробок	90	6000
	З кільцевої загрузкою	90 – 95	4000 – 6000
Паперовий		90 – 95	4000 – 6000

Потрібна площа фільтру складає:

$$S = \frac{8000}{4000} = 2 \text{ м}^2.$$

Для очищення вентиляційного повітря від вугільного пилу потрібен масляний фільтр з площею 2 м².

5.4 Захист від шуму

Для зниження рівнів шуму на робочих місцях використовують різні заходи [3, 5, 9, 11, 16, 20, 21, 24]. Для боротьби з виробничим шумом застосовують такі основні заходи: зменшення шуму в його джерелі, звукоізоляцію, звукопоглинання, глушники, архітектурно-планувальні заходи, засоби індивідуального захисту. Методика розрахунку звукоізоляції джерела шуму або робочого місця наведено у прикладах 19 – 23, розрахунки звукопоглинання шуму – у прикладах 17, 18, 21, 23, розрахунок глушників – у прикладі 24.

Приклад 17. Рівень шуму в виробничому приміщенні, розміри якого довжина 10 м, ширина 8 м, висота 5 м, складає 90 дБ А. Підлога у приміщенні – бетонна плита, 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 ΔL визначається за наступною формулою [16]

$$\Delta L = 10 \lg (A_2/A_1), \quad (5.21)$$

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

Звукопоглинання приміщення визначається за формулою

$$A = S \cdot \alpha, \quad (5.22)$$

де S – площа поверхні, м²;

α – коефіцієнт поглинання матеріалу поверхні, одиниці поглинання.

Коефіцієнти поглинання матеріалів стін, стелі та підлоги наведено у табл. В.3 додатка В. Знаходимо коефіцієнти поглинання матеріалів стін (0,03), стелі (0,03) та підлоги (0,02).

Визначаємо за формулою (5.22) звукопоглинання приміщення до проведення обробки:

$$A_1 = 2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 0,03 + 2 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 0,03 + 10 \cdot 8 \cdot 0,03 + 10 \cdot 8 \cdot 0,02 = 9,4 \text{ одиниць поглинання.}$$

Визначаємо за формулою (5.22) звукопоглинання приміщення після акустичної обробки (обробки стін та стелі):

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

Зниження рівня шуму за формулою (5.21) складає

$$\Delta L = 10 \lg (236,4/9,4) = 14 \text{ дБ.}$$

Рівень шуму після обробки приміщення ($90 - 14 = 76$ дБА) відповідає нормативним вимогам до виробничих приміщень (табл. В.1 додатка В).

Приклад 18. Визначити оптимальну величину зазору між звукопоглинаючими перфорованими панелями і стіною, щоб забезпечити умову максимального звукопоглинання. Частота шуму джерела коливань 600 Гц, рівень шуму 87 дБ А, швидкість звуку у повітрі 340 м/с, товщина звукопоглинаючого шару 6 см. Визначити також ефективність звукоізоляції при масі одиниці площі панелі 10 кг/м^2 , стіни – 420 кг/м^2 .

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

$$l = \frac{\lambda}{4} - \frac{b}{2} = \frac{c}{4f} - \frac{b}{2}, \quad (5.23)$$

де λ – довжина хвилі, м;

c – швидкість звуку, м/с;

f – частота, Гц;

b – товщина панелі (перегородки), м.

Оптимальна величина зазору складає 0,11 м.

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

$$L = L_0 - [26 \lg (Q_1 + Q_2) - 6], \quad (5.24)$$

де L_0 – рівень шуму перед стіною, дБ;

Q_1 та Q_2 – відповідно маса першої і другої перегородки, кг/м^2 .

Рівень шуму за стіною (ефективність звукоізоляції) складає

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

Розрахунок підтвердив ефективність захисту від шуму.

Приклад 19. У механічному цеху знаходиться кілька джерел шуму, характеристика яких наведена в табл. 5.11. Запропонувати заходи щодо захисту працюючих від виробничого шуму.

Розв'язання. Сумарний рівень шуму визначають за формулою

$$\Sigma L = 10 \lg(10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_n}), \quad (5.25)$$

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

Таблиця 5.11 – Характеристика джерел шуму

Джерело шуму	Рівень звукової потужності, дБА	Відстань до розрахункової точки, м
1	119	6
2	112	8
3	122	12
4	115	6
5	114	4

Розрахуємо рівень шуму в кожному джерелі з урахуванням відстані до розрахункової точки за формулою

$$L_r = L_i - 10 \lg 2\pi r^2, \quad (5.26)$$

де L_r – рівень шуму в розрахунковій точці, дБ;

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

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

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

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

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

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

Сумарний рівень шуму визначають за формулою 5.25:

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

У результаті одержуємо, що рівень шуму в розрахунковій точці становить 99,7 дБА, що значно перевищує допустимий рівень (табл. В.1 додатка В). Розрахуємо необхідне зниження рівня шуму:

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

Для досягнення відповідності санітарно-гігієнічних умов нормативним вимогам можна використати звукоізолюючу перегородку [2, 20, 21]. Звукоізолюючу здатність однорідної перегородки, дБ, можна розрахувати за формулою [20]

$$R = 20 \lg(G f) - 60 \quad (5.27)$$

де G – маса 1 м^2 перегородки, кг;
 f – частота, Гц.

Для забезпечення необхідного огляду з пульта оператора вибираємо перегородку із скла товщиною 6 мм, маса 1 м^2 якої становить 16 кг (табл. В.4 додатка В.).

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

Звукоізолююча здатність такої перегородки, розрахована за формулою (5.27), для частоти 1000 Гц становить 24 дБ. Фактичний рівень шуму в цьому випадку складе 75,7 дБ, що відповідає нормативним вимогам.

Приклад 20. Порівняти ефективність зниження шуму на шляху його розповсюдження скрізь різні матеріали: бетон, залізобетон, сталь, силікатне та органічне скло.

Розв’язання. Для точних розрахунків звукоізоляції пропонують використовувати графічний метод [16]. Для орієнтованих розрахунків звукоізоляції плоских огорож з різних матеріалів пропонують використовувати формули, які наведено у табл. 5.12 [21].

Таблиця 5.12 – Формули для розрахунку звукоізоляції плоских огорож

Матеріал огорожі	Формула
Матеріал, маса (m) 1 м^2 якого складає 100 – 1000 кг/м ² (бетон, цегла)	$R = 22 \lg m - 12;$
Матеріал, маса (m) 1 м^2 якого більше 1000 кг/м ²	$R = 23 \lg m - 5;$
Сталь, товщиною $h = 1 - 10 \text{ мм}$	$R = 22 + 9 \lg h;$
Силікатне скло товщиною $h = 2 - 10 \text{ мм}$	$R = 18 + 8,5 \lg h;$
Органічне скло товщиною $h = 5 - 20 \text{ мм}$	$R = 12 + 12 \lg h$

Для спрощення порівняння ефективності зниження шуму розрахунки можна здійснити для маси огорожі 10 кг та товщини сталі та скла 10 мм. Звукоізоляція плоских огорож за формулами (табл. 5.12) складає: для бето-

ну – 10 дБ, для залізобетону – 18 дБ, для сталі – 31 дБ, для силікатного скла – 26,5 дБ, для органічного скла – 24 дБ.

Порівняння звукоізолюючої здатності матеріалів дозволяє визначити найбільш ефективну конструкцію пультів управління, екранів та огорож.

Приклад 21. 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 (табл. 5.12, силікатне скло), розв'язуючи її відносно товщини:

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

Приймаємо товщину 7 мм.

Скло у кожуха установки товщиною 7 мм забезпечить виконання нормативних умов до рівня шуму.

Приклад 22. Визначите зниження рівня звукового тиску установки при використанні звукоізолюючого кожуха товщиною 0,001 м. із внутрішнім облицюванням із технічної повсть товщиною 0,01 м. Коефіцієнт звукопоглинання повсть 0,4, металевого кожуха 0,01. Густина сталі прийняти рівної 7900 кг/м³, технічної повсть 330 кг/м³. Частота коливаль 500 Гц.

Розв'язання. Звукоізоляцію огороження одношарового або з декількох, жорстко пов'язаних між собою прошарків, дБ, можна розрахувати за формулою (5.27), при цьому масу 1 м² перегородки визначаємо виходячи з густини матеріалу шару та товщини.

$$R = 20 \lg [500(0,001 \cdot 7900 + 0,01 \cdot 330)] - 60 = 14,96 \text{ дБ}.$$

Ефективність кожуха, дБ, визначають за формулою:

$$\Delta L = R + 10 \lg \alpha,$$

де R – звукоізоляція стінок кожуха, дБ;

α – коефіцієнт звукопоглинання матеріалу кожуха, для двошарового кожуха визначають складанням коефіцієнтів звукопоглинання кожного прошарку.

Коефіцієнт звукопоглинання повсть 0,4, металевого кожуха 0,01, тобто сумарний коефіцієнт звукопоглинання матеріалу кожуха складає 0,41, ефективність кожуха – 11 дБ.

Приклад 23. Визначити звукоізолюючу спроможність кожуха для машини, що створює рівень шуму 90 дБ при частоті 1000 Гц. Площа поверхні машини $8,2 \text{ м}^2$, поверхні кожуха 10 м^2 . Звукоізоляція стінок кожуха 26 дБ.

Розв'язання. Допустимий рівень звуку для виробничих приміщень з постійними робочими місцями складає при частоті 1000 Гц 75 дБ (табл. В.3 додатку В). Ефективність кожуха, дБ, визначають за формулою [16]

$$\Delta L_{\hat{e}} = R_{\hat{e}} - 10 \lg \frac{S_{\hat{e}}}{S_o},$$

де R_k – звукоізолююча спроможність стінок кожуха, дБ;

S_k – площа поверхні кожуха, м^2 ;

S_o – площа поверхні машини, м^2 .

Ефективність кожуха складає 25 дБ. Необхідну звукоізоляцію кожуха, дБ, визначають за формулою [16]:

$$\Delta L_{\text{нòд}} = L - 10 \lg S_{\hat{e}} - L_{\text{аіі}} + 5,$$

де L – октавний рівень звукового тиску джерела шуму, дБ;

$L_{\text{доп}}$ – допустимий рівень звукового тиску, дБ.

В даному випадку необхідна звукоізоляція кожуха складає 11 дБ, тобто акустична ефективність кожуха достатня.

Приклад 24. Визначити розміри глушників різного типу, які використовують для зменшення шуму ділянки іспиту двигунів внутрішнього згорання для частоти 200 Гц. Відстань від джерела 2 км.

Розв'язання. Для зменшення аеродинамічних шумів найбільш ефективно використання глушників [3, 24]. Вони поділяються на активні (поглинають звукову енергію), реактивні (відбивають енергію назад до джерела) та комбіновані. За конструкцією вони розрізняються на пластинчаті, стільникові, камерні та резонансні. Гарної поглинальної здатністю для на усіх частотах володіють ті глушники, у яких велике відношення перетину каналу до його площі. Цим вимогам відповідають пластинчаті та стільникові глушники [5]. Визначимо їх розміри. На вихлопі використовується матеріал з коефіцієнтом поглинання 0,35; на всмоктуванні матеріал з коефіцієнтом поглинання 0,5. У пластинчатого глушника відстань між пластинами 0,35 м, глушник з стільників, розмір яких 0,4 м на 0,42 м. Зменшення шуму у каналу, дБ/м, визначають за формулою:

$$\delta = 1,1 \frac{\varphi(\alpha) P \ell}{S},$$

P – перетин каналу, м;
 l – довжина личкувальної частини каналу, м;
 $\varphi(\alpha)$ – ефективний коефіцієнт звукопоглинання личкування каналу (визначається за табл. 5.13);
 α – коефіцієнт поглинання личкування каналу.

Таблиця 5.13 – Ефективний коефіцієнт звукопоглинання

α	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\varphi(\alpha)$	0,1	0,2	0,35	0,5	0,65	0,9	1,2	1,6	2,0	4,0

Для пластинчатого глушника формула змінює вигляд, визначимо зменшення шуму на 1 м довжини з боку вихлопу:

$$\delta_1 = 2,2 \frac{\varphi(\alpha)}{a} = \frac{2,2 \cdot 0,42}{0,32} = 2,9 \text{ дБ/м}.$$

З боку всмоктування, де значення ефективного коефіцієнту звукопоглинання при $\alpha = 0,5$ складає $\varphi(\alpha) = 0,65$ (за табл. 5.13), тобто в 1,55 разів більше, чим з боку вихлопу, зменшення шуму на 1 м довжини з боку всмоктування буде $\delta_2 = 4,5$ дБ/м.

Для стільникового глушника при тих самих коефіцієнтах звукопоглинання зменшення шуму на 1 м довжини з боку вихлопу складає:

$$\delta_1 = 1,1 \frac{0,42 \cdot 2(0,4 + 0,42)}{0,4 \cdot 0,42} = 4,5 \text{ дБ/м},$$

а з боку всмоктування буде $\delta_2 = 7$ дБ/м.

Для того, щоб на відстані 2000 м шум не оказував впливу на людей зменшення шуму повинно складати 19 дБ (табл. 5.14).

Таблиця 5.14 – Зменшення шуму для звуку з частотою 200 Гц при вільному розповсюдженні звуку

Відстань, м	100	200	400	1000	2000	3000
Зменшення шуму, дБ	45	39	33	25	19	13

Загальна довжина пластинчатого глушника з боку вихлопу повинна бути $19/2,9 = 6,7$ м, а з боку всмоктування 4,2 м. Для стільникового глушника – відповідно 4,2 та 2,7 м. Розрахунки показали, що розміри стільникового глушника менше.

5.5 Захист від вібрації

Заходи зменшення впливу вібрації на людину поділяються на колективні та індивідуальні [3, 20, 24]. Колективні заходи, в свою чергу, поділяються на заходи щодо зниження вібрації в джерелі виникнення (зменшення параметрів вібрації, відлагодження від резонансних режимів) та заходи зниження вібрації на шляху її розповсюдження. Зниження вібрації на шляху її розповсюдження досягається за рахунок демпфірування, динамічного гасіння та віброізоляції. Методика розрахунку демпфірування наведено у [24]. Розрахунок пружинних та гумових віброізоляторів наведено у прикладах 25 – 26. Розрахунок динамічного гасіння фундаментом наведено у прикладі 27.

Приклад 25. Розрахувати віброізольовану основу відцентрового вентилятора з клинопасовою передачею від електродвигуна, встановленого на важкому залізобетонному перекритті. Швидкість обертання вентилятора 420 хв.⁻¹, електродвигуна — 975 хв.⁻¹. Маса всієї установки (вентилятора, електродвигуна, шківа) — 2055 кг. Ексцентриситет обертових деталей вентилятора складає 0,2 мм. Вага обертових частин вентилятора складає 5000 Н.

Розв’язання. Оскільки швидкість обертання вентилятора менше швидкості обертання електродвигуна, то за розрахункову швидкість приймаємо швидкість обертання вентилятора, тобто 420 хв.⁻¹.

Для зниження вібрацій, що передаються на несучу конструкцію, застосовуються пружинні або гумові віброізолятори. Для агрегатів, що мають швидкість обертання менше 1800 хв.⁻¹, слід застосовувати пружинні віброізолятори; при швидкості обертання понад 1800 хв.⁻¹ допускається застосування і гумових віброізоляторів [20]. Вибираємо пружинні віброізолятори.

Необхідну ефективність віброізоляції знаходимо за табл. 5.15 – для вентилятору зі швидкістю обертання 420 хв.⁻¹ вона складає 20 дБ.

Необхідна вага віброізольованої установки, в Н, розраховується за формулою:

$$P_H \geq \frac{2.5 \varepsilon P_{iA.A.}}{A_{AII}},$$

де $P_{об.д}$ – вага деталей, що обертаються, Н;

ε – ексцентриситет обертових деталей, мм;

$A_{доп}$ – максимально допустима амплітуда зміщення центру ваги установки (наближено береться за даними табл. 5.16 [20]), мм.

Максимально допустима амплітуда зміщення центру ваги установки при швидкості обертання 420 хв.⁻¹ складає 0,18 мм.

Таблиця 5.15 – Необхідна ефективність віброізоляції

Обладнання	Необхідна ефективність віброізоляції
Відцентрові компресори	34
Поршневі компресори потужністю, кВт:	
до 10	17
від 10 до 50	20
від 50 до 100	26
Відцентрові насоси	26
Вентилятори з числом обертів, хв ⁻¹ :	
більше 800	26
від 500 до 800	20 – 26
від 350 до 500	17 – 20
від 200 до 350	11 – 20

Таблиця 5.16 – Допустима амплітуда зміщення центру ваги установки

Швидкість обертання, хв. ⁻¹	300	400	500	600	700	900	1200	1500	2000
Допустима амплітуда зміщення, мм	0,2	0,18	0,16	0,145	0,13	0,11	0,09	0,07	0,04

Визначаємо мінімальну необхідну вагу віброізолюваної установки:

$$P_H \geq \frac{2,5 \cdot 0,2 \cdot 5000}{0,18} = 13900 \text{ Н.}$$

Оскільки маса агрегату (2055 кг) більша, ніж необхідна маса установки (1390 кг), то як агрегат може бути використана зварена рама. Орієнтовно масу рами можна приймати рівною до 0,4 від маси всієї установки. Приймаємо масу рами 540 кг. Для даного випадку загальна маса буде складати:

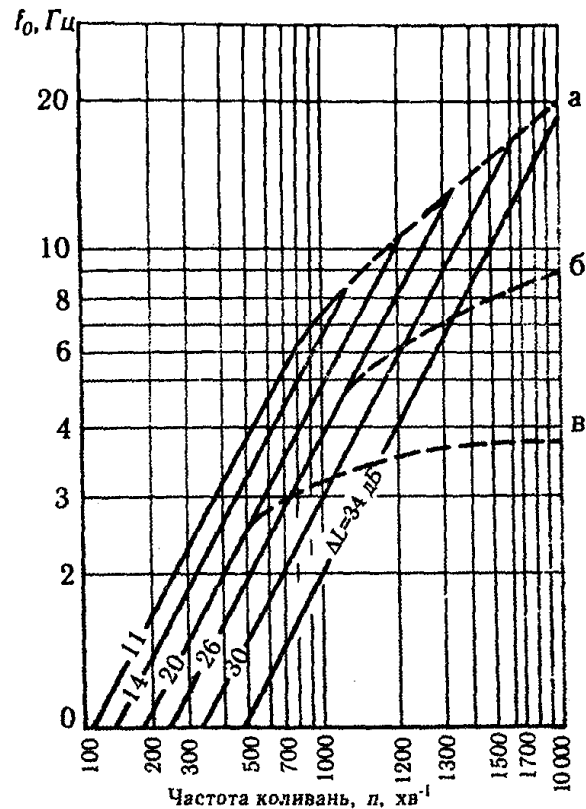
$$m = m_0 + m_p = 2055 + 540 = 2595 \text{ кг.}$$

Визначаємо необхідну сумарну жорсткість віброізоляторів у вертикальному напрямку, Н/м, за формулою:

$$K_{z1} = \omega_0^2 m = 4 \pi^2 f_{0\text{дп}}^2 m, \quad (5.28)$$

де ω – допустима колова частота власних коливань, с⁻¹.

$f_{0 \text{ доп}}$ – допустима частота власних коливань (визначається за рис. 5.2), Гц.



- а – для підвальних поверхів;
- б – для залізобетонних міжповерхових перекриттів;
- в – для легких бетонних перекриттів

Рис. 5.2 Визначення допустимої частоти власних вертикальних коливань віброізольованої установки

За графіком рис. 5.2 визначаємо допустиму частоту власних вертикальних коливань віброізольованої установки при необхідній ефективності віброізоляції 20 дБ та швидкості обертання 420 хв.^{-1} . Вона складає 2,2 Гц.

Необхідна сумарна жорсткість віброізоляторів у вертикальному напрямку за формулою (5.28) складає:

$$K_{z_i} = 4 \pi^2 \cdot 2,2^2 \cdot 2595 = 496000 \text{ Ї /і} .$$

Розрахункове максимальне навантаження на одну пружину, в Н, визначається за формулою:

$$P_{\text{max.дісд}} = D_{\text{пд}} + 1,5 \cdot 10^{-3} \frac{4 \pi^2 f^2 A_{\text{аіі}}}{g} P_{\text{пд}} ,$$

де $P_{ст}$ – статичне навантаження на одну пружину, Н;
 f – розрахункова частота змушувальної сили, Гц;
 $A_{доп}$ – максимальна допустима амплітуда зміщення (визначається за табл. 5.16), мм;
 g – прискорення вільного падіння, m/c^2 , $g = 9,81 m/c^2$.
Визначаємо частоту змушувальної сили за формулою:

$$f = \frac{n}{60} = \frac{420}{60} = 7 \text{ Гц}$$

Статичне навантаження на одну пружину, в Н, визначається за формулою:

$$D_{н0} = \frac{P}{n m},$$

де P – загальна вага установки, Н;
 n – число віброізоляторів;
 m – число пружин в одному віброізоляторі.

Число пружин у кожному кущовому віброізоляторі приймаємо рівним двум ($m=2$), мінімальне число віброізоляторів дорівнює чотири ($n=2$), визначаємо статичне та максимально навантаження на одну пружину:

$$P_{н0} = \frac{2595 \cdot 9,81}{2 \cdot 4} = 3182 \text{ Н},$$

$$P_{\text{max.дiцд}} = 3182 + \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 7^2 \cdot 0,18}{9,81} 3182 = 3330 \text{ Н}.$$

Визначаємо допустиму жорсткість однієї пружини, Н/м, за формулою:

$$K_H = \frac{K_{zi}}{n m} = \frac{496000}{2 \cdot 4} = 61500 \text{ Н/м}.$$

При такому навантаженні можна підібрати пружину (за табл. 5.5 [20]): це типова пружина ДО-45, для якої:

$$P_{\text{max}} = 3800 \text{ Н} > P_{\text{max.дiцд}} = 3330 \text{ Н};$$

$$K_Z = 45000 \text{ Н/м} < K_H = 61500 \text{ Н/м}.$$

Параметри пружини ДО-45 (за табл. 5.5 [20]): діаметр дроту 15 мм; діаметр пружини 120 мм; число робочих витків 6,5; висота пружини в навантаженому стані 245 мм; повна висота дроту 3032 мм.

Визначаємо ефективність віброізоляції, дБ, за формулою:

$$\Delta L = 20 \lg \left(\frac{f^2}{f_0^2} - 1 \right), \quad (5.29)$$

де f – частота змушувальної сили, Гц;

f_0 – частота власних вертикальних коливань установки, Гц.

Частота власних вертикальних коливань установки, Гц, визначають за формулою

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_z g}{P_{\text{н\o}}}}, \quad (5.30)$$

де K_z – жорсткість обраної пружини, Н/м.

Частота власних вертикальних коливань установки складає:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_z g}{P_{\text{н\o}}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{45000 \cdot 9,81}{3182}} = 1,9 \text{ Гц.}$$

Тоді ефективність віброізоляції складає:

$$\Delta L = 20 \lg \left(\frac{7^2}{1,9^2} - 1 \right) = 22 \text{ дБ.}$$

Отримане значення ΔL повинне бути не меншим, ніж необхідне значення, яке наведено в табл. 5.15 (для даного вентилятору це 20 дБ). Умова виконується – віброізолятор підібрали вірно.

Приклад 26. Розрахувати гумові прокладки під вентилятор зі швидкістю обертання 3000 хв.^{-1} (50 Гц), з'єднаний клинопасовою передачею з електродвигуном зі швидкістю обертання 970 хв.^{-1} . Вага всієї установки 33300 Н. Вентилятор встановлений на важкому залізобетонному перекритті.

Розв'язок. Метою розрахунку є вибір марки гуми та визначення висоти віброізоляторів та їхніх поперечних розмірів (діаметра циліндра або сторони квадрата) [20].

Площа поперечного перетину всіх віброізоляторів S , м^2 , та висота кожного віброізолятору H_p , м, визначається за формулами:

$$S = \frac{P}{\sigma}, \quad H_p = \frac{E_g S}{K_{z i}}$$

де P – загальна вага віброізолюваної установки, Н;

σ – розрахункове статичне напруження в гумі, Н/м²;

E_g – динамічний модуль пружності гуми з натурального каучуку, Н/м²;

$K_{z n}$ – необхідна сумарна жорсткість віброізоляторів у вертикальному напрямку, Н/м.

Характеристики гуми для віброізоляторів наводяться в довідковій літературі [20, 24]: розрахункове статичне напруження в гумі $5 \cdot 10^5$ Н/м²; твердість гуми $74 \cdot 10^5$ Н/м², динамічний модуль пружності $166 \cdot 10^5$ Н/м².

Необхідну сумарну жорсткість віброізоляторів у вертикальному напрямку визначаємо за формулою (5.28), при цьому допустиму частоту власних коливань вибираємо залежно від величини $\Delta L = 26$ дБ (табл. 5.15) за рис. 5.2 – $f_{0 \text{ доп}} = 11$ Гц:

$$K_{z i} = 4 \pi^2 f_{0 \text{ доп}}^2 m = 4 \pi^2 \cdot 11^2 \frac{33300}{9,8} = 162 \cdot 10^5 \text{ Н/і} .$$

Визначаємо площу поперечного перетину та робочу висоту:

$$S = \frac{33300}{5 \cdot 10^5} = 6,65 \cdot 10^{-2} \text{ і}^2; \quad H_p = \frac{166 \cdot 10^5 \cdot 6,65 \cdot 10^{-2}}{162 \cdot 10^5} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ і} .$$

Приймаємо кількість віброізоляторів $n = 6$.

Площа кожного віброізолятора складає:

$$S_i = \frac{6,65 \cdot 10^{-2}}{6} = 1,11 \cdot 10^{-2} \text{ і}^2 .$$

Розмір сторони квадрата (призматичний стовпчик) складає:

$$\delta = \sqrt{1,11 \cdot 10^{-2}} = 1,06 \cdot 10^{-1} \text{ і} .$$

Умови стійкості гумового віброізолятора:

$$1,5 H_p \leq \delta \leq 8 H_p .$$

Якщо ця умова не виконується, необхідно взяти гуму з іншою жорсткістю або відмовитись від гумових віброізоляторів і вибрати пружинні.

Перевіряємо виконання умови стійкості віброізолятора:

$$1,5N_p = 1,5 \cdot 7 \cdot 10^{-2} = 0,105 \leq \delta = 0,106 \leq 8 N_p = 8 \cdot 7 \cdot 10^{-2} = 0,56.$$

Умова стійкості виконується.

Визначаємо повну висоту віброізолятора:

$$H = N_p + \frac{1}{8} \delta = 7 \cdot 10^{-2} + \frac{1,06 \cdot 10^{-1}}{8} = 0,84 \cdot 10^{-1} \text{ м}.$$

Перевіряємо ефективність віброізоляції за формулою (5.29). Частота змушувальної сили складає 50 Гц, а для визначення частоти власних вертикальних коливань установки розрахуємо загальну жорсткість всіх віброізоляторів, Н/м:

$$K_z = \frac{E_g S}{N_p} = \frac{166 \cdot 10^5 \cdot 6,65 \cdot 10^{-2}}{7 \cdot 10^{-2}} = 158 \cdot 10^5 \text{ Н/м}.$$

Частота власних вертикальних коливань установки за формулою (5.30) складає:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_z g}{P_{\text{н0}}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{158 \cdot 10^5 \cdot 9,81}{33300}} = 11 \text{ Гц}.$$

Тоді ефективність віброізоляції за формулою (5.28) складає:

$$\Delta L = 20 \lg \left(\frac{50^2}{11^2} - 1 \right) = 26 \text{ дБ}.$$

Отримане значення ΔL не менше, ніж вибране раніше за табл. 5.15. Розрахунок закінчено.

Приклад 27. Розрахувати віброізоляцію вібромайданчика та віброгазний фундамент, забезпечивши дотримання допустимих параметрів вібрації робочих місць. Виконати два варіанти влаштування віброізоляції – пружинні віброізолятори та пневмогумові амортизатори. Визначити ефективність розрахованих віброізолювальних пристроїв. Вібромайданчик з вертикально спрямованим напрямком коливань має вантажопідймальність 10 т; загальна вага 13860 Н, в тому числі вага рухомих частин 11300 Н; частота коливань 50 Гц; максимальний кінетичний момент дебалансів 5200 Н·см, амплітуда коливань віброплатформи 0,5 мм, розмір віброплатформи 6 м на 2,2 м; ґрунт – пісок дрібний, мало вологий.

Розв'язання. Розрахуємо віброізоляцію із застосуванням пружинних віброізоляторів [13, 20]. Динамічну силу, яка створювана дебалансами вібраторів, в Н, можна визначити за формулою:

$$F = \frac{M \omega^2}{g} = \frac{4 M \pi^2 f^2}{g},$$

де ω – колова частота вібраторів, с^{-1} ;

M – максимальний кінетичний момент дебалансів, Н·м;

f – частота змушуючої сили, Гц.

Динамічна сила, яка створювана дебалансами вібраторів, складає:

$$F = \frac{4 \cdot 520000 \cdot \pi^2 \cdot 50^2}{9,81} = 522629 \text{ Н}.$$

Коефіцієнт передачі при гармонійних коливаннях без врахування затухання у віброізоляторах можна визначити за формулою:

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1}, \quad (5.31)$$

де f_0 – власна частота системи, Гц.

Власна частота системи, Гц, визначається з відношення:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K g}{F}} = \frac{5}{\sqrt{\lambda_{\text{ст}}}},$$

де m – маса віброізолюваного об'єкта, кг;

K – жорсткість віброізоляторів, Н/м;

F – силове навантаження на віброізолятори, Н;

$\lambda_{\text{ст}}$ – статична деформація віброізоляторів (приймають 0,3 – 0,5 см), см.

Приймаємо статичну деформацію віброізоляторів рівної 0,5 см, тоді власна частота системи складає:

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{\lambda_{\text{ст}}}} = \frac{5}{\sqrt{0,5}} = 7,07 \text{ Гц}.$$

Коефіцієнт передачі за формулою (5.31) складає:

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{50}{7,05}\right)^2 - 1} = \frac{1}{49}.$$

Динамічна сила, що передається на основу (фундамент), складає:

$$F_{\delta} = F \mu = \frac{522629}{49} = 10666 \text{ Ї}.$$

Визначаємо масу основи (фундаменту):

$$m_{\delta} = \frac{P - P_{\text{д.х.}}}{g} = \frac{13860 - 11300}{9,81} = 261 \text{ єã.}$$

Приймаємо мінімальні розміри основи вібромайданчика 500 см на 200 см, тобто площа складає 100000 см^2 і розраховуємо коефіцієнт жорсткості природної основи за заданим ґрунтом – піском дрібним мало вологим. Властивості різних типів ґрунтів наведено в табл. 5.17 [13, 20]. Для піску дрібного мало вологого при допустимому нормативному тиску $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ коефіцієнт пружного рівномірного стиснення складає 40 Н/см^3 .

Таблиця 5.17 – Допустимий нормативний тиск на ґрунт

Тип ґрунту	Допустимий нормативний тиск на ґрунт $R \cdot 10^5$, Па
Піски крупні	3,5 – 4,5
Піски середньої крупності	2,5 – 3,5
Піски дрібні мало вологі	2 – 3
Піски дрібні насичені водою	2,5 – 1,5
Піски пиловидні мало вологі	2,0 – 2,5
Піски пиловидні дуже вологі	1,5 – 2,0
Піски пиловидні насичені водою	1,0 – 1,5
Супіщаний при коефіцієнті пористості 0,5	3
Супіщаний при коефіцієнті пористості 0,7	2
Суглинки при коефіцієнті пористості 0,5	2,5 – 3,0
Суглинки при коефіцієнті пористості 0,7	1,8 – 2,5
Суглинки при коефіцієнті пористості 1,0	1 – 2

Примітка: допустимий нормативний тиск на ґрунт $R \cdot 10^5$, Па, відповідає наступним значенням коефіцієнту пружного рівномірного стиснення C_z , Н/см^3 : при $R=1$ $C_z=20$, при $R=2$ $C_z=40$, при $R=3$ $C_z=50$, при $R=4$ $C_z=60$, при $R=5$ $C_z=70$.

Коефіцієнт жорсткості природної основи (фундаменту) складає:

$$K_{\delta} = S_{\delta} C_z = 10^5 \cdot 40 = 4 \cdot 10^6 \text{ Ї / ññ} .$$

Частота власних вертикальних коливань вібромайданчика визначаємо за формулою (5.30):

$$f_{\delta} = \frac{1}{2 \pi} \sqrt{\frac{K_{\delta} g}{P_{\text{N}\delta}}} = \frac{1}{2 \pi} \sqrt{\frac{K_{\delta}}{m_{\delta}}} = \frac{1}{2 \pi} \sqrt{\frac{4 \cdot 10^6}{261}} = 21,6 \text{ Æö}$$

Амплітуда переміщення основи вібромайданчика складає:

$$A_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{K_{\delta} \left(\frac{f^2}{f_{\delta}^2} - 1 \right)} = \frac{10666}{4 \cdot 10^6 \left(\frac{50^2}{21,6^2} - 1 \right)} = 0,00061 \text{ ññ} = 0,0061 \text{ ññ} .$$

Таким чином, при застосуванні пружинних віброізоляторів амплітуда переміщення основи вібромайданчика не перевищує допустиме значення – 0,0282 мм (табл. В.5 додатку В).

Розрахуємо віброізоляцію із застосуванням пневмогумових амортизаторів. Власну частоту коливань вібромайданчика, встановленого на пневмогумових амортизаторах визначають за формулою [20]:

$$f_0 = \frac{1}{2 \pi} \sqrt{\frac{C_{\text{I}} + C_{\text{A}} + C_{\text{A}}}{m_{\delta, \div}}} = \frac{S}{2 \pi} \sqrt{\frac{1,41 P_0}{m_{\delta, \div} V}} ,$$

де C_{I} – жорсткість від зміни ефективної площі, Н/м;

C_{E} – жорсткість пружного пневмоелемента, Н/м;

$C_{\text{Г}}$ – жорсткість гумовокордової оболонки, Н/м;

$m_{\text{р.ч}}$ – маса рухомих частин, кг;

P_0 – робочий тиск у пневмогумовому амортизаторі (приймають в розрахунках робочий тиск у камерах $6 \cdot 10^4$ Па), Па;

V – об'єм камери пневмогумового амортизатора (приймають $0,4 \text{ м}^3$), м^3 ;

S – загальна ефективна площа встановлених пневмогумових амортизаторів (приймають $1,5 \text{ м}^2$), м^2 .

Власна частота коливань вібромайданчика складає:

$$f_0 = \frac{1,5}{2\pi} \sqrt{\frac{1,41 \cdot 6 \cdot 10^4 \cdot 9,81}{11300 \cdot 0,4}} = 3,3 \text{ \AA}.$$

Визначаємо коефіцієнт передачі пневмогумових амортизаторів за формулою (5.31):

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{50}{3,3}\right)^2 - 1} = \frac{1}{229}.$$

Динамічна сила, що передається на основу (фундамент), складає:

$$F_0 = F\mu = \frac{522629}{229} = 2282 \text{ \AA}.$$

Амплітуда переміщення основи вібромайданчика складає:

$$A_0 = \frac{F_0}{K_0 \left(\frac{f^2}{f_0^2} - 1\right)} = \frac{2282}{4 \cdot 10^6 \left(\frac{50^2}{21,6^2} - 1\right)} = 0,00013 \text{ \AA} = 0,0013 \text{ \AA}.$$

Таким чином, при використанні пневмогумових амортизаторів амплітуда переміщень фундаменту не перевищує допустимої величини (табл. В.5 додатку В).

Розрахунки показали, що пневмогумові амортизатори більш ефективні, оскільки коефіцієнт передачі пружинних амортизаторів $1/49$, а пневмогумових амортизаторів – $1/229$. При використанні пневмогумових амортизаторів немає потреби влаштовувати дорогі та складні при виготовленні фундаменти.

5.6 Виробниче освітлення

Розрізняють природне та штучне освітлення приміщень. Розрахунок природного освітлення наведено у прикладах 29,30 та літературі [3, 5, 20]. Для розрахунку штучного освітлення використовують 2 метода: метод використання світлового потоку [20, 21] та точковий метод [5, 20]. Методом використання світлового потоку розраховують загальне освітлення приміщення (приклад 28).

Приклад 28. Розрахувати освітлення приміщення механічного цеху. Розміри приміщення: довжина $A = 120$ м, ширина $B = 80$ м, висота $H = 10,8$ м. Коефіцієнти відбиття стелі – 50%, стін – 30%. Для освітлення використані світильники з лампами типу ДРЛ.

Розв'язання. Систему освітлення розраховуємо методом світлового потоку.

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

$$F_{\text{л}} = \frac{100 E_{\text{н}} S K Z}{\eta n}, \quad (5.32)$$

де $E_{\text{н}}$ – нормоване значення освітленості горизонтальної робочої поверхні, лк (визначається за додатком Г, табл. Г.1);

S – площа приміщення, м²;

K – коефіцієнт запасу, $K = 1,5$ (визначається за додатком Г, табл. Г.13);

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

η – 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 (визначається за додатком Г, табл. Г.15).

Індекс приміщення знаходимо за формулою

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\text{р}} (A + B)}, \quad (5.33)$$

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

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

Для розрахунку системи освітлення необхідно вибрати схему розташування світильників й, виходячи зі схеми, визначити їх кількість. Найбільше часто використовуються схеми квадратного або прямокутного розміщення світильників. Відстань між світильниками L визначають за даними табл. 5.18, у якій наведені оптимальні відношення L до висоти підвісу світильника $H_{\text{р}}$ над робочою поверхнею. За величиною L для даної схеми розташування світильників визначають кількість світильників по довжині й ширині приміщення, а також їх загальну кількість – n .

Висота підвісу світильника у нашому випадку складає $H_{\text{р}} = 10$ м (висота робочої поверхні приймаємо 0,8 м).

Для світильника з лампами ДРЛ та високих приміщень ($H = 10,8$ м) за табл. 5.18 приймаємо оптимальне відношення відстані між світильниками-

ми L до висоти підвісу світильника H_p над робочою поверхнею рівним $0,8$ та знаходимо L

$$L = 0.8 \cdot H_p = 0.8 \cdot 10 = 8 \text{ м.}$$

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

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

Таблиця 5.18 – Оптимальні відносні відстані між світильниками

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

Примітка. * Світильники з лампами розжарювання

Кількість світильників по ширині цеху:

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

Загальна кількість світильників:

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

Розрахуємо за формулою (5.33) індекс приміщення:

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

Знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку для світильників з лампами ДРЛ по табл. Г.15 додатку Г (коефіцієнти відбиття стелі 50%, стін – 30%). Коефіцієнт використання складає 70%.

Розраховуємо за формулою (5.32) 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.16 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 4 лампи: ДРЛ-250 ($F_{\text{л}} = 10000$ лм, $W_{\text{л}} = 250$ Вт).

Визначаємо фактичну освітленість:

$$E_{\text{факт.}} = \frac{F_{\text{факт.}} \cdot E_{\text{л}}}{F_{\text{н}}}} = \frac{4 \cdot 10000 \cdot 300}{39223} = 306 \text{ лк.}$$

Відхилення фактичної освітленості від нормованої складає

$$\Delta E = \left| \frac{E_{\text{ф}} - E_{\text{н}}}{E_{\text{н}}} \right| 100\% = \left| \frac{306 - 300}{300} \right| 100\% = 2\% ,$$

що відповідає вимогам.

Визначаємо загальну потужність освітлювальної установки:

$$W = 4 \cdot 250 \cdot 150 = 150 \text{ кВт.}$$

Розрахована система загального освітлення забезпечує виконання нормативних вимог.

Приклад 29. Розрахувати бокове одностороннє природне освітлення для виробничої дільниці з розмірами $L = 120$ м $B = 30$ м і висотою $H = 5$ м; Висота робочої поверхні $h_p = 0,9$ м. Будівля знаходиться в місті Донецьку (IV світловий пояс) і навпроти вікон дільниці, що зорієнтовані на захід, немає затіняючих об'єктів. У виробничій діяльності виконуються роботи високої точності (III розряд, підрозряд б). Вікна виготовлені з подвійних дерев'яних рам, в яких вставлено віконне листове скло, світлозахисні пристрої відсутні. Розміри вікон: 1,8x2,4 м. Вікна розташовані на висоті 1,5 м від підлоги, відстань від розрахункової точки до стіни становить 15 м.

Розв'язання. Попередній розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових прорізів за формулами:

при односторонньому освітленні приміщення

$$100 \frac{S_{\hat{a}}}{S_{\hat{i}}} = \frac{e_{\hat{i}} K_{\zeta} \eta_{\hat{a}} K_{\acute{a}\acute{o}\acute{a}}}{\tau_{\hat{i}} r_1}; \quad (5.34)$$

при верхньому освітленні

$$100 \frac{S_{\hat{e}}}{S_{\hat{i}}} = \frac{e_{\hat{i}} K_{\zeta} \eta_{\hat{e}}}{\tau_{\hat{i}} r_2 \hat{E}_{\hat{e}}}; \quad (5.35)$$

де $S_{\hat{a}}$ — площа вікон;

$S_{\hat{i}}$ — площа підлоги;

$e_{\hat{i}}$ — нормоване значення КПО (визначається за додатком Г, табл.

Г.1);

K_{ζ} — коефіцієнт запасу (для виробничих приміщень $K_{\zeta}=1,3 - 1,5$);

$\eta_{\hat{a}}$ — світлова характеристика вікон (визначається за додатком Г,

табл. Г.2);

$K_{\acute{a}\acute{o}\acute{a}}$ — коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, які розташовані навпроти (визначається за додатком Г, табл. Г.3);

τ_0 — загальний коефіцієнт світло пропускання;

r_1 — коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення ; (визначається за додатком Г, табл. Г.6);

$S_{\hat{e}}$ — площа ліхтарів;

$\eta_{\hat{e}}$ — світлова характеристика ліхтарів (визначається за додатком Г, табл. Г.7);

r_2 — коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при верхньому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення (визначається за табл. ДБН В.2.5-28-2006 та СНиП 11-4-79);

$\hat{E}_{\hat{e}}$ — коефіцієнт, що враховує тип ліхтаря (визначається за табл. ДБН В.2.5-28-2006 та СНиП 11-4-79).

Загальний коефіцієнт світлопропускання визначається за формулою:

$$\tau_{\hat{i}} = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (5.36)$$

де τ_1 — коефіцієнт світлопропускання матеріалу ((визначається за додатком Г, табл. Г.5);

τ_2 — коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі ((визначається за додатком Г, табл. Г.5);

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні $\tau_3 = 1$; при верхньому – визначається за додатком Г, табл. Г.5);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (визначається за додатком Г, табл. Б.);

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (приймається рівним 0,9).

Значення коефіцієнта r_l визначається за табл. Г.6, додатка Г залежно від параметрів приміщення та середнього коефіцієнта відбиття $\rho_{\text{ср}}$ стелі, стін, підлоги, який визначається за формулою:

$$\rho_{\text{н}} = \frac{\rho_{\text{н}0\text{а}0\text{а}0\text{а}} S_{\text{н}0\text{а}0\text{а}0\text{а}} + \rho_{\text{н}0\text{з}} S_{\text{н}0\text{з}} + \rho_{\text{г}0\text{а}0\text{а}0\text{а}} S_{\text{г}0\text{а}0\text{а}0\text{а}}}{S_{\text{н}0\text{а}0\text{а}0\text{а}} + S_{\text{н}0\text{з}} + S_{\text{г}0\text{а}0\text{а}0\text{а}}}, \quad (5.37)$$

де $\rho_{\text{н}0\text{а}0\text{а}0\text{а}}, \rho_{\text{н}0\text{з}}, \rho_{\text{г}0\text{а}0\text{а}0\text{а}}$ — відповідні коефіцієнти відбиття;

$S_{\text{н}0\text{а}0\text{а}0\text{а}}, S_{\text{н}0\text{з}}, S_{\text{г}0\text{а}0\text{а}0\text{а}}$ — відповідні площі поверхонь.

Визначені за допомогою розрахунку розміри світлових прорізів допускається змінювати на (+5), (-10)%.

Нормовані значення КПО визначаються відповідно до ДБН В.2.5 – 28 - 2006 та СНиП 11-4-79. З метою врахування особливостей світлового клімату в різних географічних пунктах вся територія колишнього СРСР поділена на 5 поясів світлового клімату (додаток Г, табл. Г.1).

Нормоване значення КПО (e_n) для будівель, що розміщені в I, II, IV та V поясах світлового клімату, визначається за формулою:

$$e_i = e_i^{\text{III}} m C \quad (5.38)$$

де e_i^{III} — значення КПО (визначається за додатком Г, табл. Г.1);

m — коефіцієнт світлового клімату;

C — коефіцієнт сонячності клімату (визначається за додатком Г, табл. Г.4).

Територія Кримського півострова належить до V поясу світлового клімату, решта території України — до IV. Коефіцієнт m для IV та V поясів світлового клімату становить відповідно 0,9 та 0,8.

Виходячи з формули 5.34, необхідна площа вікон визначається за формулою:

$$S_{\hat{a}} = \frac{e_i K_{\text{С}} S_i}{\tau_1 r_1 100}$$

Визначимо спочатку необхідні для розрахунку значення.

Нормоване значення КПО знайдемо, скориставшись табл. Г.1 додатку Г:

$$e_i = e_i^{22} \text{ m C} = 2 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,44\%$$

Приймаємо коефіцієнт запасу $K_3 = 1,3$. Значення світлової характеристики вікон η_e визначається відношеннями $L/B = 120/30 = 4$ та $B/h = 30/3 = 10$ (рис. 5.3 а). За табл. Г.2 знаходимо $\eta_e = 12,5$. Площа підлоги виробничої ділянки становить $S_{\Pi} = 3600 \text{ м}^2$. Оскільки вікна не мають світлозахисних пристроїв приготвлені з подвійних дерев'яних рам, в яких вставлено віконне листове скло, то за знайденими в табл. Г.5 значеннями визначаємо загальний коефіцієнт світлопропускання вікон:

$$\tau_1 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,48.$$

Визначаємо середній коефіцієнт відбиття приміщення:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{ст}} S_{\text{ст}} + \rho_{\text{ст}} S_{\text{ст}} + \rho_{\text{ст}} S_{\text{ст}}}{S_{\text{ст}} + S_{\text{ст}} + S_{\text{ст}}} =$$

$$= \frac{0,7 \cdot 3600 + 0,5 \cdot 1500 + 0,1 \cdot 3600}{3600 + 1500 + 3600} = 0,42$$

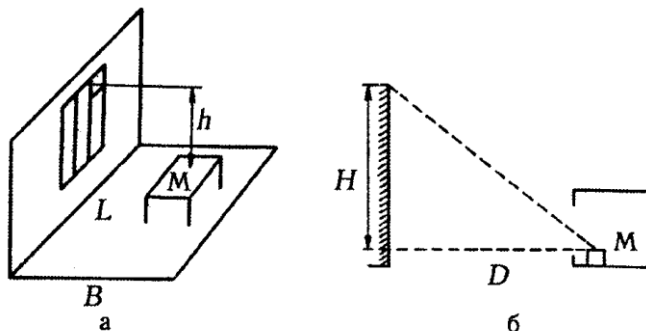


Рис. 5.3 – Природне бокове освітлення приміщення:
а — світлова характеристика вікна; б — затінення вікна будівлею

Для визначення коефіцієнта r_1 розрахуємо значення параметрів, що характеризують приміщення:

$$B/h = 30/3 = 10;$$

$$l/B = 15/30 = 0,5;$$

$$L/B = 120/30 = 4.$$

За табл. Г.6 визначаємо коефіцієнт $r_1 = 1,5$

Підставивши попередньо знайдені значення визначаємо необхідну площу вікон виробничої ділянки:

$$S_{\hat{a}} = \frac{1,44 \cdot 1,3 \cdot 12,5 \cdot 3600}{0,48 \cdot 1,5 \cdot 100} = 1170 \text{ м}^2$$

В приміщенні встановлені вікна з розміром 1,8 x 2,4 м, тоді площа одного вікна становитиме $S_B^1 = 4,32 \text{ м}^2$. Визначимо необхідну кількість вікон:

$$n = \frac{S_B}{S_B^1} = \frac{1170}{4,32} = 270,8$$

Приймаємо 271 вікно.

Приклад 30. Розрахувати верхнє природне освітлення, що здійснюється за допомогою ліхтарів з вертикальним двобічним осклінням, для виробничого цеху довжиною $L = 100$ м, шириною $B = 20$ м і висотою $H = 10,8$ м, який складається з чотирьох прольотів шириною $l_1 = 25$ м.; висота умовної робочої поверхні $h_p = 0,7$ м. Будівля знаходиться у місті Краматорську (IV світловий пояс). У виробничій діяльності виконуються зорова робота грубої та, що потребує загального спостереження за виробничим процесом.

Розв'язання. Необхідне співвідношення площі ліхтарів до площі приміщення визначається за формулою (1.38):

$$\frac{S_{\hat{e}}}{S_i} = \frac{\hat{a}_i \hat{E}_c \eta_{\hat{e}}}{\tau_{\hat{1}} r_2 \hat{E}_{\hat{e}} 100}$$

Визначимо спочатку необхідні для розрахунку значення.

Нормоване значення КПО знаходимо за таблицею Г.1 додатка Г та за формулою 5.38 розраховуємо коефіцієнт природної освітленості для IV світлового клімату

$$e_{\text{н}}^{\text{I,II,IV,V}} = e_{\text{н}}^{\text{III}} \text{ м с} = 2 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 1,62.$$

Приймаємо коефіцієнт запасу $K_3 = 1,5$.

Значення світлової характеристики ліхтарів $\eta_{\text{л}}$ визначається за допомогою таблиці Г.2 додатка Г й потребує попереднього визначення відношення довжини приміщення до ширини прольоту $L_{\text{п}}/l_1 = 100/25 = 4$ та відношення висоти приміщення до ширини прольоту $H/l_1 = 10,8/25 = 0,43$. За таблицею Г.2 додатка Г знаходимо $\eta_{\text{л}} = 4,5$.

Загальний коефіцієнт світлопропускання вікон визначаємо за формулою 5.36 з попереднім знаходження відповідних коефіцієнтів (табл. Г.5 додатка Г), беручи до уваги, що в якості світлопропускаючого матеріалу використовується віконне листове одинарне скло, перетини ліхтарів дерев'яні, а несучі конструкції виконано у виді сталевих ферм:

$$\tau_1 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,55.$$

Середній коефіцієнт відбиття приміщення $\rho_{\text{ср}}$, визначається за формулою 5.37, значення коефіцієнтів відбиття стелі, стін та підлоги наведено у таблиці Г.10 додатка Г:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{ср}} &= \frac{\rho_{\text{стелі}} \cdot S_{\text{стелі}} + \rho_{\text{стін}} \cdot S_{\text{стін}} + \rho_{\text{підлоги}} \cdot S_{\text{підлоги}}}{S_{\text{стелі}} + S_{\text{стін}} + S_{\text{підлоги}}} = \\ &= \frac{0,25 \cdot 1000 + 0,1 \cdot 720 + 0,4 \cdot 1000}{1000 + 720 + 1000} = 0,26. \end{aligned}$$

Визначаємо коефіцієнт r_2 за табл. Г.8 додатка Г, попередньо розрахувавши відношення висоти приміщення, що приймається від умовної робочої поверхні до нижньої грані оскління $H_{\text{л}}$, до ширини прольоту l_1 , $H_{\text{л}}/l_1 = 10,1/25 = 0,4$; $r_2 = 1,05$.

Коефіцієнт $K_{\text{л}}$, який залежить від типу ліхтаря, визначаємо за табл. Г.9 додатка Г $K_{\text{л}} = 1,2$.

Знайдемо необхідне співвідношення площі ліхтарів до площі виробничого приміщення:

$$\frac{S_{\text{л}}}{S_{\text{п}}}} = \frac{a_{\text{л}} \cdot \hat{E}_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{л}}}{k \cdot r_2 \cdot \hat{E}_{\text{п}} \cdot 100} = \frac{1,62 \cdot 1,5 \cdot 4,5}{0,55 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \cdot 100} = 0,157.$$

Отримане значення аналізуємо за допомогою ДБН В.2.5-28-2006, в яких наведено мінімальні значення відношення світлових прорізів до площі підлоги приміщення.

Розрахункове відношення світлових прорізів до площі підлоги приміщення задовольняє нормативним вимогам для природного верхнього освітлення з урахуванням зорової точності виконуваних робіт.

5.7 Безпека виробничого обладнання

Методики розрахунків огорожувальних засобів захисту, їхньої міцності, товщини та конструкції наведено у прикладах 31–36 [5, 13, 21]; розрахунок запобіжного клапану у прикладі 37 [5]. Розрахунок коефіцієнту безпеки обладнання наведено у прикладі 39 [12].

Приклад 31. Визначити необхідну мінімальну висоту огорожень, якщо джерело небезпеки знаходиться на висоті 1,2 м. Відстань між огороженням і небезпечним елементом складає 50 см.

Розв'язання. Мінімальну висоту огорожень типу бар'єрів, що перешкоджають улученню працюючих у небезпечну зону, вибирають у залежності від висоти розташування небезпечного елемента і відстані між огороженням і небезпечним елементом за табл. Д.2 додатка Д.

У даному випадку при висоті розташування небезпечного елемента 1200 мм та відстані між огороженням і небезпечним елементом 500 мм мінімальна висота бар'єру складає 1600 мм.

Приклад 32. Пропонувати конструкцію сітчастого огородження, якщо відстань до небезпечного елемента складає 20 см.

Розв’язання. Сітчасті огородження можливо використовувати тільки при відсутності імовірності динамічного впливу на захисний екран. Величини безпечної відстані від небезпечного елемента до поверхні огородження наведені в табл. Д.1 додатка Д.

У даному випадку при відстані до небезпечного елемента складає 20 см найбільший діаметр окружності, що вписана в отвір сітки складає 40 мм.

Приклад 33. Вивести в загальному виді формулу розрахунку міцності скляного щитка на металорізальному верстаті для захисту від стружки, що відлітає.

Розв’язання. Вибір матеріалу і товщини екрану (щитка) залежить від величини динамічних навантажень, що діють на щиток. На металорізальних верстатах на захисний екран може ударно впливати елементна стружка, а також різальний інструмент при його вильоті внаслідок поганого кріплення чи руйнування. Визначення товщини суцільного екрана при деформації проводиться для найбільш небезпечного випадку – удар у центр екрана. При цьому міцність екрана повинна відповідати умові [5, 24]:

$$[\sigma] > \sigma_{\text{екв}} , \quad (5.39)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження на вигин матеріалу екрана, Н/м^2 ;

$[\sigma]_{\text{ЕКА}}$ – діюча еквівалентна напруга на вигин матеріалу екрана (визначається як різниця між напругою на вигин у напрямку за висотою екрана та напругою у напрямку за довжиною екрана), Н/м^2 .

Напруги на вигин розраховується з урахуванням коефіцієнту Пуассона, динамічного модуля пружності матеріалу екрана та деформації за осями координат. Деформації за осями координат розраховуються в залежності від динамічного впливу; максимальної маси елемента, виліт якого можливий; швидкості елемента в момент удару, часу зіткнення елемента з екраном; відстані від елемента до екрана в початковий момент; значення статичного впливу на екран; висоти і довжини екрана.

Щиток для захисту від стружки, що відлітає, являє собою пластинку прямокутної форми довжиною a , шириною b , товщиною δ . Пластинка затиснута по кінцях у держаках так, що систему можна розглядати як балку, що лежить на двох опорах. Стружка має вагу P , летить у напрямку до щитка зі швидкістю v і вдаряє в щиток перпендикулярно в його середину. Відстань від місця відділення стружки до щитка дорівнює x . Тоді рівняння (5.39) можна подати у виді [5]:

$$\frac{P v^2}{2 g} = \frac{[\sigma]^2 a b \delta}{18 E},$$

де E – динамічного модуля пружності матеріалу екрана, Па;

g – прискорення вільного падіння, m/c^2 .

Величини динамічного модуля пружності E та допустимого напруження на вигин матеріалу екрана $[\sigma]$ деяких матеріалів наведено в табл. Д.3 додатка Д.

Виходячи з рівняння одержуємо умову міцності захисного щитка:

$$P v^2 \leq \frac{[\sigma]^2 a b \delta g}{9 E}.$$

Вибираючи відповідні матеріал і розміри можна зробити щиток міцним для максимально можливої ваги стружки та швидкості її відлітання.

Приклад 34. Розміри шліфувального кола: діаметр 700 мм, висота 50 мм, діаметр отвору 305 мм. Коло розраховане на роботу зі швидкістю 35 м/с. Після модернізації на верстаті можна виконувати роботу зі швидкістю різання до 50 м/с. Визначити розміри нового кожуха з листової сталі.

Розв'язання. Розміри окремих елементів кожуха шліфувальних кіл рекомендується визначати, виходячи з рекомендацій, наведених у табл. Д.4 додатка Д.

За табл. Д.4 визначаємо, що для даного шліфувального кола при швидкості різання до 50 м/с товщину листової сталі для циліндричної частини кожуха рекомендується брати рівною 13 мм. Найближча стандартна товщина листової сталі 15 мм, тому товщину циліндричної частини беремо з деяким запасом.

Товщина кожної з бічних стінок за тією ж таблицею встановлюється 10 мм. Права стінка підсилюється косинцями, що одночасно служать для кріплення кожуха. Таке посилення стінки необхідно тому, що у випадку удару осколками кола, що розірвалося, напруга в правій стінці буде вищою, ніж у лівій.

Приклад 35. Визначити товщину стінки огороження кола заточувального верстата. Маса кола складає 14 кг, окружна швидкість обертання – 40 м/с.

Розв'язання. Товщину стінки огороження абразивного обладнання можливо визначити за табл. 5.19 [13].

Ударне навантаження визначають за формулою:

$$F = m v^2 = 2 r_0,$$

де m – маса кола або деталі, кг;
 v – окружна швидкість обертання, м/с;
 r_0 – радіус центру ваги половини абразивного кола або деталі, м.

Таблиця 5.19 – Товщина стінки огороження абразивного обладнання

Вид матеріалу	Товщина стінки огороження абразивного обладнання, мм, при ударному навантаженні, Н					
	4000	8000	12000	16000	20000	24000
Сталь листовая	7	10	14	15	17	17,5
Сталь лита	13	18	22	25	27,5	29
Чавун	18	25	31	–	–	–

Радіус центру ваги половини абразивного кола або деталі визначають за формулою:

$$r_0 = 4R^3 - \frac{r^3}{3\pi R^2} - r^2,$$

де r – радіус центрального отвору кола або деталі, м;

R – радіус зовнішньої окружності кола або деталі, м/

У даному випадку ударне навантаження складає 22400 Н, тому товщина стінки огороження повинна бути не менше 17,5 мм при використанні сталі листової і не менше 29 мм при використанні сталі литої.

Приклад 36. Пропонувати конструкцію огороження частин обладнання, що знаходяться під напругою 6 кВт.

Розв’язання. Пристрої, що знаходяться під напругою до 1 кВт закривають суцільними огороженнями, кожухами або кришками з замком. Відкриті струмоведучі частини розміщують на висоті більше 2,5 м. Пристрої напругою понад 1000 В, щоб уникнути випадкового доторку до відкритих частин обгороджують. Використовують суцільні або сітчасті обгородження. Висота обгородження не нижче 1,7 м. Розмір вічок сітки 20 на 20 мм. Металеві огороження варто заземлювати. Відстань між огороженням та обладнанням залежить від напруги – табл. 5.20. Двері в огороженні блокуються електричним або електромеханічним засобом [13].

Таблиця 5.20 – Відстань між огороженням та частинами обладнання

Вид огороження	Відстань між огороженням та частинами обладнання, мм, при напруги, кВт					
	3	6	10	20	35	110
Суцільне	105	130	155	210	320	750
Сітчасте	175	200	225	280	390	820

При огороженні частин обладнання, що знаходяться під напругою 6 кВт, відстань між огороженням та частинами обладнання повинна бути 130 мм при використанні суцільного огороження та 200 мм при використанні сітчастого огороження.

Приклад 37. Розрахувати параметри запобіжного пружинного клапану з радіусом витків 30 мм. Діаметр тарілки 60 мм, співвідношення важелів x_1 до x_2 складає 100 мм до 50 мм. Тиск відкриття клапану 8 атм. Хід клапану 10 мм. Максимально допустимо стиснення пружини до 100 мм. Характеристики матеріалу пружини: напруженість у пружині при повному відкритті клапану 392 МПа, модуль пружності $78,4 \cdot 10^9$ Па.

Розв'язання. До параметрів запобіжного пружинного клапану відносяться діаметр проволочки пружини та кількість витків пружини.

Діаметр проволочки пружини запобіжного пружинного клапану визначають за формулою [5]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16P_{\max}R}{\pi \tau}},$$

де P_{\max} – максимальне зусилля при стисненні пружини, Н;

R – радіус витка пружини, м;

τ – напруженість у пружині при повному відкритті клапану, Па.

Визначаємо максимальне зусилля при стисненні пружини. Для цього розрахуємо зусилля при відкритті клапану:

$$P_1 = P \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{x_1}{x_2} = 8 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \cdot \frac{3,14 \cdot (60 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot \frac{100}{50} = 4430 \text{ Н.}$$

Початкове стиснення пружини складає:

$$\lambda_1 = \lambda_2 - h \frac{x_2}{x_1} = 100 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3} \frac{50}{100} = 0,095 \text{ м.}$$

Максимальне зусилля при стисненні пружини складає:

$$P_{\max} = P_1 \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 4430 \frac{0,1}{0,095} = 4675 \text{ Н.}$$

Розраховуємо діаметр проволочки пружини клапану:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 4675 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 392 \cdot 10^6}} = 0,012 \text{ м.}$$

Розрахуємо кількість витків пружини:

$$n = \frac{\lambda_1 G d^4}{64 P_{\max} R^3} = \frac{0,095 \cdot 78,4 \cdot 10^9 \cdot 0,012^4}{64 \cdot 4675 \cdot (30 \cdot 10^{-3})^3} = 20,8 \text{ витка.}$$

Таким чином, для даних умов роботи для запобіжного клапану потрібно 20,8 витків проволочки діаметром 1,2 см.

Приклад 38. Пропонувати засоби захисту для обладнання з передачею, що виступає із корпусу. Час дії небезпечного фактору складає 10 с, час затримки доступу в небезпечну зону – 5 с.

Розв’язання. Для забезпечення безпечних умов праці при наявності рухомих частин обладнання найбільш доцільно використовувати сумісно засоби, що огорожують, та запобіжні засоби, а саме блокувальні пристрої.

Вимоги до засобів, що обгороджують наведено у прикладі 31. Блокувальні засоби вибирають залежно від критеріїв блокування [13], які наведено у табл. 5.21.

Таблиця 5.21 – Критерії вибору блокувальних пристроїв

Час дії небезпечного фактору, с	Час затримки доступу в небезпечну зону, с			
	1 – 3	3 – 5	5 – 10	Понад 10
1 – 3	А, Б, В	А, Б	А, Б	А, Б
3 – 5	В, Г	В, Г	А, Б	А, Б
5 – 10	А, Б, В, Д	В, Г	В	А, Б
10 – 25	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д	В, Г
Понад 25	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д	А, Б, В, Д

Примітки. 1. У таблиці прийняти такі позначення: А – електричні; Б – фотоелектронні; В – електромеханічні; Г – механічні; Д – ємнісні. 2. При часу дії небезпечного фактору понад 10 с рекомендується застосування сумісне використання блокувальних пристроїв та гальмових засобів.

При часу дії небезпечного фактору 10 с та часу затримки доступу в небезпечну зону 5 с найбільш доцільно використовувати механічні та електромеханічні блокувальні засоби захисту.

Приклад 39. Ділянка механічного цеху складається з 5 верстатів. Аналіз нормативних умов до даного виду устаткування дозволив виявити основні можливі порушення вимог безпеки. До них відносяться: відсутність захисного екрана зони різання; відсутність місцевого освітлення; незручне розташування органів керування; невідповідна форма і фарбування

органа аварійного відключення. Аналіз фактичного стану верстатів показав існуючі порушення вимог безпеки: верстат №1 - відсутність захисного екрана зони різання; верстат № 2- невідповідна форма і фарбування органа аварійного відключення; верстат № 3 - відсутність місцевого освітлення; верстат № 4 - незручне розташування органів керування та відсутність захисного екрана зони різання; верстат № 5 - незручне розташування органів керування.

Розрахувати коефіцієнт безпеки верстатів ділянки. Визначити та обґрунтувати послідовність модернізації ділянки.

Розв'язання. Для оцінки технічного стану устаткування використовують коефіцієнт безпечності устаткування. Оцінка безпеки існуючого устаткування є важливою складовою частиною атестації робочих місць. Вона дозволяє визначити заходи щодо приведення устаткування відповідно до вимог стандартів безпеки.

Безпека устаткування оцінюється коефіцієнтом безпеки K_6 , що дорівнює 100 %, якщо устаткування відповідає вимогам стандартів безпеки на даний вид устаткування.

Суть методики оцінки безпеки виробничого устаткування:

- складається список усіх можливих порушень вимог безпеки, пропонованих до даного виду устаткування;

- шляхом експертної оцінки визначається важливість кожного з порушень (складається ранжирувана послідовність порушень);

- кожному з порушень привласнюється коефіцієнт вагомості відповідно до ранжируваної послідовності, що визначається за допомогою нормувальної функції, при цьому сума усіх вагових коефіцієнтів дорівнює одиниці;

- оцінюється наявність перелічених порушень для конкретного виробничого устаткування; при цьому варто мати на увазі, що порушенням вважається не тільки відсутність якого-небудь елемента, але і неправильне його виконання;

- коефіцієнт безпеки конкретного устаткування K_6 визначається за формулою

$$K_6 = 100 \left(1 - \sum_1^n g_i \right), \quad (5.40)$$

де $\sum_1^n g_i$ - сума коефіцієнтів вагомості виявлених порушень вимог безпеки для даного устаткування.

Оцінка безпеки устаткування дозволяє виявити послідовність заміни устаткування на нове, або послідовність його модернізації з метою надання стану безпеки відповідності до вимог стандартів. Крім того, кількісна оцінка рівня безпеки використовуваного устаткування дозволяє намітити й обґрунтувати заходи щодо підвищення безпеки робочих місць.

Список усіх можливих порушень вимог безпеки, пропонованих до даного виду устаткування наведено в умовах прикладу. Складаємо ранжирувану послідовність порушень згідно з нашою експертною оцінкою і визначаємо коефіцієнт вагомості кожного порушення (табл. 5.22).

Визначаємо коефіцієнт безпеки для кожного верстата за формулою 5.40:

$$\text{верстат № 1} - K_6 = 100 (1 - 0,333) = 66,7 \ %;$$

$$\text{верстат № 2} - K_6 = 100 (1 - 0,233) = 76,7 \ %;$$

$$\text{верстат № 3} - K_6 = 100 (1 - 0,30) = 70,0 \ %;$$

$$\text{верстат № 4} - K_6 = 100 (1 - (0,333 + 0,133)) = 53,4 \ %;$$

$$\text{верстат № 5} - K_6 = 100 (1 - 0,133) = 86,7 \ %.$$

Таблиця 5.22 – Ранжирувана послідовність порушень

Порушення вимог безпеки	Оцінка, бал.	Коефіцієнт вагомості
Відсутність захисного екрана зони різання	10	$10 / 30 = 0,333$
Відсутність місцевого освітлення	9	$9 / 30 = 0,30$
Незручне розташування органів керування	4	$4 / 30 = 0,133$
Невідповідна форма і фарбування органа аварійного відключення	7	$7 / 30 = 0,233$
Разом	30	1

Відповідно до одержаних коефіцієнтів безпеки визначаємо послідовність модернізації ділянки цеху: верстати №4 , потім – 1, 3, 2 та 5.

5.8 Безпека виробничих процесів

Приклад 40. Визначити величину небезпечної зони, що виникає під час роботи баштового крану. Довжина підкранового шляху 5 м, ширина колії 3 м, максимальний виліт гака 4 м, висота падіння вантажу 12 м, кутова швидкість обертання стріли $0,5 \text{ c}^{-1}$.

Розв’язання. Величина небезпечної зони при роботі баштового крану, м, визначається таким чином:

$$\text{– по довжині підкранового шляху } X = a + 2(R + S);$$

$$\text{– по ширині підкранового шляху } X = b + 2(R + S).$$

В цих формулах:

a – довжина підкранового шляху, м;

b – ширина колії, м;

R – максимальний виліт гака, м;

S – відстань відльоту вантажу при його падінні з висоти, м.

Відстань відльоту вантажу при його падінні з висоти визначають за формулою:

$$S = 0,32 \omega R \sqrt{h},$$

де ω – кутова швидкість обертання стріли, c^{-1} ;

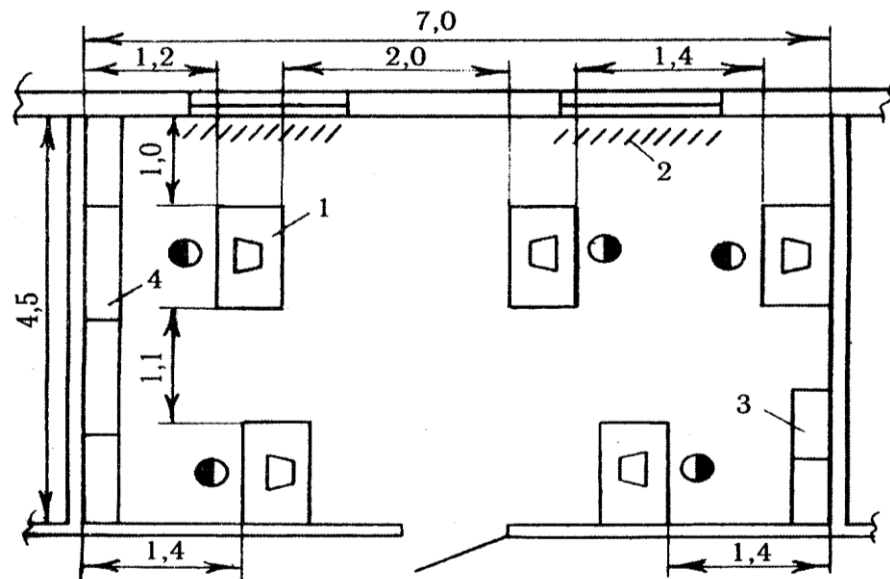
h – висота падіння вантажу, м.

Відстань відльоту вантажу при його падінні з висоти 12 м складає 2,2 м. Величина небезпечної зони при роботі баштового крану по довжині підкранового шляху 17,4 м, по ширині підкранового шляху 15,4 м.

Приклад 41. В результаті технічного переоснащення в приміщенні на другому поверсі виробничого корпусу заплановано встановити комп'ютери. Визначити скільки комп'ютеризованих робочих місць можна встановити в даному приміщенні і як їх розмістити відповідно до встановлених норм. Розмір приміщення: довжина 7 м, ширина 4,5 м, висота 3,5 м.

Розв'язання. Вибране приміщення відповідає вимогам СН 245–71 та НПАОП 0.00-1.31-99. Згідно вимогам площа на одне робоче місце з ПЕОМ повинна складати не менше 6 м^2 , об'єм – не менше 20 м^3 (табл. Б.4 додатку Б). Площа обраного приміщення складає $31,5 \text{ м}^2$, тому можливе розміщення 5 робочих місць. Така кількість достатня для переоснащення виробництва. Об'єм приміщення складає $110,25 \text{ м}^3$, тобто на одне робоче місце – $22,05 \text{ м}^3$, що відповідає нормативним вимогам.

Розміщення робочих місць в приміщенні проводиться з урахуванням вимог НПАОП 0.00-1.31-99 до відстані між робочими місцями та до робочої меблі (табл. Е.1 – Е.3 додатку Е). Оптимальне розміщення місць рядами вздовж стіни з вікнами. Робочі місця відносно вікон повинні розміщуватися так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. На рис. 5.4 наведено варіант розміщення робочих місць в приміщенні.



1 — робочі місця з ПЕОМ; 2 — захисні жалюзі;

3 — шафи для зберігання програмного забезпечення;

4 — шафи для зберігання документації та спеціальної літератури

Рисунок 5.4 – План виробничого приміщення з ПЕОМ

Вимоги до розміщення обладнання на робочому місці наведено у табл. Е.4 додатку Е.

5.9 Захисне заземлення

Одним з важливіших заходів з забезпечення електробезпеки є організація захисного заземлення [10, 17, 20, 27]. Методика розрахунку захисного заземлення наведено у прикладі 42. Для розрахунків захисного заземлення можна використати характеристики пристрою, які наведені в таблиці 5.23.

Приклад 42. 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.

Таблиця 5.23 – 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.

Розв'язання. Розрахунок захисного заземлення здійснюється у такій послідовності [12]:

- визначають розрахунковий питомий опір ґрунту;
- розраховують опір розтіканню струму одного вертикального заземлювача;
- визначають необхідну кількість заземлювачів та орієнтовне їх розташування по периметру приміщення або в ряд з визначенням відстані між ними (відстань між заземлювачами та розташування їх в ряд або по контуру можуть бути задані – див. табл. 5.23);
- розраховують опір розтіканню з'єднувальної шини;
- розраховують загальний опір заземлюючого пристрою з урахуванням з'єднувальної шини.

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

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi, \quad (5.41)$$

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

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

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

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

$$R_{\text{іä}} = \frac{\rho_p}{2 \pi \ell} \left(\ln \frac{2 \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 t + \ell}{4 t - \ell} \right), \quad (5.42)$$

де ℓ – довжина заземлювача, м;

d – діаметр заземлювача, м;

h – заглиблення заземлювача, м;

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

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

В нашому випадку:

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

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

Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів, шт.:

$$n' = \frac{R_{\hat{a}\hat{a}}}{R_{\hat{1}}} , \quad (5.43)$$

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

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

Шляхом розташування отриманої кількості заземлювачів на плані визначають орієнтовно відстань між ними та коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_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 η_B :

$$n = \frac{R_{\hat{a}\hat{a}}}{R_{\hat{1}} \eta_{\hat{a}}} . \quad (5.44)$$

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

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

Необхідна кількість заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання η_B :

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

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

$$R_{\emptyset} = \frac{\rho_{\delta}}{2 \pi L \eta_{\emptyset}} \ln \frac{2 L^2}{b h}, \quad (5.45)$$

де L — довжина шини, м;

b — ширина шини, м;

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

Довжина шини визначається за формулою:

$$L = 1,05 a n, \quad (5.46)$$

де a — відстань між заземлювачами, м.

Визначаємо коефіцієнта використання та довжину шини:

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

Загальний опір складного заземлюючого пристрою, Ом:

$$R = \frac{1}{\frac{\eta_{\emptyset}}{R_{\emptyset}} + \frac{n \eta_{\hat{a}}}{R_{\hat{a}\hat{a}}}} \leq R_{\hat{a}}. \quad (5.47)$$

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

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

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

5.10 Визначення категорії приміщення з вибухово-пожежної та пожежної небезпеки

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

Приклад 43. Визначити тип і необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння. Обчислювальний зал (площа 1200 м²) перебуває в адміністративному корпусі підприємства.

Розв'язання. Розглянемо методику визначення категорії виробничого приміщення з вибухово-пожежної та пожежної небезпеки [20].

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

Будинок ставиться до категорії А, якщо в ньому сумарна площа приміщень категорії А перевищує 5% площі всіх приміщень або 200 м². 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 м².

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Вибір типу й кількості вогнегасників для оснащення приміщення ви-

робляється на основі рекомендацій, представлених у таблицях К.3 – К.4 додатку К. Виходячи з категорії приміщення за вибухово-пожежною та пожежною небезпекою (категорія Д) і площі, що захищається (1200 м²) 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 44. Визначити категорію будівлі за вибухово-пожежною та пожежною небезпекою, а також тип і необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння. Характеристика виробничих приміщень наведено у таблиці 5.24. Загальна площа 800 м².

Розв’язання. Визначаємо категорію виробничого приміщення з вибухово-пожежної та пожежної небезпеки за методикою, яка наведено у прикладі 43 та даних табл. 5.24.

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

Таблиця 5.24 – 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

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

Вибір типу й кількості вогнегасників для оснащення приміщення виробляється на основі рекомендацій, представлених у таблицях К.3 – К.4 додатку К. Виходячи з категорії приміщення за вибухово-пожежною та пожежною небезпекою (категорія В) і площі, що захищається (800 м²) відповідно до рекомендацій визначаємо, що для захисту приміщення ливарного виробництва необхідні 4 порошкових вогнегасники ємністю 5 літрів або 2 ємністю 10 літрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности в машиностроении / Под ред. Ю.М. Соломенцева. - М.: Высш. шк., 2002. – 310 с.
2. Безопасность производственных процессов: справочник / Под ред. С. В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
3. Безопасность труда в промышленности: справочник / К. Н. Ткачук [и др.] – К.: Техника, 1982. – 231 с.
4. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов / М. И. Гримитлин [и др.] – М.: Машиностроение, 1978. – 272 с.
5. **Виноградов Б. В.** Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении: сборник расчетов / Б. В. Виноградов. – М.: Машиностроение, 1963. – 264 с.
6. **Власов А.Ф.** Безопасность труда при обработке металлов резанием. – М.: Машиностроение, 1984. – 88 с.
7. **Власов А.Ф.** Удаление пыли и стружки от режущих инструментов. – М.: Машиностроение, 1966. – 228 с.
8. **Войтенко В.М.** Эргономические принципы конструирования/ В.М. Войтенко , В.М. Мунипов – К.: Тэхніка, 1988. – 119 с.
9. **Волков Ю.Н.** Безопасность производственных процессов в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1972. – 168 с.
10. **Гажаман В. І.** Електробезпека на виробництві: навч. посібник / В. І. Гажаман. – К.: Охорона праці, 2002. – 272 с.
11. **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.
12. **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.
13. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей: навч. посіб. / За ред. В. В. Сафонова. – К.: Основа, 2000. – 336 с. – ISBN 966-7233-23-5.
14. **Козьяков А.Ф.** Охрана труда в машиностроении/ А.Ф. Козьяков , Л.Л. Морозова – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
15. **Лавров Н.К.** Завивание и дробление стружки в процессе резания. – М.: Машиностроение, 1971. – 87 с.
16. **Лагунов Л. В.** Борьба с шумом в машиностроении / Л. В. Лагунов, Г. Л. Осипов. – М.: Машиностроение, 1980. – 150 с.
17. **Маньков В. Д.** Защитное заземление и зануление электроустановок: справочни к/ В. Д. Маньков, С. Ф. Заграничный. – СПб.: Политехника, 2005. – 400 с. – ISBN 5-7325-0791-4.
18. Охрана окружающей среды: Учебник для техн. спец. вузов. Под ред. С.В.Белова. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.
19. Охрана труда в машиностроении: Учебник для вузов / Под ред. Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1993. – 432 с.

20. Практикум із охорони праці: навч. посібник / За ред. В. Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с. – ISBN 966-7760-09-X.
21. **Сивко В. Й.** Розрахунки з охорони праці / В. Й. Сивко. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 152 с. – ISBN 966-7570-90-8.
22. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.
23. 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.
24. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование: справочник / Под ред. С. В. Белова. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с. – ISBN 5-217-00407-X.
25. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. Справочник / Алиев Г.М. - М.: Metallurgy, 1986. - 544 с.
26. **Фоменко И.А.** и др. Охрана труда при обработке металлов резанием. – К.: Техника, 1989. – 159 с.
27. Электробезопасность на промышленных предприятиях: справочник / Р. В. Сабарно [и др.] – К.: Техника, 1985. – 288 с.
28. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 240 с.
29. Эргономика: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. В. Адамчук. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 254 с. – ISBN 5-238-0086-3.
30. Эргономика и безопасность / Л.П. Боброва-Голикова, О.М. Мальцева, Н.А. Коханова, Н.Н. Сорокина – М.: Машиностроение, 1985. – 112 с.

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 12.1.009-76	Электробезопасность. Термины и определения
ГОСТ 12.1.010-76	Взрывобезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.011-78	Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний
ГОСТ 12.1.012-90	Вибрационная безопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.018-79	Статическое электричество. Искробезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.019-79	Электробезопасность. Общие требования
ГОСТ 12.1.029-80	Средства и методы защиты от шума
ГОСТ 12.1.030-87	Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
ГОСТ 12.1.031-81	Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения
ГОСТ 12.1.033-81	Пожарная безопасность. Термины и определения
ГОСТ 12.1.034-81	Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях
ГОСТ 12.1.038-82	Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
ГОСТ 12.1.040-83	Лазерная безопасность. Общие положения

Продовження таблиці А.1

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

Продовження таблиці А.1

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

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

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

Таблиця А.3 – Нормативно-правові акти України

Позначення	Найменування
НПАОП 0.00-1.03-02	Правила будови і безпечної експлуатації вантажо-підіймальних кранів
НПАОП 0.00-1.07-94	Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском
НПАОП 0.00-1.11-98	Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пару і гарячої води
НПАОП 0.00-1.17-92	Єдині правила безпеки при вибухових роботах
НПАОП 0.00-1.29-97	Правила захисту від статичної електрики
НПАОП 0.00-1.30-01	Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями
НПАОП 0.00-1.31-99	Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин
НПАОП 0.00-4.09-93	Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства
НПАОП 0.00-4.11-93	Типове положення про роботу уповноважених трудових колективів з питань охорони праці
НПАОП 0.00-4.12-05	Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці
НПАОП 0.00-4.15-98	Положення про розробку інструкцій з охорони праці
НПАОП 0.00-4.21-04	Типове положення про службу охорони праці
НПАОП 0.00-4.33-99	Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій
НПАОП 0.00-6.02-04	Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві
НПАОП 0.00-6.23-92	Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці
НПАОП 0.00-7.06-94	Єдина державна система показників обліку умов та безпеки праці
НПАОП 0.00-8.24-05	Перелік робіт з підвищеною небезпекою
НПАОП 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
НПАОП 28.0-1.23-63	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при обробці та застосуванні алюмінієво-магнієвих і титанових сплавів

Продовження таблиці А.3

НПАОП 28.4-1.13-74	Правила і норми техніки безпеки і виробничої санітарії для фарбувальних цехів
НПАОП 28.5-1.22-71	Правила з техніки безпеки і виробничої санітарії при клепально-складальних роботах
НПАОП 28.5-1.34-90	Правила безпеки при обробці металів різанням
НПАОП 28.5-7.09-83	Обробка магнієвих сплавів. Загальні вимоги безпеки
НПАОП 28.5-7.19-82	Обробка металів різанням. Загальні вимоги безпеки
НПАОП 28.51-1.21-60	Правила з безпеки і виробничої санітарії при фарбуванні виробів у машинобудуванні
НПАОП 28.51-7.86-85	Роботи фарбувальні. Вимоги безпеки
НПАОП 40.1-1.01-97	Правила безпечної експлуатації електроустановок
НПАОП 40.1-1.07-01	Правила експлуатації електрозахисних засобів
НПАОП 40.1-1.21-98	Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів
НПАОП 45.2-4.01-98	Положення про безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд

Таблиця А.4 – Норми та правила безпеки

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

Додаток Б
Вимоги до повітря робочої зони

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

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

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

Назва речовини	ГДК, мг / м ³	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 (ІІ)	20	4

Таблиця Б.3 – Категорії робіт по ступені важкості (ДСН 3.3.6.042-99, ГОСТ 12.1.005-88)

Категорія робіт	Витрати енергії		Характеристика робіт
	Вт	ккал/ч	
Легка Іа	До 139	До 120	Роботи, які виконують сидячи з незначними фізичними напругами
Легка Іб	140–174	121–150	Роботи, які виконують сидячи або пов'язані з ходьбою та супроводжуються деякими фізичними напругами
Середньої важкості Іа	175–232	151–200	Роботи, які пов'язані з постійною ходьбою, переміщенням дрібних (до 1 кг) предметів в положенні «стоячи» або «сидячи» та вимагають незначної фізичної напруги
Середньої важкості Іб	233–290	201–250	Роботи, які пов'язані з ходьбою, переміщенням предметів вагою до 10 кг, супроводжуються помірною фізичною напругою
Важка ІІІ	Більше 290	Більше 250	Роботи, які пов'язані з переміщенням предметів вагою більше 10 кг та вимагають значної фізичної напруги

Таблиця Б.4 – Норми площі та об'єму для виробничих приміщень (СН 245–71, НПАОП 0.00-1.31-99)

Тип виробничого приміщення	Мінімальна площа на одне робоче місце, м ²	Мінімальний об'єм на одне робоче місце, м ³
Звичайні роботи	4,5	15
Роботи з ПЕОМ	6	20

Таблиця Б.5 - Вентиляція приміщень для роботи з ПЕОМ [8]

Об'єм приміщення на одного робітника, м ³ /люд.	Об'єм вентиляційного повітря, м ³ /год
До 20	Не менше 30
20 – 40	Не менше 20
Більше 40 м ³ /люд. при наявності вікон та відсутності виділення шкідливих речовин	Допускається тільки природна вентиляція

Таблиця Б.6 – Допустимі значення температури повітря робочої зони (ДСН 3.3.6.042-99)

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	
		Постійні робочі місця	Тимчасові робочі місця
Холодний період	Ia	21 – 25	18 – 26
	Iб	20 – 24	17 – 25
	IIa	17 – 23	15 – 24
	IIб	15 – 21	13 – 23
	III	13 – 19	12 – 20
Теплий період	Ia	22 – 28	20 – 30
	Iб	21 – 28	19 – 30
	IIa	18 – 27	17 – 29
	IIб	15 – 27	15 – 29
	III	15 – 26	13 – 28

Примітка. Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання, зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2°С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт (табл. Б.1) і не повинна виходити за межі допустимих величин температури повітря (табл. Б.6)

Додаток В Вимоги до виробничого шуму та вібрації

Таблиця В.1 – Допустимі еквівалентні рівні звукового тиску(ДСН 3.3.6.037-99, ГОСТ 12.1.003-89)

Робоче місце	Рівень звуку, дБ А
Приміщення конструкторських бюро, програмістів обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних та дослідних робіт	50
Приміщення керування, робочі кімнати	60
Кабіни спостережень і дистанційного керування:	
- без мовного зв'язку	80
- з мовним зв'язком по телефону	65
Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємств	80

Таблиця В.2 – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах
(ДСН 3.3.6.037-99, ГОСТ 12.1.003-89)

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	
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
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблиця В.3 – Коефіцієнти звукопоглинання матеріалів [2, 18]

Матеріал	Коефіцієнт звукопоглинання α за частотою шуму 1000 Гц
Бетонна плита	0,02
Звичайна штукатурка	0,03
Штукатурка акустична (10 мм)	0,11
Перфорировані панелі	0,50
Лінолеум (5 мм)	0,03
Паркет	0,06

Таблиця В.4 – Звукоізоляція матеріалів [2, 18]

Матеріал	Маса 1 м ² , кг	Середня звукоізоляція, дБ
Фанера 3,2 мм	2,2–2,5	17–19
Фанера 6,4 мм	4,5	21
Дерево 5 см	27,5	18,5
Сталь листова 0,7 мм	5,6	25
Сталь листова 2 мм	15,7	33
Дюралюміній 0,5 мм	1,8	15
Скло 3–4 мм	8–10	28
Скло 6 мм	16	31
Пластик із скла 11,5 мм	–	23
Пластик із скла 15 мм	–	26
Повсть 15 мм	2,8	6
Повсть 2 шару	5,6	9
Повсть 4 шару	11,3	17
Картон 5 мм	3	16
Картон 20 мм	12	20
Пробкова плита 50 мм	30	20
Лінолеум 0,5 см	55	25 – 30
Брезент	3,4 – 6,8	4 – 8
Стіни, перегородки подвійні з фанери 3 мм зі шлаковатою (товщиною 25 мм)	8	26
Те ж саме товщиною 50 мм	12	29
Те ж саме товщиною 65 мм	14	34

Таблиця В.5 – Допустимі величини параметрів вібрації (ДСН 3.3.6.039-99, ГОСТ 12.1.012-90)

Локальна вібрація		Загальна вібрація	
Середня геометрична частота, Гц	Рівень віброшвидкості, дБ	Середня геометрична частота, Гц	Рівень віброшвидкості, дБ
8	120	2	108
16	120	4	99
32	117	8	93
63	114	16	92
125	111	31,5	92
1000	102	63	92
2000	99		

Додаток Г

Вимоги до виробничого освітлення

Таблиця Г.1 – Вимоги для освітлення приміщень промислових підприємств (ДБН В.2.5-28-2006)

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення					Природне освітлення		Суміщене освітлення		
						Освітленість, лк				скупність нормованих величин показника осліпленості і коефіцієнта пульсації	КПО, е _н , %				
						при системі комбінованого освітлення		при системі загального освітлення	Р		при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні	при верхньому або комбінованому освітленні	при боковому освітленні	
						всього	у т. ч. від загального		Р						Кп, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Найвищої точності	Менше 0,15	I	a	Малий	Темний	5000 4500	500 500	—	20 10	10 10	—	—	6,0	2,0	
			б	Малий Середній	Середній Темний	4000 3500	400 400	1200 1000	20 10	10 10					
			в	Малий Середній	Світлий Середній	2500 2000	300 200	750 600	20 10	10 10					
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	1500 1250	200 200	400 300	20 10	10 10					
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3 включно	II	a	Малий	Темний	4000 3500	400 400	—	20 10	10 10	—	—	4,2	1,5	
			б	Малий Середній	Середній Темний	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10					
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10					
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10					

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	а	Малий	Темний	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	—	—	3,0	1,2
			б	Малий Середній	Середній Темний	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	400	200	200	40	15				
Середньої точності	Більше 0,5 до 1,0	IV	а	Малий	Темний	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	Малий Середній	Середній Темний	500	200	200	40	20				
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	400	200	200	40	20				
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	—	—	200	40	20				
Малої точності	Більше 1,0 до 5	V	а	Малий	Темний	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Малий Середній	Середній Темний	—	—	200	40	20				
			в	Малий Середній Великий	Світлий Середній Темний	—	—	200	40	20				
			г	Середній Великий Великий	Світлий Світлий Середній	—	—	200	40	20				
Груба (дуже малої точності)	Більше 5	VI		Незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкта з фоном	—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6	

Таблиця Г.2 – Значення світлової характеристики вікон (η_B) при боковому освітленні (рис. 5.3 а)

Відношення довжини приміщення (L) до його глибини (B)	Відношення глибини приміщення (B) до висоти від рівня робочої поверхні до верхнього краю вікна (h)							
	1	1.5	2	3	4	5	7.5	10
4 і більше	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	–

Таблиця Г.3 – Значення $K_{буд}$ залежно від відношення відстані між протилежними будівлями D до висоти карнизу протилежного будинку над підвіконником H (рис. 35.3 б)

D/H	0,5	1	1,5	2	3 і більше
$K_{буд}$	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0

Таблиця Г.4 – Значення коефіцієнта сонячності клімату для IV та V поясів світового клімату

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт сонячності клімату, C							
	при світлових отворах, що зорієнтовані за сторонами світу (азимут, град)							при зенітних ліхтарях
	в зовнішніх стінах будівель			у прямокутних та трапецевидних ліхтарях			у ліхтарях типу «Швед»	
	136-225	226-315 46-135	316-45	69-113 249-293	24-68; 204-248; 114-158; 294-338	159-203 339-23		
IV північніше 50°півн. ш.	0,75	0,8	1,0	0,85	0,9	0,95	1,0	
50°півн. ш. і південніше	0,7	0,75	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,85
V північніше 40°півн. ш.	0,65	0,7	0,9	0,75	0,8	0,85	0,9	0,75
40°півн. ш. і південніше	0,6	0,65	0,85	0,7	0,75	0,8	0,85	0,65

Таблиця Г.5 – Значення коефіцієнтів $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$

Вид світлопропускаючого матеріалу	Значення τ_1	Вид віконної рами	Значення τ_2	Сонцезахисні пристрої	Значення τ_4	Несуча конструкція покриття	Значення τ_3
Скло віконне листове:		Віконні рами для промислових будівель:		Регульовані жалюзі та штори (внутрішні, зовнішні)	1	Сталеві форми	0,90
одинарне	0,9						
подвійне	0,8		а) дерев'яні:		Стаціонарні жалюзі та екрани з захисним кутом не більше 45°:		
потрійне	0,75						
Скло листове:		одинарні	0,75	горизонтальні	0,65	Залізобетонні й дерев'яні форми та арки	0,80
армоване	0,6	спарені	0,7				
з візерунком	0,65	подвійні окремі	0,6				
сонцезахисне	0,65						
контрасне	0,75	б) металеві:		вертикальні	0,75		
Органічне скло:							
прозоре	0,9	одинарні (відкриваються)	0,75	Горизонтальні козирки:		Балки та рами суцільні при висоті перетину: 50 см й більше менше 50 см	0,80 0,90
молочне	0,6						
Пустотілі скляні блоки:		одинарні (глухі)	0,9	з захисним кутом не більше 30°	0,8		
світлорозсіюючі	0,5	подвійні (відкриваються)	0,6	захисним кутом від 15 до 45° (багатоступеневі)	0,6-0,9		
прозорі	0,55						
Склопакети	0,8	подвійні (глухі)	0,8				

Таблиця Г.6 – Значення коефіцієнта r_1

В/h	ℓ/В	Значення r_1 при боковому освітленні									Значення r_1 при боковому двосторонньому освітленні										
		Середній коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{ср}}$ стелі, стін і підлоги																			
		0,5			0,4			0,3			0,5			0,4			0,3				
		Відношення довжини приміщення L до його глибини B																			
		0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1	2 і більше	0,5	1
Від 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1,05	1	1,05	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1	1,35	1,25	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	1,0	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,15	1,25	1,15	1,15	1,15	1,1
Більше 1,5 до 2,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1	1,8	1,45	1,25	1,4	1,25	1,15	1,25	1,15	1,15	1,15	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2	2,1	1,75	1,5	1,75	1,45	1,2	1,3	1,25	1,25	1,25	1,2
	1,0	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5	1,5	1,35	1,35	1,35	1,2
Більше 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	1	1
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,8	1,6	1,6	1,6	1,3
	1,0	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,7	1,7	1,4
Більше 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,2	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,35	1,25	1,25	1,25	1,15
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3	3,25	2,8	2,4	1,9	1,7	1,45	1,65	1,5	1,5	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,7	1,7	1,4
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85	2,1	1,8	1,8	1,8	1,5
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95	2,25	2	2	2	1,6
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1	6,2	4,9	3,9	3,4	2,8	2,3	2,45	2,1	2,1	2,1	1,7
	1,0	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	2,25	2,25	1,9

Примітка: B — глибина приміщення; h — висота від рівня умовної робочої поверхні до верхнього краю вікна; ℓ — відстань розрахункової точки до зовнішньої стіни

Таблиця Г.7– Значення світлової характеристики ліхтарів η_L

Тип ліхтаря	Кількість прольотів	Значення світлової характеристики ліхтарів								
		Відношення довжини приміщення L_n до ширини прольоту l_1								
		Від 1 до 2			Від 2 до 4			Більше 4		
		Відношення висоти приміщення H до ширини прольоту l_1								
		від 0,2 до 0,4	від 0,4 до 0,7	від 0,7 до 1,0	від 0,2 до 0,4	від 0,4 до 0,7	від 0,7 до 1,0	від 0,2 до 0,4	від 0,4 до 0,7	від 0,7 до 0,1
З вертикальним двобічним осклянінням	Один	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
	Два	5,2	7,5	12,8	4,0	5,1	7,8	3,7	6,4	6,5
	Три і більше	4,8	6,7	11,4	3,8	4,5	6,9	3,4	4,0	5,6
З похилим двобічним осклянінням	Один	3,5	5,2	6,2	2,80	3,8	4,7	2,7	3,6	4,1
	Два	3,2	4,4	5,3	2,50	3,0	4,1	2,3	2,7	3,4
	Три і більше	3,0	4,0	4,7	2,35	2,7	3,7	2,1	2,4	3,0
З вертикальним однобічним осклянінням	Один	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10,0	4,90	7,1	8,5
	Два	6,1	8,0	11,0	4,7	5,5	6,6	4,35	5,0	5,5
	Три і більше	5,0	9,5	8,2	4,0	4,3	5,0	3,60	3,8	4,1
З похилим однобічним осклянінням	Один	3,8	4,55	6,8	2,9	3,4	4,5	2,50	3,20	3,9
	Два	3,0	4,30	5,7	2,3	2,9	3,5	2,15	2,65	2,9
	Три і більше	2,7	3,70	5,1	2,2	2,5	3,1	2,00	2,25	2,5

Таблиця Г.8. – Значення коефіцієнта r_2

Відношення висоти приміщення від умовної робочої поверхні до нижньої грані засклення H_d , та до ширини прогону ℓ_1	Значення коефіцієнта r_2								
	Середньозважений коефіцієнт відбивання стелі, стін і підлоги								
	$\rho_{сер} = 0,5$			$\rho_{сер} = 0,4$			$\rho_{сер} = 0,3$		
	Кількість прогонів								
	1	2	Зі більше	1	2	Зі більше	1	2	Зі більше
2	1,7	1,5	1,15	1,6	1,4	1,1	1,4	1,1	1,05
1	1,5	1,4	1,15	1,4	1,3	1,1	1,3	1,1	1,05
0,75	1,45	1,35	1,15	1,35	1,25	1,1	1,25	1,1	1,05
0,5	1,4	1,3	1,15	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,05
0,25	1,35	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05

Таблиця Г.9 – Значення коефіцієнта K_d

Тип ліхтаря	Значення коефі-
Світлові прорізи в площині покриття, стрічкові	1
Світлові прорізи в площині покриття, штучні	1,1
Ліхтарі з похилим двобічним заскленням (трапеціє-	1,15
Ліхтарі з вертикальним двобічним заскленням (пря-	1,2
Ліхтарі з однобічним похилим заскленням (шеди)	1,3
Ліхтарі з однобічним вертикальним заскленням (ше-	1,4
ди)	

Таблиця Г.10 – Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття ρ поверхонь інтер'єру приміщення

Поверхні інтер'єру приміщення	Коефіцієнт відбиття ρ , %	Поверхні інтер'єру приміщення	Коефіцієнт відбиття ρ , %
Стеля	80—60	Нижня частина стіни (панель) та перегородки	60—40
Залізобетонні ферми та балки перекриття	70—45		
Металоконструкції	55—40	Підлога	40—10
Верхня частина стіни	70—50	Технологічне устаткування	55—25

Таблиця Г.11 – Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття стелі ($\rho_{стелі}$) та стін ($\rho_{стін}$)

Стан стелі	$\rho_{стелі}$, %	Стан стелі	$\rho_{стін}$, %
Свіжопобілена	80-65	Свіжопобілені з вікнами, закритими білими шторами	75-65
Побілена в сирих приміщеннях	65-40		
Бетонна чиста	55-45	Свіжопобілені з вікнами без штор	55-45
Бетонна брудна	35-25	Бетонні з вікнами	35-25
Світла дерев'яна (полакована)	60-45	Обклеєні світлими шпалерами	40-25
Темна дерев'яна (нефарбована)	30-25	Обклеєні темними шпалерами	15-5
Брудна (кузні, склади вугілля)	20-10	Цегляні нештукатурені	15-10

Таблиця Г.12 – Коефіцієнти відбиття ρ поверхонь з різним кольоровим пофарбування

Колір пофарбованої поверхні	Коефіцієнт відбиття ρ , %	Колір пофарбованої поверхні	Коефіцієнт відбиття ρ , %
Біла палітура	85	Світло-сіра	53
Біла напівматова	82	Сіра алюмінієва	42
Біла слонова кістка	79	Зелена (колір шавлії)	41
Кремове-біла	72	Бежева	38
Світло-рожева	69	Коричнева	23
Світло-жовта	60	Оливково-зелена	20
Світло-червона	56	Темно-коричнева	15
Блакитна	53	Темно-зелена	10
		Темно-синя	4

Таблиця Г.13 – 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 ³ пилу)	1,5	1,3
Приміщення пильні (1–5 мг/м ³ пилу)	1,8	1,5
Приміщення пильні (більше 5 мг/м ³ пилу)	2,0	1,7
Приміщення с особо чистим режимом	1,4	1,2

Таблиця Г.14 – Рекомендації до загального освітлення приміщень

Найменування цеху, ділянки, виробничої операції, устаткування	Розряд зорової роботи по ДБН В.2.5-28-2006	Освітленість, лк, при системі	
		комбінованого освітлення	загального освітлення
1	2	3	4
Механічні і інструментальні цехи			
Загальний рівень освітленості	-	-	300
Металоріжучі верстати:			
а) токарні, фрезерні, зубо- і резьбошлифовальні, заточні, прецизійні і тому подібне	IIв	2000	-
б) відрізні, довбальні, верстати-автомати, автоматичні лінії, верстати з роботами при постійному перебуванні людей	IIв	750	-
в) верстати з роботами при періодичному перебуванні людей	IIв	500	-
Розмічальні плити, слюсарні, лекальні і граверні роботи, ОТК, вимірювальні лабораторії	IIв	2000	-
Складальні цехи			
Дуже точна збірка (монтаж мікросхем, мікроелементів і тому подібне)	Iб	4000	-
Точна збірка (малих електричних машин і тому подібне)	IIб	3000	750
Збірка середньої точності (верстатів, великих електродвигунів і тому подібне)	IIIб	1000	300
Збірка малої точності (крупних виробів з блоків, візків вагонів і тому подібне)	IVб	500	200
Ремонтно-механічні цехи	-	-	400
Ковальська ділянка (нагрівальні печі, горни, кувальні молоти, ковадла)	VII	-	200
Заготівельно-розрізна ділянка (гільйотини, механічні пили)	Vб	-	200
Збірка устаткування	IIIб	-	300
Електроремонтні цехи			
Загальний рівень освітленості по цеху	-		300
Розбирання і збірка моторів, збірка щитів і панелей управління, монтажні верстаки	IIIб	1000	300
Оператори ЕОМ	III	-	300

Таблиця Г.15 – Коефіцієнт використання світлового потоку

ρ _{ст} , %	ρ _с , %	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.16 – 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

Додаток Д

Вимоги до виробничого обладнання

Таблиця Д.1 – Безпечна відстань від деталей, що рухаються, до поверхні огороження [24]

Найбільший діаметр окружності, що вписана в отвір ґрат (сітки), мм	Безпечна відстань, мм
До 8	Не менш 15
8 - 10	15 - 35
10 - 25	35 - 120
25 - 40	120 - 200

Таблиця Д.2 – Відстань від небезпечного елемента до огороження [24]

Висота розташування небезпечного елемента, мм	Висота захисного загородження, мм							
	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000 і менш
2600	100	100	100	100	100	100	100	100
2400		100	100	150	150	200	200	200
2200	-	250	350	400	500	500	600	600
2000	-	-	350	500	600	700	900	1100
1800	-	-	-	600	900	900	1000	1100
1600	-	-	-	500	900	900	1000	1300
1400	-	-	-	100	800	900	1000	1300
1200	-	-	-	-	500	900	1000	1400
1000	-	-	-	-	300	900	1000	1400
800	-	-	-	-	-	600	900	1300
600	-	-	-	-	-	-	500	1200
400	-	-	-	-	-	-	300	1200
200	-	-	-	-	-	-	200	1100

Таблиця Д.3 – Характеристики матеріалів захисних екранів [24]

Матеріал	Динамічний модуль пружності, МПа	Допустима напруженість на вигин, МПа
Оргскло «СОЛ»	2700	120
Оргскло «СТ-1»	2900	140
Оргскло «2-55»	3500	140
Сталь	205000	140 – 230
Сплави алюмінію	71000	46 – 77

Таблиця Д.4 – Найменша товщина стінок шліфувального кола [5]

Матеріали, що застосовуються для захисних кожухів		Висота кола, мм	Діаметр шліфувальних кіл, мм													
			75 - 150		175 - 300		325 - 400		425 - 500		525 - 600		625 - 700		775 - 1250	
			А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В
Для роботи кругами с окружного робочою швидкістю до 35 м/с	Ковкий чавун	50	6	6	9	8	13	9	16	13	19	16	22	19	25	22
		100	8	8	9	8	13	9	16	13	19	16	22	19	29	22
		150 и більш	10	8	9	8	16	13	19	16	22	16	25	19	32	22
	Сталеве лиття	50	4	4	6	4	8	6	10	8	12	10	15	13	18	16
		100	6	6	8	6	10	8	12	10	14	12	17	15	20	19
		150 и більш	6	6	10	8	12	10	14	12	16	14	19	17	23	21
	Листова сталь, котельне залізо	50	3	1,5	4	2	4	2	6	4	7	5	9	7	12	8
		100	3	1,5	5	3	5	3	7	5	8	6	10	8	14	10
		150 и більш	4	1,5	6	3	6	3	8	6	9	7	11	8	16	12

Продовження таблиці Д.4

Матеріали, що застосовуються для захисних кожухів		Висота круга, мм	Діаметр шліфувальних кіл, мм													
			75 - 150		175 - 300		325 - 400		425 - 500		525 - 600		625 - 700		775 - 1250	
			А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В	А	В
Для роботи кругами с окружною робочою швидкістю до 50 м/с	Сталева лиття	50	6	6	8	6	11	8	14	11	17	14	21	18	26	23
		100	8	8	11	8	14	11	17	14	20	17	24	21	28	27
		150 и більш	8	8	14	11	17	14	20	17	23	20	27	24	33	30
	Листова сталь, котельне залізо	50	4	2	6	3	7	5	8	6	10	7	13	10	17	11
		100	4	2	7	4	7	5	10	7	11	8	14	10	20	14
		150 и більш	6	3	8	4	9	6	11	8	13	10	16	12	22	16

Примітка: А – товщина циліндричної частини кожуха, мм; В – товщина бічних стінок кожуха, мм.

Додаток Е
Вимоги до організації робочих місць

Таблиця Е.1 – Вимоги до розміщення робочих місць з ПЕОМ [12]

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

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

Таблиця Е.2 – Висота стола для роботи на ПЕОМ [12]

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.3 – Основні розміри стільця [12]

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.4 – Вимоги до розміщення обладнання [12]

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

Додаток Ж
Вимоги до електробезпеки

Таблиця Ж.1 – Значення питомого опору ґрунтів і води та кліматичного коефіцієнту

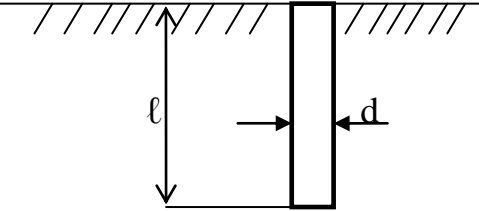
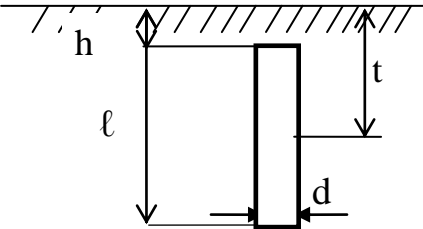
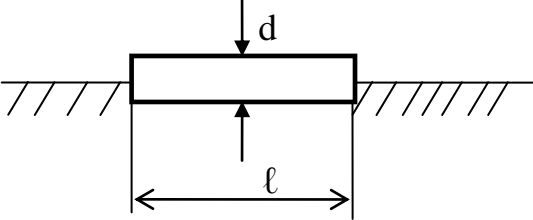
Ґрунт, вода	Питомий опір, Ом·м			Кліматичний коефіцієнт		
	При вологості 10-12% до маси ґрунту	Межі коливань	Рекомендоване для приблизних розрахунків	φ_1	φ_2	φ_3
Глина	40	8-70	60	1,6	1,3	1,2
Гравій, щебінь	–	–	2000	–	–	–
Кам'яний ґрунт	–	500-800	4000	–	–	–
Пісок	700	400-2500	500	2,4	1,56	1,2
Садова земля	40	30-60	50	–	1,3	1,2
Суглинок	100	40-150	100	2	1,5	1,4
Супісок	300	150-400	300	2	1,5	1,4
Торф	20	10-30	20	1,4	1,1	1
Чорнозем	200	9-53	30	–	1,32	1,2
Вода:	–	–	–	–	–	–
– у струмках	–	10-60	–	–	–	–
– ґрунтова	–	20-70	–	–	–	–
– морська	–	0,2-1	–	–	–	–
– ставка	–	40-50	–	–	–	–
– річна	–	10-100	–	–	–	–

Примітка. φ_1 при великій вологості ґрунту; φ_2 – при середній вологості ґрунту; φ_3 – при сухому ґрунті.

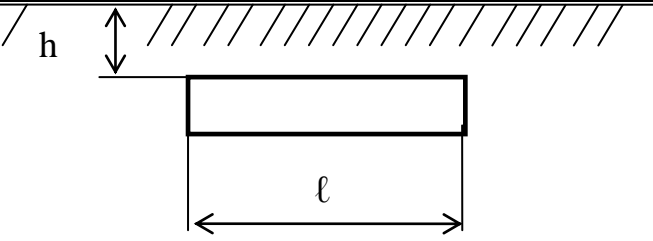
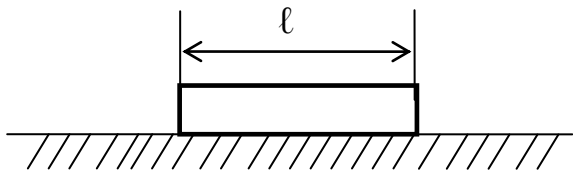
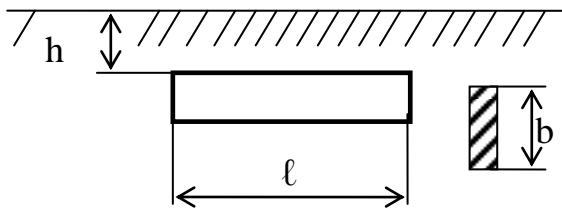
Таблиця Ж.2 – Коефіцієнти сезонності

Характеристика кліматичних зон	Кліматичні зони			
	I	II	III	IV
Середня багаторічна нижча t° (січень)	Від -20°C до -15°C	Від -14°C до -10°C	Від -10°C до -0°C	Від 0°C до $+5^{\circ}\text{C}$
Середня багаторічна вища t° (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	≈ 400	≈ 500	≈ 5000	$\approx 300-500$
Тривалість замерзання вод (днів)	190–170	150	100	0
k_c стрижневих заземлювачів ($l = 2 - 3$ м, глибина заземлення 0,5 - 0,8 м)	1,8 – 2	1,5 – 1,8	1,4 – 1,6	1,2 – 1,4
k_c горизонтальних заземлювачів ($l = 2 - 3$ м, глибина заземлення 0,5 - 0,8 м)	4,5 – 7,0	3,5 – 4,5	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0
k_c при довжині стрижнів 5 м та глибині заземлення 0,7 - 0,8 м	1,35	1,25	1,15	1,1

Таблиця Ж.3 – Значення опору розтікання природних заземлювачів

№	Тип заземлювача	Схема	Формула	Додаткові вказівки
1	2	3	4	5
1	Трубчатий або стрижневий біля поверхні ґрунту		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$l \gg d$
2	Трубчатий або стрижневий 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		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{\ell^2}{dh}$	$\ell/H \geq 5$
5	Горизонтальний смуговий на поверхні ґрунту		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{4\ell}{b}$	$\ell \gg d$
6	Горизонтальний – смуга в ґрунті		$R_3 = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{2\ell^2}{dh}$	$\ell/h \geq 5$

Таблиця Ж.4 – Коефіцієнт використання заземлювачів, η

Відношення від- стані між труба- ми (стрижнями) до їх довжини	При розташуванні в ряд		При розташуванні по контуру	
	Кількість за- землювачів	η	Кількість за- землювачів	η
1	2	0,84-0,87	4	0,66-0,72
	3	0,76-0,80	6	0,58-0,65
	5	0,67-0,72	10	0,52-0,58
	10	0,56-0,62	20	0,44-0,50
	15	0,51-0,56	40	0,38-0,44
	20	0,47-0,50	60	0,36-0,42
	-	-	100	0,33-0,39
2	2	0,90-0,92	4	0,76-0,80
	3	0,85-0,88	6	0,71-0,75
	5	0,79-0,83	10	0,66-0,71
	10	0,72-0,77	20	0,61-0,66
	15	0,66-0,73	40	0,55-0,61
	20	0,65-0,70	60	0,52-0,58
	-	-	100	0,49-0,55
3	2	0,93-0,95	4	0,84-0,86
	3	0,90-0,92	6	0,78-0,82
	5	0,85-0,88	10	0,74-0,78
	10	0,79-0,83	20	0,68-0,73
	15	0,76-0,80	40	0,64-0,69
	20	0,74-0,79	60	0,62-0,67
-	-	100	0,59-0,65	

Таблиця Ж.5 – Коефіцієнт використання шини, $\eta_{ш}$

Відношення відстані між заземлювачами до їх довжини	Кількість заземлювачів					
	4	8	10	20	30	50
1	2	3	4	5	6	7
При розташуванні шини в ряд стрижнів						
1	0,77	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21
2	0,89	0,79	0,75	0,66	0,46	0,36
3	0,92	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49
При розташуванні шини по контуру						
1	0,45	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,55	0,43	0,40	0,32	0,30	0,23
3	0,70	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37

Додаток К

Вимоги до пожежної безпеки

Таблиця К.1 – Характеристика категорій приміщень і будівель за вибухово-пожежною та пожежною небезпекою

Категорія приміщень	Характеристика речовин та матеріалів, що знаходяться (використовуються) в приміщенні
1	2
А Вибухонебезпечна	<p>Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більш 28°C в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при спалахуванні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.</p> <p>Речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа</p>
Б Вибухово-пожежонебезпечна	<p>Горючий пил чи волокна, легкозаймисті 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>Легкозаймисті, 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>
Г	<p>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</p>
Д	<p>Негорючі речовини та матеріали в холодному стані</p>

Таблиця К.2 – Класифікація пожеж

Клас пожежі	Характеристика речовин та матеріалів або об'єкта, що горить
A	Тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (дерево, текстиль, папір)
B	Горючі рідини чи тверді речовини, що розплавляються при нагріванні (нафтопродукти, спирти, каучук, стеарин, деякі синтетичні матеріали)
C	Пальні гази
D	Метали та їх сплави (алюміній, магній, лужні метали)
E	Обладнання під напругою

Таблиця К.3 – Пінні, порошкові, хладонові та вуглекислотні переносні вогнегасники [15]

Категорія при-міщення	Площа, м ²	Клас пожежі	Пінні ємністю 10 л	Порошкові ємністю 10 л	Хладонові ємністю 2 л	Вуглекислотні ємністю 5 л
А, Б	200	A	2++	1++	–	–
		B	4+	1++	4+	–
		C	–	1++	4+	–
		D	–	1++	–	–
		E	–	1++	–	2++
В	400	A	2++	1+	–	2+
		D	–	1++	–	–
		E	–	1+	2+	2++
Г	800	B	2+	1+	–	–
		C	–	1+	–	–
Г, Д	1800	A	2++	1+	–	–
		D	–	1++	–	–
		E	–	1+	2+	2++

Таблиця К.4 – Повітряно-пінні, комбіновані, порошкові та вуглекислотні переносні вогнегасники [15]

Категорія приміщення	Площа, м ²	Клас пожежі	Повітряно-пінні ємністю 100 л	Комбіновані ємністю 100 л	Порошкові ємністю 100 л	Вуглекислотні ємністю 80 л
А, Б, В	500	А	1++	1++	1++	3+
		В	2+	1++	1++	3+
		С	–	1+	1++	3+
		Д	–	–	1++	–
		Е	–	–	1+	1++
В	800	А	1++	1++	1++	2+
		В	2+	1++	1++	3+
		С	–	1+	1++	3+
		Д	–	–	1++	–
		Е	–	–	1+	1+

Примітка. Знак "++" означає вогнегасники, що рекомендуються для оснащення об'єктів; знак "+" означає вогнегасники, використання яких дозволяється при відсутності рекомендованих вогнегасників; знак "-" означає вогнегасники, що не допускаються для оснащення об'єктів

Навчальне видання

**ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
З ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ
«ОХОРОНА ПРАЦІ»
ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ
для студентів спеціальностей ТМ,МВ,ІВ**

Укладачі: ГОНЧАРОВА Світлана Анатоліївна
ДЕМЕНТІЙ Лариса Володимирівна

Редактор За авторською редакцією

2011. 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