

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

**Методичні вказівки**  
**до виконання розділу “Охорона праці”**  
**дипломних проектів**  
**для студентів спеціальності**  
**“Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні,**  
**меліоративні машини та обладнання”**

**Перезатверджено**  
**на засіданні кафедри хімії та охорони праці.**  
**Протокол № 9 від 24 січня 2012 р.**

**Рекомендовано для подальшого використання**  
**методичною комісією машинобудівного факультету ДДМА**  
**Протокол № 5 від 30.01.2012 р.**

**Краматорськ 2012**

Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” дипломних проектів для студентів спеціальності “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання” / С.О. Коновалова. – Краматорськ: ДДМА, 2006. – 80 с.

У даних методичних вказівках наведено основні вимоги щодо змісту і оформлення розділу “Охорона праці” дипломних проектів для студентів спеціальності ПТМ, наведено рекомендації щодо вибору конкретних завдань у залежності від теми дипломного проекту.

Укладач

С.О. Коновалова, доц.

Відп. за випуск

А.П.Авдєєнко, проф.

# ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 Вимоги щодо оформлення розділу „Охорона праці” .....	4
2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	6
3 Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці .....	12
3.1 Технічні засоби безпеки .....	13
3.2 Організація робочих місць. Вимоги безпеки до кабін керування.....	14
3.3 Захист від шуму та вібрації.....	15
3.3.1 Захист від шуму .....	15
Розрахунок звукоізоляції кабін і пультів управління .....	16
Завдання 1 Розрахунок звукоізоляції кабін спостереження .....	24
3.3.2 Захист від вібрації.....	25
Розрахунок віброзахисту .....	25
Завдання 2 Розрахунок віброзахисту робочого місця оператора.....	32
3.4 Вентиляція .....	33
3.5 Захист від тепловипромінювання.....	34
Розрахунок теплоізоляції .....	35
Завдання 3 Розрахунок температури постів управління за допомогою теплового балансу .....	42
3.6 Освітлення.....	43
Розрахунок прожекторного освітлення .....	44
Завдання 4 Розрахунок прожекторного освітлення .....	52
Розрахунок штучного освітлення точковим методом.....	53
Завдання 5 Розрахунок штучного освітлення точковим методом .....	59
3.7 Безпека праці при монтажі та ремонті устаткування .....	60
4 Електробезпека .....	60
Розрахунок захисного заземлення.....	61
Завдання 6 Розрахунок захисного заземлення .....	69
5 Пожежна безпека .....	70
Розрахунок часу утворення вибухонебезпечної суміші .....	71
Завдання 7 Розрахунок часу утворення вибухонебезпечної суміші.....	75
Література .....	76

## **ВСТУП**

Кожен дипломний проект повинен мати спеціальний розділ "Охорона праці", крім того, питання охорони праці та навколишнього середовища повинні знайти відображення й в інших частинах дипломного проекту.

Мета даних методичних указівок – допомогти студентам визначити в дипломних проектах зміст і обсяг питань техніки безпеки, промсанітарії, пожежної безпеки й охорони навколишнього середовища.

Завдання до дипломного проекту щодо розділу "Охорона праці" видається викладачем кафедри хімії та охорони праці після одержання студентом-дипломником основного завдання на дипломне проектування. Зміст завдання з охорони праці повинен відповідати основній темі дипломного проекту і бути його складовою частиною. Воно передбачає розробку одного чи декількох конкретних питань з техніки безпеки, промислової санітарії, пожежної профілактики, організації робочого місця чи поста керування та ін.

### **1 Вимоги щодо оформлення розділу „Охорона праці”**

Розділ "Охорона праці" обов'язково повинен містити розрахунково-пояснювальну і при необхідності – графічну частину. Розрахунково-пояснювальна частина повинна являти собою розділ обсягом 10-12 сторінок рукописного тексту і включати наступні підрозділи:

1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів для проектованого технологічного процесу, устаткування.

2 Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці для проектованого технологічного процесу, устаткування.

3 Електробезпеку.

4 Пожежна безпека.

5 Техніка безпеки при експлуатації, обслуговуванні та ремонті даного виробничого устаткування.

6 Розрахункова частина.

Перед студентом не ставиться задача докладно розглядати усі вищенаведені розділи. Питання для детальної розробки вказуються консультантом з охорони праці. Рішення студентом намічених питань здійснюється у виді конкретних інженерних розробок з наведенням відповідних розрахунків у пояснювальній записці і креслень у графічній частині проекту, а не у виді вказівок типу "повинне бути зроблено", "не допускається" та ін.

При виконанні розділу “Охорона праці” дипломного проекту необхідно:

- суворо дотримуватись ДНАОП, ГОСТів, норм, правил, інструкцій та інших нормативних документів з питань охорони праці при прийнятті та обґрунтуванні відповідних рішень (докладний список нормативної література наведено у Плані-пам’ятці [1]);

- питання щодо створювання здорових та безпечних умов праці супроводжувати посиланнями на нормативні документи, а в необхідних випадках – інженерними розрахунками, науково-дослідними і конструкторсько-дослідними даними;

- вибирати, розробляти та впроваджувати у виробництво найбільш раціональні та передові технологічні розробки і таку організацію виробництва та праці, яка зводить до мінімуму вплив на працюючу людину небезпечних та шкідливих виробничих факторів;

- проектувати прогресивну, з високим ступенем автоматизації техніку (машини, верстати, агрегати, пристрої тощо), при експлуатації якої виключається потенційна небезпека аварій, вибухів, пожеж, нещасних випадків, професійних захворювань незалежно від кваліфікації та психофізіологічного стану обслуговуючого персоналу;

- розробляти заходи з профілактики травматизму, професійних захворювань, аварій, пожеж, а також щодо підвищення культури виробництва, технічної естетики і організації праці, ергономіки.

Список використаної літератури наводиться в загальному списку залежно від побудови записки в цілому.

При захисті дипломного проекту необхідно висвітлити основні, принципові питання з охорони праці, які розроблені в проекті.

## **2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів**

У цьому розділі необхідно виконати аналіз потенційних небезпек та шкідливостей під час експлуатації устаткування, що модернізується у дипломному проекті. Визначити небезпечні та шкідливі виробничі фактори (фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні), що можуть мати місце під час експлуатації, обслуговування, ремонту та монтажу устаткування, оцінити ступінь впливу кожного фактора на працівника. Охарактеризувати причини можливих аварій, пожеж, нещасних випадків та професійних захворювань [2].

Аналіз виробничих факторів здійснюється для базового варіанта на основі даних роботи існуючих виробництв. Метою першого підрозділу є обґрунтування вибору заходів щодо забезпечення відповідних умов праці.

Відповідно до ГОСТу 12.3.033-84 "Строительные машины. Общие требования безопасности при эксплуатации" при експлуатації підйомно-транспортного обладнання на робітників можуть впливати наступні фактори:

- машини, що рухаються, їх робочі органи і частини, а також вироби, конструкції, матеріали, які переміщаються машинами;
- ґрунти, що обрушуються, і гірські породи;
- конструкції машин, що руйнуються;
- підвищена загазованість, запиленість і вологість повітря робочої зони;
- підвищене значення напруги електричного струму, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі (підлоги);
- підвищена чи знижена температура повітря на робочому місці;
- підвищена швидкість повітря в робочій зоні машини;

- підвищений рівень вібрації на робочому місці;
- підвищений рівень шуму в робочій зоні;
- недостатня видимість робочої зони з кабіни машиніста;
- фізичні і нервово-психічні перевантаження машиніста.

Головним небезпечним фактором є те, що ПТМ та інші транспортні засоби мають безліч **обертових механізмів і частин устаткування, що переміщуються**. Для кранового устаткування постійні переміщення самого крана є необхідною умовою технологічного процесу переміщення вантажів. Кількість травм, заподіяних частинами підйомно-транспортних машин і механізмів, що рухаються, складає від 18 до 21 % від загальної кількості травм, зв'язаних з експлуатацією ПТМ та інших транспортних механізмів.

Аналіз виробничого травматизму, зв'язаного з експлуатацією ПТМ, показує, що аварії і нещасні випадки відбуваються найчастіше через **порушення правил безпеки й експлуатації**. Найбільша кількість важких травм відбувається при переміщенні вантажів, насамперед, через неправильне стропування вантажу чи через неузгоджені дії крановика і стропальника.

Небезпечним фактором, на який варто звернути увагу, є також **вантаж, що піднімається**, який і без здійснення помилкових дій, при використанні справних строп і правильному стропуванні може виявитися причиною травмування.

Підвищену небезпеку являє собою **робота кранів** у металургійних цехах **при транспортуванні рідкого металу**, тому що при цьому виникає небезпека одержання важких травм у виді опіків розплавленим металом.

При експлуатації і ремонті, оглядах, чищеннях кранового устаткування обслуговуючому персоналу доводиться працювати **на висоті**, що є небезпечним фактором і у визначених ситуаціях призводить до нещасних випадків.

Важкі нещасні випадки відбуваються при **падінні** баштових і деяких стрілових кранів. Це можливо при перевантаженні крана чи падінні крана наприкінці підкранової колії через відсутність обмежника руху і тупикових упорів.

Небезпечні фактори також можуть виникнути і призвести до нещасних випадків при огляді та ремонті ПТМ і транспортного устаткування через неправильну організацію цих робіт, недостатню кваліфікацію й навчання працівників, порушення встановлених правил.

Більшість ПТМ (за винятком автомобільного транспорту) і механізмів працюють з використанням електричної енергії, тому електричний струм також є небезпечним виробничим фактором. Електротравми можуть виникнути з появою небезпечної напруги на корпусах устаткування, при торканні елементами устаткування струмоведучих проводів при роботі ПТМ поблизу ліній високої напруги.

При експлуатації екскаваторів може відбутися **втрата стійкості** машини чи мимовільний зсув екскаватора в котлован, траншею, кар'єр. Утрата стійкості можлива також при роботі баштових кранів через зміну ухилу рейкового шляху при відтаванні земляної полотнини чи його розмиви атмосферними опадами.

Прогумована транспортна стрічка є **пожаронебезпечним матеріалом**. При її запаленні та горінні створюється велика кількість шкідливих продуктів горіння, що в умовах, наприклад, підземних робіт може призвести до отруєння людей через неможливість їх швидкої евакуації з задимлених зон.

Керування транспортними механізмами зв'язано з **підвищенням напруженням зорових аналізаторів**. Тому при експлуатації підйомно-транспортного обладнання необхідно значну увагу приділити не тільки місцевому **освітленню** (кабіна машиніста, путь керування та ін.), а і освітленню всієї зони роботи обладнання.

Робота обслуговуючого персоналу вимагає постійної **підвищеної уваги**. Через це в процесі трудової діяльності виникає закономірний процес стомлення. Встановлено, що навіть при незначних фізичних навантаженнях, але при роботі з **підвищеною відповідальністю** за результати роботи спостерігається підвищена збудливість нервової системи, постійна нервова напруга. Це призводить до стомлення всього організму, наслідком чого є зни-



ження уваги і працездатності людини, що може призвести до виконання помилкових дій.

Дія шкідливих виробничих факторів при роботі ПТМ та інших транспортних механізмів визначається як за характеристиками самого устаткування, так і за характеристиками середовища, у якій працюють дані механізми. Тому при висвітлюванні цього питання необхідно також приділити увагу умовам, в яких буде експлуатуватися дане устаткування, тому що умови навколишнього середовища достатньо вагомо впливають на робітників, які обслуговують дане обладнання.

**Шум**, який створює підйомно-транспортне устаткування, як правило, лежить у межах нормативних значень, однак це устаткування може використовуватися в цехах, де високий рівень шуму створюється технологічним процесом. Це характерно, наприклад, для ковальсько-пресових цехів, де рівні шуму значно перевищують нормативи, а застосовувати засоби індивідуального захисту від шуму крановики не можуть через специфіку їх роботи.

Негативний вплив на працюючих можуть робити **метеорологічні умови**, що відхиляються від нормативів – перегрів організму при високих і переохолодження – при низьких температурах. Переохолодження можливо при роботі в зимовий час на баштових кранах, а перегрів – при роботі в різних металургійних виробництвах. У гарячих цехах на робочих місцях на рівні підлоги градієнт температури (збільшення температури в градусах на 1 м висоти) складає 1...1,5 °С. У кабіні крана на висоті 12-18 метрів температура найчастіше перевищує через це 40...45 °С.

Збільшення концентрації шкідливих **газів і пар** зі збільшенням висоти спостерігається в цехах металургійних, хімічних виробництв, термічних цехах. Сама робота з матеріалами, що порошать, призводить до перевищення ГДК за змістом пилу. Це стосується роботи екскаваторів, грейферних навантажувачів, транспортування вугілля і порожньої породи стрічковими конвеєрами і т.п.

**Наприклад**, якщо підйомно-транспортне обладнання буде експлуату-

ватися в ливарних цехах, особу увагу слід приділити небезпечним та шкідливим виробничим факторам цих цехів. У ливарних цехах основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами є: пил, пари і газу, надлишкова теплота, підвищений рівень шуму, вібрації, електромагнітні випромінювання.

**Пил** ливарних цехів є дрібнодисперсним. До 90% пилинок мають розміри менш 2 мкм. При очищенні відливок виділяється пил, що містить більш 90% двоокису кремнію, а при відбиві відливок – близько 99%. Двоокис кремнію міститься також у пилу формувальних і стрижневих сумішей. При плаві легованих сталей і кольорових металів у повітря робочої зони можуть виділятися аерозолі конденсації окислів марганцю, цинку, ванадію, нікелю і багатьох інших металів і їх сполук. До **газів**, які забруднюють повітря робочої зони ливарних цехів, відносяться акролеїн, ацетон, ацетилен, бензол, окис азоту, окиси вуглецю, двоокис сірки, уротропін, вуглекислий газ, фенол, формальдегід, хлор, етиловий спирт та ін.

**Окис вуглецю** є основним шкідливим виробничим фактором у чугуно- і сталеливарних цехах. Джерела виділення окису вуглецю – вагранки та інші плавильні агрегати, а також залиті форми в процесі остигання, сушильні печі, агрегати поверхневого підсушування форм та ін. Вуглекислий газ, якій застосовують для хімічного сушіння (твердіння) піщано-глинистих форм при великій кількості його в повітрі робочої зони призводить до зменшенню змісту кисню, що може викликати тяжке відчуття і навіть явище задухи (асфіксію).

**Надлишкове виділення тепла** здійснюється основним технологічним устаткуванням ливарних цехів – плавильними агрегатами, і складає від 14 до 62% від загальної витрати тепла на розплавлювання металу, при розплавленні металу воно дорівнює 3000 МДж на тонну металу. Інтенсивність теплового потоку на деяких робочих місцях досягає високих значень. Відомо, що інтенсивність теплового потоку менше 0,7 кВт/м<sup>2</sup> не викликає неприємного відчуття, якщо діє протягом декількох хвилин, а понад 3,5 кВт/м<sup>2</sup> уже через 2 секунди викликає печіння. Крім того, вплив теплового потоку на організм людини залежить від спектральної характеристики випромінювання. Найбі-

льшою проникаючою здатністю в організмі володіють інфрачервоні промені з довжиною хвилі до 1,5 мкм (не поглинаються шкірним покривом), а на шкіру найбільше різко діють промені з довжиною хвилі від 1,5 до 3 мкм.

Джерелами **загальної вібрації** у ливарних цехах є ударні дії вибивних грат, пневматичні формувальні, відцентрові й інші машини, що призводять до струсу підлоги та інших конструктивних елементів цеху. Найбільші рівні **шуму** характерні для ділянок формування, вибивки відливок, зачищення, обрубки і деяких інших. **Ультразвук** застосовується для обробки рідких розплавів, очищення відливок, а також в установках і системах очищення газів. Для цього використовують генератори з діапазоном частот 18...22 кГц.

У ливарних цехах застосовують також установки для плавлення і нагрівання металу, сушіння форм і стрижнів. Це устаткування генерує **електромагнітні поля**. Джерела **іонізуючих випромінювань** у ливарному виробництві застосовують для плавлення, виявлення дефектів у виливках, контролі й автоматизації технологічних процесів.

Перелічені фактори не вичерпують усіх небезпек і шкідливостей, що можуть виникати в умовах виробництва. Тому при аналізі умов праці необхідно орієнтуватися на конкретний технологічний процес.

За результатами комплексного аналізу основних елементів технологічного процесу, що формують небезпечні та шкідливі виробничі фактори, проводиться кількісна оцінка їх і складається зведена відомість небезпечних і шкідливих виробничих факторів з їх числовими значеннями, до яких відносяться:

- величина фактора у фізичних одиницях і перевищення фактором регламентованої нормами граничнодопустимого значення;
- тривалість впливу фактора на працюючих протягом зміни в годинах і відсотках;
- імовірність дії (появи) тієї чи іншої небезпеки чи шкідливості та фактори, що впливають на значення цієї імовірності.

Гранично-допустимі значення беруться з ГОСТів, СНиПів, СН, ОСТів

чи стандартів і правил підприємств.

Наступним етапом комплексного аналізу умов праці є встановлення чи призначення вимог до мікроклімату, освітленості, загазованості, шуму й іншим факторам, що діють на працюючих і що знаходяться в межах вимог ГОСТів ССБТ, СНіПів і СН.

### **3 Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці**

У цьому підрозділі необхідно навести переваги об'єкта, що проектується, з точки зору охорони праці: аналіз з точки зору техніки безпеки, ергономіки, технічної естетики – зручність та безпека при експлуатації, ремонті, налагодженні, монтажі, демонтажі устаткування; зменшення трудомісткості виконання технологічних операцій на основі фізіологічної оцінки рухів працівника під час роботи; ергономічна розробка органів керування; застосування надійніших запобіжних та блокувальних пристосувань, гальмових пристроїв, систем сигналізації, захисних огорож; зниження концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони; зниження рівнів шуму та вібрації; покращення зовнішнього вигляду устаткування та ін. [2...29].

Цей підрозділ повинен включати наступні питання:

- технічні заходи щодо забезпечення безпеки устаткування та процесів;
- організація робочого місця машиніста;
- вимоги безпеки до систем керування;
- санітарно-гігієнічні заходи.

При розробці мір захисту від виявлених небезпечних і шкідливих виробничих факторів необхідно дати опис застосовуваних мір захисту, навести схеми, ескізи захисних пристроїв, вказати й обґрунтувати інженерні рішення, що вимагають більш глибокого пророблення і розрахунку.

Неприпустимо упускати з розгляду небезпечні та шкідливі виробничі фактори, виявлені в першому розділі глави "Охорона праці".

При розробці мір захисту від виявлених потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів варто враховувати вимоги нормативних доку-

ментів і давати посилання на них.

### 3.1 Технічні засоби безпеки

У цьому підрозділі треба освітити технічні засоби безпеки, що передбачені проектом [27...38].

**Захисні огорожі.** Визначити найбільш травманебезпечні зони устаткування, що потребують встановлення захисних огорож (матеріали, заготовки, вироби та частини устаткування, що рухаються; струмопровідні неізольовані 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. Навести рисунок конструктивного виконання захисної огорожі, її закріплення та фіксацію на устаткуванні.

**Запобіжні пристосування.** Обґрунтувати вибір відповідних запобіжних пристосувань, призначених для попередження поломок окремих частин устаткування та аварійних ситуацій.

**Блокувальні пристрої.** Обґрунтувати вибір відповідних типів блокувальних пристроїв та місць їх встановлення.

**Засоби сигналізації та індикації.** 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. Навести рисунок (при необхідності) панелі сигналізації та індикації.

**Засоби автоматизації та механізації.** Визначити технологічні операції на устаткування, які необхідно було б механізувати та (або) автоматизувати

(трудомісткі, важкі, небезпечні, монотонні, такі, що потребують значної швидкодії з боку обслуговуючого персоналу). Обґрунтувати вибір засобів механізації та (або) автоматизації (пристрої для встановлення заготовок, завантаження, транспортування, автоматизованого контролю, програмованого керування та ін.).

### **3.2 Організація робочих місць. Вимоги безпеки до кабін керування**

У цьому підрозділі необхідно розробити раціональну організацію робочого місця робітника, яке б забезпечувало високу ефективність та безпеку праці при виконанні кожної технологічної операції. На робочому місці необхідно передбачити площу для розміщення основного та допоміжного устаткування, а також відповідних пристосувань. Навести схему організації робочого місця:

- дати опис робочого місця, пульта і органів керування, їх розмірів і габаритів;
- описати конструкцію сидіння робітника;
- дати опис основних робочих поз і фізичних зусиль;
- показати схематично розміри окремих пультів керування з розташуванням на ньому важелів і кнопок з оцінкою їхньої важливості і частоти користування, а також колірною оформлення;
- оцінити колірне фарбування приміщення в залежності від його призначення і технологічного процесу, обґрунтувати необхідний колір фарбування приміщення;
- порівняти всі ергономічні параметри з вимогами ГОСТів;
- визначити відхилення і намітити чи розробити заходи щодо ліквідації невідповідності.

Основне робоче місце на крані – кабіна кранівника, з якої керують краном. Місце установки кабіни має бути таким, щоб крановик міг спостерігати за вантажозахоплюючим органом і вантажем у процесі всієї роботи крана, забезпечуючи безпеку людей, що знаходяться в робочій зоні, схоронність

устаткування і будівель.

При розробці робочого місця машиніста треба дотримуватися основних вимог безпеки до систем керування, враховувати основні ергономічні вимоги щодо розміщення важелів керування, робочого крісла и панелі управління [27...37], брати до уваги основні принципи, які викладено в ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ "Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам". Конкретні рекомендації дано в ГОСТі 12.2.032-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» і ГОСТі 12.2.033-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

Варто мати на увазі, що виконання ергономічних рекомендацій у дипломному проекті має бути таким, щоб їх здійснення могло бути не тільки конструктивно і технічно можливо, але й економічно доцільно.

### **3.3 Захист від шуму та вібрації**

Боротьба із шумом і вібраціями полягає в застосуванні комплексу інженерно-технічних заходів, що впливають з аналізу шкідливих виробничих факторів, які мають місце в проектуваному цеху (ділянці), на проектуваному устаткуванні. Таким чином, від виявлення джерел і причин виникнення шуму і вібрації, оцінки їх інтенсивності залежить вибір заходів щодо зниження рівнів шуму і вібрації.

#### **3.3.1 Захист від шуму**

При розгляді цього питання слід приділити увагу тим заходам і засобам, які можуть використовуватися саме для проектуваного обладнання.

При проектуванні, модернізації устаткування необхідно, насамперед, розробляти заходи, які зменшують шум в джерелі його виникнення (наприклад, застосування замість прямозубних шестірень косозубних, підвищення класів точності обробки і чистоти поверхні шестірень, заміну, коли це можливо, підшипників ковзання, металевих деталей деталями з пластмас і інших незвучних матеріалів, застосування примусового змащення тертьових частин

та ін.). Лише потім слід наводити всі інші.

У необхідних випадках потрібно зробити розрахунок рівня шуму на робочих місцях, і якщо розрахунковий рівень шуму з урахуванням заходів щодо його зниження перевищує допустимі значення, мають бути дані рекомендації щодо використання засобів індивідуального захисту.

### **Розрахунок звукоізоляції кабін і пультів управління**

З метою захисту від шуму обслуговуючого персоналу на виробничих ділянках з шумними технологічними процесами або з шумним обладнанням необхідно влаштовувати кабінки спостереження та дистанційного контролю. Використовуючи звукоізольовані кабінки, можна забезпечити практично будь-яке необхідне зниження шуму.

Кабінки виготовляються з цегли, бетону та інших будівельних матеріалів. Кабінки можуть бути збірними з металевих панелей. У приміщеннях з джерелами теплових випромінювань кабінки повинні також забезпечувати захист від цього шкідливого чинника.

Збірні звукоізольовані кабінки встановлюються на гумових віброізоляторах. З метою зниження шуму, який створюється припливно-витяжною системою вентиляції, необхідно встановлювати глушители шуму з боку входу та виходу повітря.

Вікна мають бути мінімальних розмірів з використанням товстого скла або з органічного скла. За периметром вікна необхідно герметизувати гумовими прокладками. При використанні подвійного скління між листами скла встановлюється звукоізольована прокладка по периметру вікна.

У дверях кабінки необхідно забезпечити щільність та герметичність по всьому периметру дверей. При умові високої необхідної ізоляції двері повинні бути подвійними. У місцях прокладки технологічних комунікацій слід також передбачати заходи звукоізоляції. Внутрішні поверхні кабінки лічкуються звукопоглинальним матеріалом з максимальними коефіцієнтами звукопоглинання в діапазоні 250-2000 Гц.

Згідно з ГОСТ 12.2.098-84 звукоізольовані кабінки залежно від ступе-



ня ізоляції від повітряного шуму поділяються на чотири класи (табл. 1).

Таблиця 1 – Класи кабін залежно від ступеня ізоляція кабін від повітряного шуму, дБ

Клас кабін	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	25	30	35	40	45	50	50	45
2	15-24	20-29	25-34	30-39	35-44	40-49	40-49	35-44
3	5-14	10-19	15-24	20-29	25-34	30-39	30-39	25-34
4	0-4	0-9	5-14	10-19	15-24	20-29	20-29	15-24

Необхідне зниження шуму кабіною визначається за формулою

$$R_{\text{каб.н.}} = L_{\text{ш}} - L_{\text{дон}}, \quad (1)$$

де  $L_{\text{ш}}$  – октавний рівень звукового тиску на робочому місці шумного приміщення на передбачуваному місці встановлення кабін, дБ;

$L_{\text{дон}}$  – допустимий рівень звукового тиску на робочих місцях в кабіні, дБ.

Допустимі рівні звукового тиску для деяких робочих місць наведено в таблиці 2.

Необхідна звукоізолювана здатність елементів огорожувальних конструкцій (вікон, стін та дверей звукоізолюваних кабін) визначається за формулою

$$R_{\text{н.і.}} = L_{\text{сер}} - 10 \lg B_i + 10 \lg S_i - L_{\text{дон}} + 10 \lg n, \quad (2)$$

де  $L_{\text{сер}}$  – середній октавний рівень звукового тиску в шумному приміщенні, дБ.;

$B_i$  – постійна кабін у даній октавній смузі частот,  $\text{м}^2$ , визначається згідно з рисунком 1 та таблицями 3, 4;

$S_i$  – площа розглянутого огороження або його елемента, через котрі шум проникає в ізолюване приміщення,  $\text{м}^2$ ;

$n$  – загальна кількість окремих елементів огорожень.

Таблиця 2 – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, еквівалентні рівні шуму на робочих місцях

Робоче місто	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах зі середньгеометричними частотами, Гц								Еквівалентний рівень шуму, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Приміщення конструкторських бюро, розраховувачів, програмістів ЕОМ, лабораторій для теоретичних робіт	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Приміщення і ділянки точної зборки	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Робочі місця з пультами в кабінах нагляду і дистанційного керування без мовного зв'язку по телефону	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Постійні робочі місця і робочі зони у виробничому приміщенні	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Постійну приміщення  $B$  визначають множенням постійної приміщення на середньгеометричній частоті 1000 Гц ( $B_{1000}$ ) на частотний множник  $\mu$  ( $B = B_{1000} \mu$ ). Постійна приміщення  $B_{1000}$  визначається за графіком (рис. 1).  $B_{1000}, \text{м}^2$

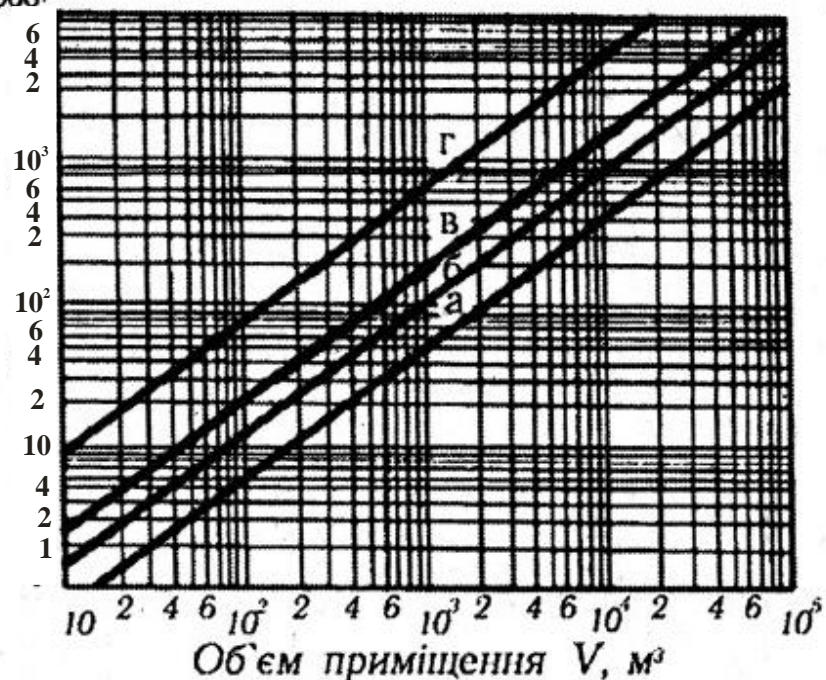


Рисунок 1 – Графік для визначення постійної приміщення  $B_{1000}$

Вибір індексу прямої (а–г) при користуванні графіком здійснюється за таблицею 3, а частотного множника – за таблицею 4.

Таблиця 3 – Вибір індексу прямої на рис. 1.

Опис приміщення	Індекс прямої
Без меблів, з невеликою кількістю людей (металообробні цехи, вентиляційні камери, генераторні, машинні зали, випробувальні стенди і т. і.).	<i>a</i>
З жорсткими меблями або з невеликою кількістю людей і м'якими меблями (лабораторії, деревообробні цехи і т.і.).	<i>б</i>
З великою кількістю людей і м'якими меблями (приміщення адміністративних зданій, конструкторські зали).	<i>в</i>
Приміщення із звукопоглинальним облицюванням стелі та частини стін.	<i>г</i>

Таблиця 4 – Частотний множник  $\mu$ .

Об'єм приміщення, м <sup>3</sup>	Середньгеометрична частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V \leq 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$V = 200 \dots 500$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V \geq 500$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

### Порядок розрахунку захисту кабіни від шуму

При конструюванні кабіни за формулою (1) визначається необхідне зниження шуму кабіною  $R_{каб.н.}$ .

Вибирається конструкція типової кабіни або проектується нова кабіна (вид кабіни, кількість вікон, матеріал огорожень, конструкція звукопоглинального покриття тощо).

За формулою (2) визначається необхідна ізоляція повітряного шуму  $R_{н.і.}$  кожним елементом кабіни і вибирається відповідна конструкція цього елемента. При цьому використовуються дані щодо звукоізоляції огорожень, дверей та вікон (табл. 5...7).

Наприкінці виконується перевірочний розрахунок очікуваного зниження шуму кабіною  $R_{каб}$  за формулою

$$R_{каб} = R_{сер} + 10 \lg B_k - 10 \lg \sum_{i=1}^n S_i, \quad (3)$$

де  $R_{сер}$  – середня звукоізоляція всіх огорожень кабіни, дБ;

$S_i$  - площа кожного елемента огороження, м<sup>2</sup>;

$n$  – загальна кількість елементів огороження;

$R_{сер}$  – середня ізоляція повітряного шуму даною неоднорідною (збірною) огорожувальною конструкцією визначається за формулою

$$R_{н\grave{a}\delta} = 10 \lg \left( \frac{S_{з\grave{a}\delta}}{\sum_{i=1}^n S_i \cdot 10^{-0,1R_i}} \right), \quad (4)$$

де  $S_{з\grave{a}\delta}$  – загальна площа неоднорідного огороження, м<sup>2</sup>;

$S_i$  та  $R_i$  – площа, м<sup>2</sup>, та звукоізоляція, дБ, окремого елемента (вікна, дверей, суцільної частини огороження);

$n$  – кількість елементів.

Таблиця 5 – Звукоізоляція вікнами, дБ

Конструкція	Товщина, мм		Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц					
	скла	зазору	125	250	500	1000	2000	4000
Одинарне вікно з органічним склом	5	-	13	18	23	28	33	35
	10	-	18	23	28	33	35	32
	20	-	23	28	33	35	32	40
Подвійне вікно з силікатним склом	3 і 3	100	37	32	37	43	49	45
	7 і 7	100	38	38	45	46	46	58
	3 і 3	100	32	33	41	49	52	49
	3 і 3	200	38	39	49	49	52	49
	7 і 7	100	37	39	48	49	51	58
Подвійне вікно з органічним склом	4 і 4	100	23	33	39	48	55	61
	4 і 4	150	27	36	45	48	53	61
Склоблоки	98	-	37	40	42	45	48	50
Оглядове вікно	60 і 18	200	40	47	55	63	70	70
Те ж	80 і 18	400	45	52	59	69	75	75

Таблиця 6 – Звукоізоляція стін та перегородок, дБ

Конструкція	Товщина, мм	Поверхнева густина, кг/м <sup>2</sup>	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Цегляна кладка, оштукатурена з двох сторін	140	220	32	39	40	42	48	54	60	60
	270	420	36	41	44	51	58	64	65	65
	410	620	41	44	48	55	61	65	65	65
	520	820	45	45	52	59	65	70	70	70
	680	1000	45	47	55	60	67	70	70	70
Залізобетонна панель	50	125	31	31	33	36	43	49	58	60
	100	250	38	38	38	44	50	58	60	60
	160	400	43	43	43	51	60	63	63	63
	200	500	40	42	44	51	59	65	65	65
	300	750	44	44	50	58	65	69	69	69
	400	1000	45	47	55	61	67	70	70	70
Гіпсобетонна панель	80	115	32	32	33	39	47	54	60	60
Керамзитобетонна панель	80	100	33	33	34	39	47	52	60	60
Пемзобетонна панель, оштукатурена з двох сторін	130	255	37	37	37	46	50	60	60	60
Шлакобетонна панель	140	250	39	39	39	46	53	60	60	60
	250	400	42	42	42	50	59	64	64	64
Шлакоблоки, оштукатурені з двох сторін	220	360	41	42	42	48	54	60	63	65
Деревостружкова плита	30	12	23	23	26	26	26	26	26	26
Сталева плита з ребрамн жорсткості	0,7	5,5	10	15	19	22	26	30	34	38
	1	8	12	17	20	24	28	32	36	36
	2	16	16	20	24	28	32	26	35	33
	3	23	19	23	27	31	35	37	30	39
	4	31	21	25	29	33	36	34	34	41
	6	47	23	27	31	35	37	30	39	43
	8	62	24	28	32	36	34	33	40	44
	10	78	26	30	34	36	32	36	42	46

Таблиця 7 – Звукоізоляція дверима, дБ

Конструкція	Умови прилягання по периметру	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
Стандартне дверне полотно товщиною 40 мм	Без ущільнювальних прокладок	12	14	16	22	22	20
	З ущільнювальними прокладками з пористої гуми	21	25	25	26	26	23
Те ж, з оббивкою дерматином по мінеральній повсті	Ущільнювальний валик на дверній коробці	20	26	29	32	35	36
Дверне полотно товщиною 84 мм з двох зовнішніх листів фанери та одного азбоцементного листа	Через два ряди прокладок з пористої гуми	21	25	31	37	39	35
Подвійні двері попередньої конструкції з тамбуром шириною 30 мм	Через два ряди прокладок з пористої гуми	31	29	36	46	49	42
Двері звукоізольовані полегшені	Через прокладки з пористої гуми	18	30	39	42	45	42
Те ж, подвійні з тамбуром шириною 200 мм	Через прокладки з пористої гуми	25	42	55	58	60	60
Двері звукоізольовані важкі	Через прокладки з пористої гуми	24	36	45	51	50	49
Те ж, подвійні з тамбуром шириною 300 мм	Через прокладки з пористої гуми	34	46	60	65	65	65

Необхідна звукоізоляція кожного з елементів в цьому випадку буде

$$R_i = R_{сер} + 10 \lg(S_i/S_{заг}) + 10 \lg n . \quad (5)$$

Якщо  $R_{каб} \geq R_{каб.н.}$ , то в цьому випадку розрахунок закінчується. В іншому випадку необхідно збільшити звукоізоляцію огорожень.

**Приклад розрахунку.** Виконати проект стіни (з вікном та дверима) та перекриття kabіни спостереження залу вібростендів. Розміри kabіни – 12х6х4 м. Площа глухої частини стіни  $S_1$  та перекриття kabіни спостереження  $S_2$ , що межує з залом вібростендів, відповідно складає 48 та 72 м<sup>2</sup>, площа дверей  $S_3=4$  м<sup>2</sup>, площа вікна  $S_4=3$  м<sup>2</sup>. Середній рівень звукової потужності  $L_{сер}$  усіх вібростендів наведено в таблиці 8.

**Рішення.** За рисунком 1 визначаємо постійну  $B_{к1000}$  kabіни спостереження, яка згідно з даними таблиці 3 відноситься до категорії **a**:  $B_{к1000}=15$ .

Частотний множник  $\mu$  визначаємо для кожної середньгеометричної частоти октавної смуги за допомогою таблиці 4 відповідно об'єму кабіни спостереження  $V=288 \text{ м}^3$ . Отримані дані заносимо до таблиці 9.

Таблиця 8 – Середній рівень звукової потужності  $L_{сер}$  вібростендів

Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{сер}$	93	90	91	105	107	110	115	117

Необхідна звукоізолювана здатність кожного елемента визначається за формулою (2). Допустимі рівні звукового тиску вибираються з таблиці 2. Результати занесено до таблиці 9.

Таблиця 9 – Результати розрахунку звукоізоляції кабіни спостереження

Величина	Одиниця виміру	Посилання	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$B_{к1000}$	$\text{м}^2$	Рис.1	–	–	–	–	15	–	–	–
$\mu (V=288 \text{ м}^3)$	–	Табл.3	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$B_{к} = B_{к1000} \mu$	$\text{м}^2$	–	10	9	10	11	15	23	36	63
$L_{сер}$	дБ	Табл.8	93	90	91	105	107	110	115	117
$L_{дон}$	дБ	Табл.2	91	83	77	73	70	68	66	64
$10 \lg 4$	дБ	–	6	6	6	6	6	6	6	6
$10 \lg B_{к}$	дБ	–	10	10	10	11	12	14	16	18
$\Delta = L_{сер} - 10 \lg B_{к} - L_{дон} + 10 \lg n$	дБ	–	-2	3	10	28	31	34	39	41
$10 \lg S_1 (S_1=48\text{м}^2)$	дБ	–	17	17	17	17	17	17	17	17
$10 \lg S_2 (S_2=72\text{м}^2)$	дБ	–	19	19	19	19	19	19	19	19
$10 \lg S_3 (S_3=4\text{м}^2)$	дБ	–	6	6	6	6	6	6	6	6
$10 \lg S_4 (S_4=3\text{м}^2)$	дБ	–	5	5	5	5	5	5	5	5
$R_{н.1} = \Delta + 10 \lg S_1$	дБ	Форм.(2)	15	20	27	44	48	51	56	58
$R_{н.2} = \Delta + 10 \lg S_2$	дБ	Форм.(2)	17	22	29	46	50	53	58	60
$R_{н.3} = \Delta + 10 \lg S_3$	дБ	Форм.(2)	4	9	16	34	37	41	45	47
$R_{н.4} = \Delta + 10 \lg S_4$	дБ	Форм.(2)	3	8	15	32	36	39	44	46

Конструкція елементів огороження з необхідною величиною звукоізолюваної здатності вибирається за таблицями 5-7. Величини звукоізолюваної здатності вибраних конструкцій наведено в таблиці 10.

Виконуємо перевірочний розрахунок за формулами (3) і (4). Порівнюємо одержані результати зі значенням  $R_{каб.н.}$ , розрахованим за формулою (1). Результати занесено до таблиці 11.

Таблиця 10 – Звукоізолювана здатність вибраних конструкцій

Конструкція	Середньогометрична частота октавної смуги, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Цегляна кладка, оштукатурена з двох сторін (140; 220)	32	39	40	42	48	54	60	60
Двері звукоізолювані важкі (прокладки з пористої гуми)		24	36	45	51	50	49	
Подвійне вікно з силікатним склом (3 і 3; 100)		32	33	41	49	52	49	

Як видно з результатів розрахунків (табл.11), вибрані конструкції для кабіни цілком відповідають заданим умовам. Згідно з даними таблиці 1 дана кабіна відноситься до першого класу.

Таблиця 11 – Результати перевірочних розрахунків

Величина	Одиниця виміру	Посилання	Середньогометрична частота октавної смуги, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$R_{каб.н.}$	дБ	Форм.(1)	2	7	14	32	37	42	49	53
$R_{сер}$	дБ	Форм.(4)	31	36	39	42	48	54	58	58
$R_{каб}$	дБ	Форм.(3)	20	25	28	32	39	46	52	55

### Завдання 1 Розрахунок звукоізоляції кабін спостереження

Виконати проект стін (з вікном та дверима) кабіни дистанційного керування. Розміри кабіни –  $a \times b \times c$  м. Площа глухих частин стін, що межують з цехом, дорівнює  $S_1$ , площа дверей  $S_2$ , площа вікон  $S_3$ . Середній рівень звукової потужності цеху –  $L_{сер}$ . Визначити клас спроектованої кабіни в залежності від її ступеня ізоляції від шуму.

Таблиця 12 – Варіанти завдання

Варіант	$a$	$b$	$c$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$L_{сер}$							
							63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	4	4	2	14	2	8	93	90	91	108	105	104	110	111
2	6	4	3	30	2	10	92	93	95	97	100	102	110	115
3	8	6	3	44	2	14	90	91	91	92	95	110	115	115
4	10	5	4	61	4	15	86	88	90	92	94	96	97	99
5	12	8	4	72	4	20	82	86	88	90	91	92	94	96
6	4	6	2	20	2	10	81	85	87	89	90	91	92	94
7	6	6	3	40	2	12	87	93	96	97	100	103	105	110
8	8	4	3	34	2	12	82	84	88	92	94	96	98	100
9	10	5	4	61	4	15	94	96	98	100	102	104	106	108
10	12	6	4	74	4	18	96	97	99	100	102	105	107	110



### **3.3.2 Захист від вібрації**

Основним способом забезпечення вібробезпеки має бути створення і застосування вібробезпечних машин. При проектуванні технологічних процесів, обладнання, виробничих будинків і споруджень має бути:

- обрано машини з найменшою вібрацією;
- зафіксовано робочі місця (зони), на яких працюючі можуть піддаватися впливу вібрації;
- визначено вимоги вібробезпеки за санітарними нормами з урахуванням тимчасових обмежень впливу вібрації, закладених у технологічний процес і зафіксованих у проектній документації;
- розроблено схеми розміщення машин з урахуванням створення мінімальних рівнів вібрації на робочих місцях;
- зроблено і зазначено в проектно-технологічній документації оцінку очікуваного вібраційного навантаження на оператора;
- обрано і розраховано необхідні засоби віброзахисту для машин чи робочих місць, що забезпечують разом з будівельними рішеннями виконання вимог вібробезпеки праці.

#### **Розрахунок віброзахисту**

Віброізоляція – один з найбільш розповсюджених методів захисту від вібрацій. Він реалізується шляхом уведення додаткового пружного зв'язку (віброізоляторів) між джерелом вібрації й об'єктом, що захищається. Віброізоляція здійснюється як з метою захисту устаткування від вібрацій основи (фундаменту), так і з метою захисту робочого місця від вібрацій самого устаткування. Для віброізоляції стаціонарного технологічного устаткування з метою поліпшення умов праці в якості віброізоляторів практично завжди використовують пружини чи гумові прокладки. Нижче розглянуто методику їх проектного розрахунку.

Розрахунок віброізоляторів зводиться до визначення їх пружності і геометричних параметрів: висоти, площі і кількості гумових прокладок чи діа-

метра, числа витків і радіуса дроту пружин.

Вихідною передумовою для розрахунку є необхідність виконання умови  $f/f_0 = 3 \dots 4$ , де  $f$  - частота коливань сили, що збуджує,  $f_0$  - відповідна власна частота коливань устаткування на віброізоляторах. Це відповідає оптимальній віброізоляції з погляду значення коефіцієнта передачі **КП** і експлуатаційних характеристик. Коефіцієнт передачі **КП** розраховується за наступною формулою

$$КП = A_{норм} / A_{осн} = [(f / f_0)^2 - 1]^{-1}, \quad (6)$$

де  $A_{норм}$  – нормативне значення амплітуди зсуву основи відповідно ГОСТу,

$A_{осн}$  – амплітуда зсуву вимушених коливань плити основи, що віброізолюється.

Частота коливань збуджуючої сили визначається за формулою  $f = n/60$ , де  $n$  – кількість обертів двигуна. При наявності декількох електродвигунів для розрахунку використовують найменше з отриманих значень. За відомим  $f$  визначають  $f_0$  системи  $f_0 = f / (3 \dots 4)$ .

При низькочастотних вібраціях, а також несприятливих умовах експлуатації (наявність високих температур, олій, пар кислот, лугів) рекомендується використання пружин. При цьому слід зазначити, що пружини довше зберігають свої пружні властивості, ніж гумові прокладки. Як пружинні амортизатори найчастіше застосовуються сталеві кручені пружини, виготовлені з прутка круглого перерізу.

### **Послідовність розрахунку пружинних амортизаторів**

Для розрахунку пружини, призначеної для віброізоляції, необхідні наступні вихідні дані:

- а) статичне навантаження  $P_{см1}$ , що припадає на один амортизатор, Н;
- б) амплітуда коливального зсуву верхнього торця пружини при робочому режимі машини  $\xi_1$ , м;

в) пружність пружини у вертикальному напрямку  $k_1$ , Н/м;

г) напруга, що допускається, на крутіння матеріалу пружини  $\tau$ , Н/м<sup>2</sup> (табл. 13);

д) модуль пружності на зсув,  $G$ , Н/м<sup>2</sup> (табл. 13)

Таблиця 13 – Напруги, що допускаються, для пружинних сталей

Сталь		Модуль пружності на зсув $G$ , $\cdot 10^{10}$ Н/м <sup>2</sup>	Напруги, що допускаються		Призначення
Група	Марка		Режим роботи	$\tau$ , $\cdot 10^8$ Н/м <sup>2</sup>	
Вуглеродиста	70	7,83	Легкий	4,11	Для пружин з відносно низькими напругами при діаметрі дроту менш 8 мм
			Середній	3,73	
			Важкий	2,47	
Хромова-надієва загартована в олії	50ХФА	7,7	Легкий	5,49	Для пружин, які сприймають динамічне навантаження, при діаметрі прутка не менш 12,5 мм
			Середній	4,90	
			Важкий	3,92	
Кремніста	55 С 2; 60 С 2; 60 С 2 А; 63 С 2 А	7,45	Легкий	5,49	Для пружин, які сприймають динамічне навантаження, при діаметрі прутка більш 10 мм, а також для ресор
			Середній	4,41	
			Важкий	3,43	

1 Розрахункове навантаження  $P_1$ , Н, на одну пружину;

$$P_1 = P_{\text{ст1}} + 1,5 \cdot P_{\text{дин1}} \quad (7)$$

де  $P_{\text{ст1}}$  – статичне навантаження, що припадає на одну пружину, Н,

$$P_{\text{ст1}} = \frac{P}{n}, \quad (8)$$

де  $P$  – вага машини, Н;

$n$  – кількість пружин;

$P_{\text{дин1}}$  – динамічне навантаження, що припадає на одну пружину, Н,

$$P_{\text{дин1}} = \xi \cdot k_1, \quad (9)$$

де  $k_1$  – жорсткість одного амортизатора у вертикальному напрямку, Н/м;

$\xi$  – амплітуда вертикальних коливань об'єкта на робочій частоті, м,

$$\xi = \frac{P}{(P/g) \cdot \omega^2 - k_c}, \quad (10)$$

де  $g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$\omega$  – кутова частота коливань системи, рад/с;

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \quad (11)$$

де  $f$  – частота, Гц;

$k_c$  – загальна жорсткість всіх амортизаторів у вертикальному напрямку:

$$k_c = m \cdot \varrho \cdot \pi \cdot f_0^2, \quad (12)$$

де  $m$  – маса механізму, що підлягає віброізоляції (включаючи масу основи), кг,  $m = P/g$ ;

$f_0$  – частота власних коливань системи, Гц:

$$f_0 = \frac{f}{\Psi} = \frac{f}{3 \div 4}, \quad (13)$$

де  $f$  – частота збуджуючої сили, Гц;

$\Psi$  – коефіцієнт відносини частоти сили, що збуджує, до частоти власних коливань (рекомендується  $\Psi = 3 \div 4$ ).

$$k_1 = \frac{k_c}{n} = \frac{m}{n} \cdot \varrho \cdot \pi \cdot f_0^2. \quad (14)$$

Множник 1,5, на який збільшується  $P_{дин}$  (формула б), забезпечує необхідний запас усталостної міцності пружини.

2 Діаметр сталевого прутка пружини у метрах визначається за формулою

$$d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot P_1 \cdot \varepsilon}{T}}, \quad (15)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який враховує додаткову напругу зрізу (рис. 2), що виникає в точках перерізу прутка, розташованих ближче усього до осі пружини;

$\varepsilon$  – індекс пружини:

$$\varepsilon = \frac{D}{d} \cong 4 \div 10 \quad (16)$$

де  $D$ - середній діаметр пружини, м;

$d$  – діаметр дроту, м;

$\tau$  – напруга зсуву, що допускається, при крутінні, Н/м<sup>2</sup> (табл. 13).

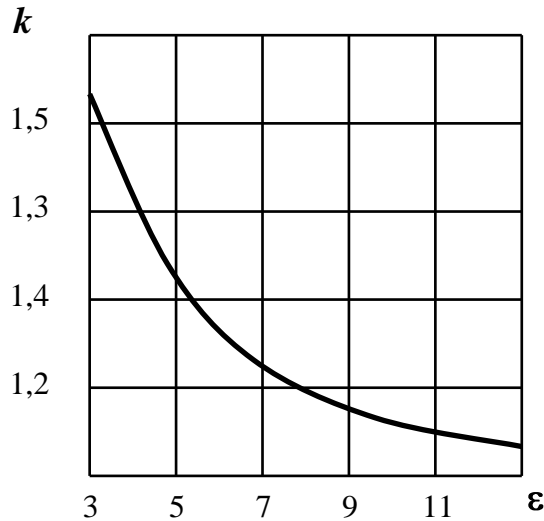


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнту  $k$  від індексу пружини

3 Кількість робочих витків пружини

$$i_1 = \frac{G \cdot d}{8 \cdot k_1 \cdot \varepsilon^3}, \quad (17)$$

де  $G$  – модуль зсуву матеріалу пружини, Н/м<sup>2</sup> (табл. 13).

4 Загальна кількість витків пружини

$$i = i_1 + i_2, \quad (18)$$

де  $i_2$  – кількість неробочих витків пружини (при  $i_1 > 7 \rightarrow i_2 = 2,5$ , при  $i_1 < 7 \rightarrow i_2 = 1,5$ ).

Шаг витка дорівнює  $h = 0,25D$ .

5 Висота ненавантаженої пружини

$$H_0 = i \cdot h + (i_2 - 0,5) \cdot D. \quad (19)$$

Отримане значення висоти ненавантаженої пружини має бути  $H_0 \leq 2 \cdot D$ .

6 Ефективність віброізоляції, дБ

$$\Delta h = 40 \cdot \lg \frac{f}{f_0}. \quad (20)$$

7 Вибір готової пружини, що випускається промисловістю.

Перевірочний розрахунок обраної пружини здійснюється за наступною схемою:

1 Визначається максимально припустиме статичне навантаження

$$P_{\text{н\ddot{o}}} = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot \sigma}{8 \cdot k \cdot D} = 1,5 \cdot P_{\text{д\ddot{e}т}}. \quad (21)$$

2 Визначається жорсткість пружини у вертикальному напрямку

$$k_1 = \frac{G \cdot d}{8 \cdot \epsilon^3 \cdot i}. \quad (22)$$

3 Знаходиться кількість пружин з умови:

$$\frac{Q}{P_{\text{н\ddot{o}}}} \leq n \leq \frac{k_c}{k_1}, \quad (23)$$

де  $Q$  – вага машини, Н,

$k_c$  – жорсткість всіх амортизаторів.

Установка машин на пружинні амортизатори більш ефективна, чим на гумові, тому що забезпечує більш низькі власні частоти коливань віброуючого механізму.

Центр жорсткості віброізоляторів слід розташовувати на одній вертикалі з центром ваги маси машини, яка встановлена на спеціальну підставу.

**Приклад розрахунку.** Розрахувати віброізолятори типа пружин для плити масою 340 кг з розташованим на неї постійним робочим місцем оператора в виробничому приміщенні. Маса оператора 60 кг. Вібрація виникає за рахунок роботи двигуна з кількістю обертів  $n=1440$  об/мін. Значення амплітуди вібрації дорівнює  $0,167 \cdot 10^{-3}$  м.

**Рішення.** Визначаємо частоту коливань збуджуючої сили

$$f = 1440/60 = 24 \text{ Гц.}$$

За даними таблиці 14 визначаємо нормативне значення амплітуди зсуву  $A_{\text{норм}} = 0,0209 \cdot 10^{-3}$  м. Відповідно рівнянню (6) знаходимо коефіцієнт передачі **КП**

$$\hat{E}\ddot{I} = \frac{0,0209 \cdot 10^{-3}}{0,167 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{8}.$$

Визначаємо власну частоту коливань

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{1/\hat{E}\ddot{I} + 1}} = \frac{24}{\sqrt{8+1}} = 8 \text{ Гц.}$$

Розраховуємо необхідну загальну жорсткість системи віброізоляції у вертикальному напрямку за формулою (12). Загальну масу визначаємо як суму маси оператора і основи  $m=340+60=400$  кг.

$$k_c = 400 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 8)^2 = 1009623 \text{ Н/м.}$$

Таблиця 14 – Допустимі амплітуди віброзсуву на робочих місцях при проектувальних розрахунках

Частота гармонічної складової, Гц	Амплітуда зсуву, $\cdot 10^{-3}$ м		
	Постійні робочі місця виробничих приміщень (тип 1)	Робочі місця виробничих приміщень, які не мають джерел вібрації (тип 2)	Приміщення для робітників розумової праці (тип 3)
2	1,4	0,57	0,2026
4,0	0,25	0,1	0,0354
8,0	0,063	0,025	0,0090
16	0,0282	0,0112	0,0039
31,5	0,0141	0,0056	0,0020
63	0,0072	0,0028	0,0010

Визначаємо жорсткість одного віброізолятора за формулою (14). Кількість віброізоляторів беремо 8

$$k_1 = k_c / 8 = 126203 \text{ Н/м.}$$

Розрахункове навантаження на одну пружину визначається за формулами (7...10)

$$P_1 = \frac{400 \cdot 9,8}{8} + 1,5 \cdot \frac{400 \cdot 9,8 \cdot 126203}{400 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 24)^2 - 1009623} = 582 \text{ Н.}$$

За формулою (15) визначаємо діаметр дроту пружини. Приймаємо, що  $\epsilon=8$ , тоді за рисунком 2  $k=1,2$ . Значення  $\tau = 2,47 \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup> беремо з таблиці 13 для важких навантажень спочатку для вуглеводистій сталі, яка використову-

ється для пружин з відносно низькими напругами при діаметрі дроту менш 8 мм:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{1,2 \cdot 582 \cdot 8}{2,47 \cdot 10^8}} = 0,76 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Після розрахунку перевіряємо, щоб діаметр дроту відповідав типу сталі (табл. 13). У нашому випадку вуглеводиста сталь використовується саме для пружин з діаметром дроту до 8 мм. Якщо діаметр дроту не відповідає типу сталі, слід вибрати дані  $\tau$  для розрахунків за формулою (15) для другого типу сталі.

Беремо діаметр дроту пружини  $d=8$  мм, тоді діаметр пружини

$$D=\varepsilon d=8 \cdot 0,008=0,064 \text{ м.}$$

Розраховуємо кількість витків пружини згідно з формулою (17). Значення модуля пружності на зсув  $G$  беремо з таблиці 13.

$$i_1 = \frac{7,83 \cdot 10^{10} \cdot 0,008}{8 \cdot 1262038^3} = 1,2.$$

Беремо  $i_1=2$  шт.

За формулою (18) визначаємо загальну кількість витків пружини (з урахуванням неробочих витків). Значення  $i_2=1,5$ , так як  $i_1 < 7$ .

$$i=2+1,5=3,5.$$

Розраховуємо шаг витка  $h=0,25 \cdot 0,064=0,016$  м.

Висота ненавантаженої пружини згідно з формулою (19)

$$H_0=3,5 \cdot 0,016+(1,5-0,5) \cdot 0,008=0,064 \text{ м.}$$

За допомогою спеціальної літератури відповідно отриманим даним вибирають пружини, які найбільш всього відповідають отриманим розрахункам. Потім виконують перевірочний розрахунок за формулами (21...23).

## **Завдання 2 Розрахунок віброзахисту робочого місця оператора**

Розрахувати віброізолятори типа пружин для плити масою  $m_1$  кг з розташованим на неї робочим місцем оператора. Маса оператора  $m_2$  кг. Вібрація виникає за рахунок роботи двигуна з кількістю обертів  $n$ . Значення ампліту-



ди вібрації дорівнює  $A_{осн}$ . Тип робочого місця і вихідні дані наведено у таблиці 15.

Таблиця 15 – Варіанти завдання

Варіант	$m_1$ , кг	$m_2$ , кг	$A_{осн} \cdot 10^3$ , м	$n$ , об/мін	Тип робочого місця
1	310	50	0,15	1400	1
2	320	60	0,16	1500	2
3	315	70	0,17	1600	3
4	300	80	0,18	1700	1
5	310	90	0,19	1800	2
6	350	55	0,2	2000	3
7	345	65	0,19	1900	1
8	320	75	0,18	1850	2
9	325	85	0,17	1750	3
10	330	60	0,16	1650	1

Примітка. Тип робочого місця вказано за даними таблиці 14.

### 3.4 Вентиляція

Умови праці кранівників значною мірою залежать від умов навколишнього середовища. У залежності від технологічного процесу вони можуть підпадати під вплив тонкодисперсного пилу і різних шкідливих газів (CO, SO<sub>2</sub> і ін.).

Тому для створення сприятливих кліматичних умов всередині кабіни необхідно передбачати спеціальні приточні й витяжні установки [37,38]. Вентиляційні установки для обслуговування робочих місць машиністів кранів підрозділяються на два види: установки, що працюють на зовнішнім повітрі, і установки, що працюють на повітрі, що забирається з цеху. Установки першого виду застосовуються в цехах, де поряд з пилом і високою температурою верхня зона приміщень забруднена шкідливими газами. До таких цехів відносяться ковальсько-пресові, термічні, ливарні.

Якщо несприятливі умови праці крановиків обумовлені підвищеною температурою і забрудненням повітряного середовища пилом, можуть застосовуватися установки, що забирають повітря з цеху з наступною його обробкою (охолодженням, зволоженням, очищенням, а в окремих випадках і нагріванням).

У дипломному проекті за узгодженням з консультантом необхідно детально розглянути питання, зв'язані з визначенням параметрів вентиляційної установки.

### **3.5 Захист від тепловипромінювання**

Кабіни кранів, особливо в гарячих цехах, продовжують залишатися робочими місцями з несприятливими умовами праці. Кранівник, знаходячись у верхній зоні виробничого приміщення, піддається найчастіше впливу високої температури навколишнього повітря та інтенсивному випромінюванню.

Для забезпечення в кабінах необхідних параметрів повітря необхідно в першу чергу виконувати їх досить герметичними з теплоізолюваними стінками і підлогою, а в окремих випадках для захисту від теплового випромінювання передбачати екранування зовнішніх поверхонь.

Згідно з "Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень" інтегральна густина потоку від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на робочих місцях не повинна перевищувати  $35 \text{ Вт/м}^2$  при опромінюванні 50 % поверхні тіла,  $70 \text{ Вт/м}^2$  при опромінюванні від 25 % до 50 % поверхні тіла і  $100 \text{ Вт/м}^2$  при опромінюванні не більш 25 % поверхні тіла.

З урахуванням параметрів тепловипромінювання агрегатів і устаткування, розміщення робочих місць визначають і розраховують засоби теплозахисту. Ці заходи різні за своїм характером і можуть бути умовно розподілені на кілька груп.

До першої групи відносяться заходи, які дозволяють усунути джерело виділення тепла чи значно знизити інтенсивність випромінювання. Це насамперед зміна технології, зв'язана з механізацією й автоматизацією, застосування агрегатів і установок, у яких значно зменшується інтенсивність теплового випромінювання, раціональне розміщення теплових агрегатів, їхня теплоізоляція і т.п.

До другої групи можуть бути віднесені різні пристрої, які захищають

робітників від прямого впливу променистої енергії: водяні завіси-екрани, стаціонарні і пересувні, непрозорі екрани.

До третьої групи можна віднести засоби, що збільшують тепловіддачу тіла людини. До них відносяться системи вентиляції, у тому числі й різні конструкції установок повітряних душей.

У дипломному проекті треба докладно освітити ті заходи, які можливо використовувати саме для проектуваного обладнання.

### **Розрахунок теплоізоляції**

У гарячих цехах робітники, що керують підйомно-транспортним устаткуванням, найчастіше знаходяться на строго фіксованих місцях (закритих постах керування чи кабінах управління).

Комфортні умови всередині постів управління (ПУ) досягаються здійсненням комплексу заходів, що включають, зокрема:

- а) систему приточній вентиляції, що подає повітря в об'ємах, які забезпечують відвід тепловидлишків з ПУ;
- б) підтримка на робочому місці параметрів повітря, що рекомендуються;
- в) теплову ізоляцію приміщення;
- г) екранування огорожуючих конструкцій, які піддаються найбільш інтенсивному тепловому опромінюванню.

Для визначення температури внутрішньої поверхні огорожуючих конструкцій і виявлення необхідності їх теплоізоляції чи екранування, застосування іншого способу зниження надходження тепла усередину ПУ, складають тепловий баланс. Рівняння теплового балансу вирішують методом підбору величини температури внутрішньої поверхні попередньо прийнятих огорожуючих конструкцій і поступового наближення їх до значень, що рекомендуються згідно з нормативними актами.

Для складання рівняння теплового балансу треба визначити низку величин:

1 Кількість теплоти, що передається випромінюванням і падає на огорожуючі конструкції  $q_{сер}$ , Вт/м<sup>2</sup>. Воно встановлюється шляхом ділення сумарного тепла, яке випромінюється в приміщенні, на кількість стін.

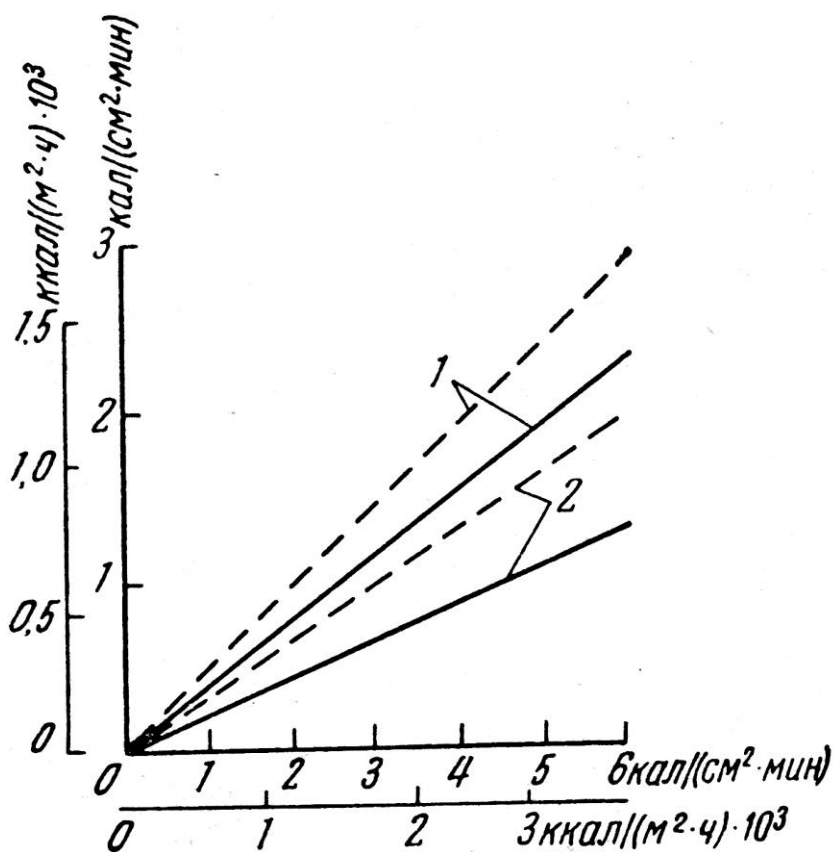
2 Кількість теплоти  $Q_1$ , Вт, що проникає всередину ПУ, шляхом випромінювання через стіни і стелю:

$$Q_1 = \varepsilon q_{сер} F \quad (24)$$

де  $F$  – площа стін і стелі, м<sup>2</sup>;

$\varepsilon$  – ступінь чорноти матеріалу, з якого вироблено огороження, визначається за даними таблиці 16.

3 Теплота, яка проникає до ПУ через скло, визначається за графіком (рис.3). Знайдена величина, помножена на площу скла, дає загальну кількість теплоти  $Q_2$ , Вт.



1 – одинарне скло, 2 – подвійне скло з природним повітряним прошарком, що вентилується (20-40 мм);

————— – сталинітове скло,  $\delta=5$ мм; - - - - - – просте скло,  $\delta=2$ мм.

Рисунок 3 – Залежність теплового випромінювання, що проникає до пульта управління, від теплового опромінювання зовнішньої поверхні скла

Таблиця 16 – Ступінь чорноти і коефіцієнти теплопровідності деяких матеріалів

Матеріал	Ступінь чорноти $\varepsilon$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , Вт/м °С	Матеріал	Ступінь чорноти $\varepsilon$	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , Вт/м °С
1 Алюміній	0,26	209	7 Штукатурка	0,9	0,7
2 Асфальт	0,89	0,74	8 Дерево	0,8 - 0,9	0,2 - 0,3
3 Сталь	0,45	20 - 30	9 Толь покривельний	0,9	0,2
4 Цегла червона	0,9	0,5	10 Скло	0,9 - 0,92	0,7 - 0,9
5 Цегла вогнетривка	0,75 - 0,85	0,8	11 Фарба біла	0,12 - 0,26	0,7 - 1
6 Залізо	0,78 - 0,92	74	12 Фарба чорна	0,97 - 0,99	0,7- 1

4 Кількість теплоти  $Q_3$ , Вт, що проникає до ПУ через огорожуючі конструкції шляхом теплопередачі

$$Q_3 = K F (t_1 - t_2), \quad (25)$$

де  $K$  – коефіцієнт теплопередачі, якій визначає вибір будівельних конструкцій для ПУ, визначається за формулою

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (26)$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$ , – коефіцієнт тепловіддачі, береться  $\alpha_1 = \alpha_2 = 30$  Вт/м<sup>2</sup>°С;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності огорожуючої конструкції, Вт/м °С, визначається за даними таблиці 16;

$\delta$  – товщина огорожуючої конструкції, м;

$F$  – площа огорожуючих конструкцій, м<sup>2</sup>;

$t_1$  – температура повітря зовні ПУ, °С;

$t_2$  – температура повітря всередині ПУ, °С.

5 Кількість теплоти  $Q_4$ , Вт, що надходить до ПУ з повітрям через нещільності в дверях, а також при її відкриванні:

$$Q_4 = 5 V C'_p (t_1 - t_2), \quad (27)$$

де  $V$  – об'єм приміщення ПУ, м<sup>3</sup>;

$C'_p$  – об'ємна теплоємність повітря, приймаємо, що  $C'_p = 1,3$  кДж/(м<sup>3</sup>·К).

6 Температура зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій  $t'_1$ :

$$t'_1 = t_1 + \frac{Q_3}{\alpha} \cdot \frac{1 + \frac{\alpha \delta}{\lambda}}{2 + \frac{\alpha \delta}{\lambda}}, \quad (28)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, приймається  $\alpha = 30$  Вт/м<sup>2</sup> °С;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м °С, визначається за даними таблиці 16;

$\delta$  – товщина огорожуючих конструкцій, м.

7 Загальне надходження теплоти усі видів до ПУ:

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 - \alpha (t'_1 - t_1), \quad (29)$$

де  $\alpha (t'_1 - t_1)$  – кількість теплоти, віддане зовнішньою поверхнею огороження повітрю цеха за рахунок конвекції.

8 Температура поверхні огорожуючих конструкцій всередині ПУ визначається з теплового балансу, якій складається для 1 м<sup>2</sup> поверхні огороження:

$$\frac{Q_1 + Q_3}{F} = \alpha (t'_2 - t_2) + C_1 \left[ \left( \frac{273 + t'_2}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + t_2}{100} \right)^4 \right] - \alpha (t'_1 - t_1), \quad (30)$$

де  $\alpha (t'_2 - t_2)$  – кількість теплоти, віддане поверхнею огороження повітрю всередині ПУ за рахунок конвекції;

$t'_2$  – температура внутрішньої поверхні огороження;

$$C_1 \left[ \left( \frac{273 + t'_2}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + t_2}{100} \right)^4 \right] - \text{кількість теплоти, віддане поверхнею}$$

огороження всередині ПУ за рахунок випромінювання.;

$C_1$  – коефіцієнт випромінювання, визначається за формулою

$$C = \varepsilon C_s,$$

де  $C_s = 5,77 \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$  – коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла;

$\varepsilon$  – ступінь чорноти матеріалу, з якого вироблено огородження, визначається за даними таблиці 13.

9 Остаточна температура повітря ПУ дорівнює

$$t_{нов} = (t_2 + t'_2) / 2, \quad (31)$$

де  $t_2$  – температура повітря всередині ПУ, °С;

$t'_2$  – середня температура огорожуючих конструкцій всередині ПУ, °С.

Якщо знайдена температура  $t_{нов}$  перевищує рекомендовану за СНіП (18-24 °С – для постів управління, 18-27 °С – для кабін кранів гарячих цехів), то огорожуючі конструкції треба додатково теплоізулювати (встановити екран, покрасити, поставити піддон з водою та ін.).

Об'єм повітря, якій необхідно надавати для асиміляції тепла  $V_I$ , визначають за формулою

$$V_I = \frac{Q_{сд\ddot{a}}}{\tilde{N}'_p (t_{\ddot{a}i} - t_o)}, \quad (32)$$

**Приклад розрахунку.** Визначити температуру повітря всередині ПУ і розрахувати кількість повітря, яке необхідно подавати до ПУ для асиміляції тепла. Вихідні дані:

- густина теплового потоку, який поступає від виробничого обладнання  $q_{сеп} = 300 \text{ Вт/м}^2$ ;

- площа стін  $F = 9 \text{ м}^2$ ;

- стіни вироблені з червоної цегли ( $\delta = 10 \text{ см}$ ) і відтукатурені з обох боків ( $\delta = 2 \text{ см}$ );

- площа одинарного простого скла  $F_{ск} = 3 \text{ м}^2$ ;

- температура повітря зовні ПУ  $t_I = 35 \text{ °С}$ ;

- температура повітря всередині ПУ  $t_2=20$  °С (необхідна температура за нормами);

- об'єм приміщення  $V=8\text{м}^3$ ;

- попередня температура поверхні огорожуючих конструкцій всередині ПУ  $t'_2=30$ °С (згідно з нормами температура поверхонь обладнання не повинна перевищувати 35°С).

**Рішення.**

1 Визначаємо кількість теплоти  $Q_1$ , що проникає всередину ПУ шляхом випромінювання через стіни за формулою (24)

$$Q_1=0,9 \cdot 300 \cdot 9=2430 \text{ Вт},$$

де  $F = 9 \text{ м}^2$  – площа стін;

$\varepsilon$  – ступінь чорноти матеріалу, з якого вироблено огороження, визначається за даними таблиці 16, для штукатурки  $\varepsilon=0,9$ .

2 Теплота, яка проникає до ПУ через скло, визначається за графіком (рис.3).  $q_{ск}=900 \text{ Вт/м}^2$ . Загальна кількість теплоти  $Q_2=900 \cdot 3=2700 \text{ Вт}$ .

3 Розраховуємо  $K$  – коефіцієнт теплопередачі за формулою (26):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,1}{0,5} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{1}{30}} = 3,09 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ К}},$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$ , – коефіцієнт тепловіддачі, приймається  $\alpha_1=\alpha_2=30 \text{ Вт/м}^2 \text{ °С}$ ;

$\lambda$  – коефіцієнти теплопровідності шарів огорожуючої конструкції, визначається за даними таблиці 16.

Кількість теплоти  $Q_3$ , що проникає до ПУ через огорожуючі конструкції шляхом теплопередачі (формула (25)):

$$Q_3=3,09 \cdot 9 \cdot (35 - 20) = 417 \text{ Вт},$$

де  $t_1=35$  °С – температура повітря зовні ПУ;

$t_2=20$  °С – температура повітря всередині ПУ.



4 Визначаємо кількість теплоти  $Q_4$ , що надходить до ПУ з повітрям через нещільності в дверях, а також при її відкриванні (формула (27))

$$Q_4 = 5 \cdot 8 \cdot 1300 \cdot (35 - 20) = 780000 \text{ Вт} = 780 \text{ кВт},$$

де  $V = 8 \text{ м}^3$  – об'єм приміщення ПУ <sup>3</sup>;

$$C'_p = 1,3 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}).$$

5 За формулою (28) визначаємо температуру зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій  $t'_1$ :

$$t'_1 = 35 + \frac{417}{30} \cdot \frac{1 + 30 \left( \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,1}{0,5} + \frac{0,02}{0,7} \right)}{2 + 30 \left( \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,1}{0,5} + \frac{0,02}{0,7} \right)} = 47,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

6 Знаходимо загальне надходження теплоти усі видів до ПУ за формулою (29):

$$Q_{заг} = 18630 + 2700 + 417 + 780000 - 30(47,5 - 30) = 783 \text{ кВт}.$$

7 Методом наближень знаходимо температуру поверхні огорожуючих конструкцій всередині ПУ  $t'_2$  за допомогою теплового балансу (30), якій складається для  $1 \text{ м}^2$  поверхні огородження

$$\frac{18630 + 417}{9} = 30(30 - 20) + 5,77 \cdot 0,9 \left[ \left( \frac{273 + 30}{100} \right)^4 - \left( \frac{273 + 20}{100} \right)^4 \right] - 30(47,5 - 35).$$

Ліва частина рівняння дорівнює  $316 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

Права при  $t'_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  дорівнює  $19 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Тобто треба збільшити температуру  $t'_2$ . Беремо  $t'_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ , тоді права частина дорівнює  $342 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . При температурі  $t'_2 = 39 \text{ }^\circ\text{C}$  права частина рівняння дорівнює  $305 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Таким чином, встановлена температура внутрішньої поверхні огорожень  $t'_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

8 Остаточна температура повітря ПУ дорівнює

$$t_{ног} = (20 + 40) / 2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Отримана розрахункова температура перевищує граничне нормативне значення температури  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ , тому необхідно впровадити заходи щодо додаткової теплоізоляції ПУ.

9 За формулою (32) визначаємо об'єм повітря, якій необхідно надавати для асиміляції тепла

$$V_I = \frac{783147}{1300(30-15)} = 40 \text{ м}^3/\text{ГОД.}$$

### Завдання 3 Розрахунок температури постів управління за допомогою теплового балансу

Визначити температуру повітря всередині ПУ і зробити висновок щодо якості теплозахисту ПУ чи кабіни управління (КУ). Розрахувати кількість повітря, яке необхідно подавати до ПУ чи кабіни керування для асиміляції тепла. Вихідні дані:

- густина теплового потоку, який поступає від виробничого обладнання  $q_{сер}$ , Вт/м<sup>2</sup>;
- площа стін  $F$ , м<sup>2</sup>;
- товщину і матеріал стін, якість скла наведено в таблиці 17;

Таблиця 17 – Варіанти завдань

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип	КУ	КУ	ПУ	ПУ	КУ	ПУ	КУ	ПУ	ПУ	КУ
$q_{сер}$ , Вт/м <sup>2</sup>	200	300	400	250	350	200	350	300	400	300
$F$ , м <sup>2</sup>	4,75	3,75	8	13	5,5	10	4,25	9	12	4,5
$F_{ск}$ , м <sup>2</sup>	2	3	4	5	2	4	2,5	5	6	3
$t_1$ , °C	35	36	37	30	30	31	32	32	31	35
$t_2$ , °C	18	19	20	21	22	23	24	22	24	24
$V$ , м <sup>3</sup>	3,4	3,4	8	12	4,5	12	3,4	12	15	4,5
Стіни*:										
Середній шар	6	1	5	4	6	4	1	5	4	6
$\delta_1$ , м	0,05	0,03	0,15	0,1	0,02	0,1	0,03	0,1	0,15	0,02
2 зовніш. шара	11	12	8	7	11	7	11	8	7	12
$\delta_2$ , м	0,005	0,005	0,02	0,03	0,01	0,02	0,005	0,02	0,02	0,01
Скло**:	один.	один.	подв.	один	подв.	один	подв.	один	подв.	один
	прос.	стал.	прос.	прос.	стал.	стал.	прос.	прос.	стал.	стал.

Примітки. \* - для стін вказано номери матеріалів за даними таблиці 13;

\*\* - для скла умовні позначки: один. – одинарне, подв. – подвійне, прос. – просте, стал. – сталінітове.

- площа скла  $F_{ск}$ , м<sup>2</sup>;
- температура повітря зовні ПУ  $t_1$ , °С;
- температура повітря всередині ПУ  $t_2$ , °С (необхідна температура за нормами);
- об'єм приміщення  $V$ , м<sup>3</sup>;
- попередня температура поверхні огорожуючих конструкцій всередині ПУ  $t'_2=30$ °С (згідно з нормами температура поверхонь обладнання не повинна перевищувати 35°С).
- за СНіП температура повітря має бути 18...24 °С – для постів управління, 18...27 °С – для кабін кранів гарячих цехів.

### **3.6 Освітлення**

Керування транспортними механізмами зв'язано з підвищеною напруженою зору. Тому добре освітлення виробничих приміщень є обов'язковою умовою високопродуктивної роботи. Застосовується два види освітлення виробничих приміщень і робочих місць - природне і штучне. Природне освітлення доцільно застосовувати комбіноване (верхнє і бічне).

Для системи штучного освітлення вибір джерела світла залежить від характеру роботи, висоти приміщення, техніко-економічних показників і т.п.

Для забезпечення нормальних умов експлуатації механізмів і приладів всередині кабін і машинних відділень освітленість має бути не менш 50 лк. Щоб уникнути осліплення застосовують світильники розсіяного світла.

Освітлення приладів і показчиків окремо чи на приборній панелі не повинне давати відблисків на стеклах цих приладах, діяти дратуючі на очі машиніста і виключати необхідність змінювати машиністу позу при огляді приладу. Виходячи з цих вимог, освітлення приладів і показчиків має бути в межах 0,3...1,1 лк.

При виконанні вантажно-розвантажувальних робіт відповідно до норм освітлювальна установка повинна створювати на рівні землі, у міру можливості, рівномірну освітленість не менш 2-5 лк у горизонтальній площині. При

цьому, щоб уникнути утворення різких тіней, освітлення повинне бути багатобічним.

Для освітлення будівельних майданчиків та інших об'єктів у темний час доби широко застосовується прожекторне освітлення.

У дипломному проєкті треба навести основні види освітлення, які застосовуються при експлуатації проєктованого обладнання, навести норми освітлення для виконання даного виду робіт.

### **Розрахунок прожекторного освітлення**

При розрахунках прожекторного освітлення основним завданням є визначення кількості прожекторів для створення на території, що освітлюється, нормативного значення освітленості в горизонтальній площині згідно з видом робіт (табл.18). Розрахунок прожекторної установки зводиться до визначення:

- кількості прожекторів, що підлягають установці для створення заданої освітленості;
- місць установки прожекторних щогл і прожекторів;
- висоти установки прожекторів над освітлюваною поверхнею;
- кутів нахилу прожекторів у вертикальній і розвороту в горизонтальній площинах.

Для прожекторного освітлення застосовуються щогли висотою від 10 до 50 м. Вони виконуються з дерева, металу, залізобетону і зі сплавів алюмінію. Відстань між щоглами, призначеними для установки прожекторів, має бути у межах 5-8-кратної висоти щогл. Збільшення відстані між ними допускається, якщо освітлення забезпечує тільки необхідні умови для пересування транспорту і пішоходів, тобто допускається значна нерівномірність розподілу освітленості.

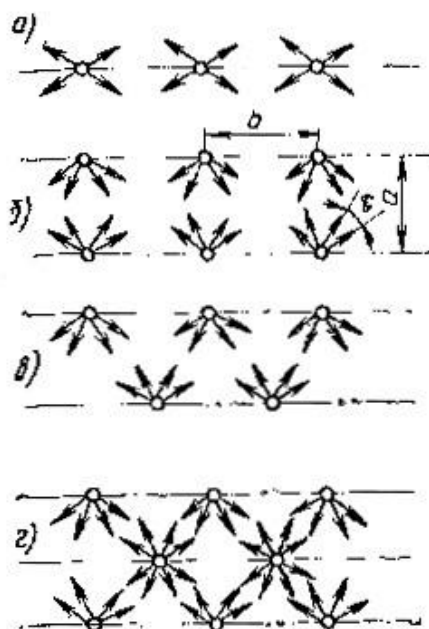
Однорядне лінійне розміщення прожекторних щогл (рис. 4, а) застосовується при освітленні вузьких ділянок території виробничого майданчика шириною до 100-150 м, дворядне (рис. 4, б, в) – створює кращі освітлювальні умови, виключаючи різкі тіні на вертикальних поперечних площинах. При

дво-трирядній установці (рис. 4, г) щогл варто вибрати шахове розташування, що є більш раціональним, тому що збільшує рівномірність розподілу освітленості.

Таблиця 18 – Освітленість робочих поверхонь місць виконання робіт поза будівлями

Розряд зорової роботи	Відношення мінімального розміру об'єкта розрізнення до відстані від цього об'єкта до очей робочого	Мінімальна освітленість у горизонтальній площині, лк
IX	Менше $0,05 \cdot 10^{-2}$	50
X	Від $0,05 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-2}$	30
XI	Від $1 \cdot 10^{-2}$ до $2 \cdot 10^{-2}$	20
XII	Від $2 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$	10
XIII	Від $5 \cdot 10^{-2}$ до $10 \cdot 10^{-2}$	5
XIV	Більше $10 \cdot 10^{-2}$	2

Примітка. При небезпеці травмування для робіт XI-XIV розрядів освітленість слід брати за більш високим розрядом.



а - однорядне; б - дворядне прямокутне; в - дворядне шахове; г - комбіноване

Рисунок 4 – Варіанти розміщення прожекторних щогл

Відстань між щоглами одного ряду визначається на основі конкретних вихідних даних техніко-економічного і світотехнічного розрахунків. При прямокутному розташуванні щогл точка мінімальної освітленості  $E_{\min}$  знаходиться в горизонтальній площині в центрі прямокутника, на перетинанні його діагоналей. Освітленість у ній точці створюється від прожекторів, розташованих на чотирьох щоглах, тобто  $E=4e$ , де  $e$  – освітленість, лк, у розрахунковій точці від прожекторів, що знаходяться на кожній із щогл. Тому для забезпечення нормованої освітленості  $E_n$  необхідно, щоб прожектори кожної щогли на відстані, рівній половині діагоналі прямокутника, по вершинах якого встановлені щогли, створювали освітленість  $e=0,25KE_n$ , де  $K$  – коефіцієнт запасу (для прожекторів з лампами накаливання дорівнює 1,5, з газорозрядними лампами – 1,7).

Відстань між щоглами  $b$  одного ряду при прямокутному розташуванні визначається зі співвідношення

$$b = \sqrt{4l^2 - a^2}, \quad (33)$$

де  $l$  – відстань між щоглами, при якому забезпечується освітленість  $e=0,25KE_n$ , визначається за графіками (наприклад, для груп прожекторів ПЗС-35, ПЗС-45 такі залежності представлено на рис. 6), м;

$a$  - відстань між рядами щогл, м.

Прожектори розміщують на щоглах групами. Під групою прожекторів розуміють визначену кількість прожекторів, установлених на одній і тій же прожекторній щоглі на однаковій висоті від рівня освітлювальної поверхні з однаковим кутом нахилу у вертикальній площині. Оптичні осі суміжних прожекторів групи зміщені один стосовно одного на кут  $\tau$  (рис.5). Кут  $\tau$  визначає кількість прожекторів у групі ( $n = \omega/\tau$ , де  $\omega$  – кут дії прожекторів групи) і кількісне значення освітленості, яка створюється на освітлюваній площі. При зменшенні кута  $\tau$  освітленість території збільшується, при збільшенні – зменшується.

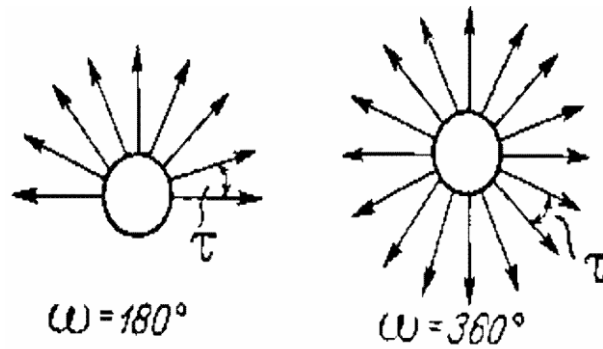


Рисунок 5 – Визначення кута  $\tau$

Аналіз розподілу освітленості від різних груп прожекторів показує, що при установці прожекторів з кутом  $\tau$  до  $20^\circ$  для прожекторів ПЗС-45,  $15^\circ$  – для ПЗС-35 цілком можливо з достатньою для розрахунків прожекторного освітлення точністю уявляти характер розподілу освітленості у виді кривої  $E=f(l)$ , де  $l$  – відстань на плані від підстави щогли (рис. 6).

На графіках за віссю абсцис відкладено не  $l$ , а  $l/H$ , за віссю ординат – не  $E$ , а  $EH^2$ . Для зручності користування графіками зверху дані додаткові шкали значень відстаней від щогл до розрахункової точки й освітленості (у правій частині графіків) для найбільше часто застосовуваних висот установки прожекторів.

Криві  $E=f(l)$  для різних значень кута нахилу  $\theta$  наведено для  $\tau = 10^\circ$ . Освітленість при будь-якому іншому значенні кута  $\tau$  (більше чи менше  $10^\circ$ ) визначається за формулою

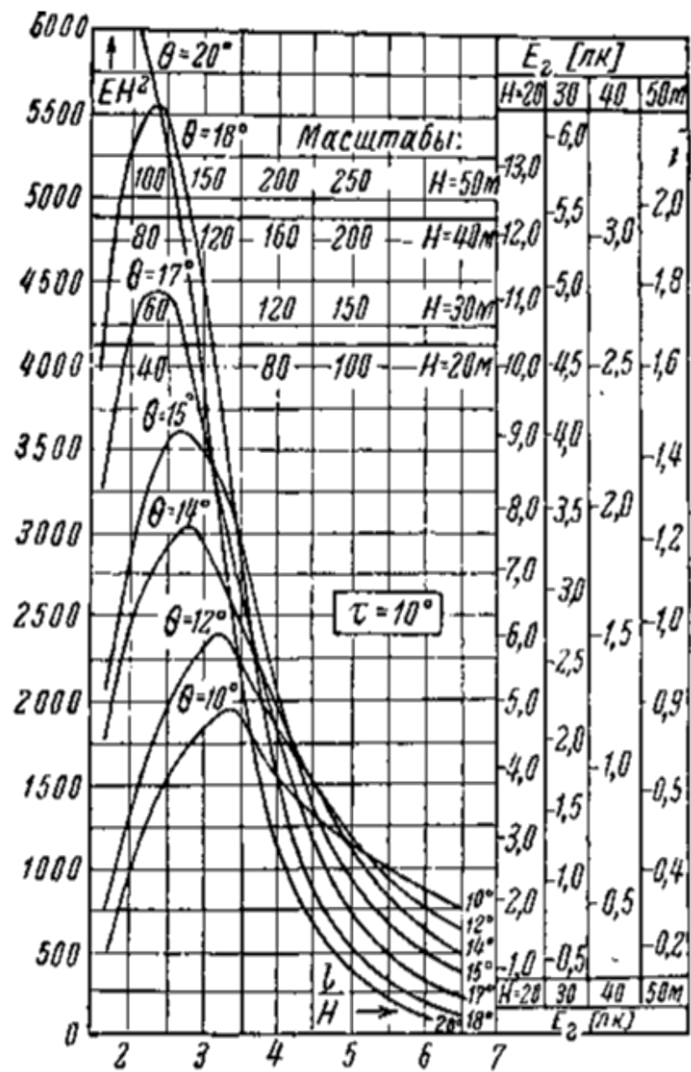
$$E_\tau = cE_{\tau=10}, \quad (34)$$

де  $c=10/\tau$ .

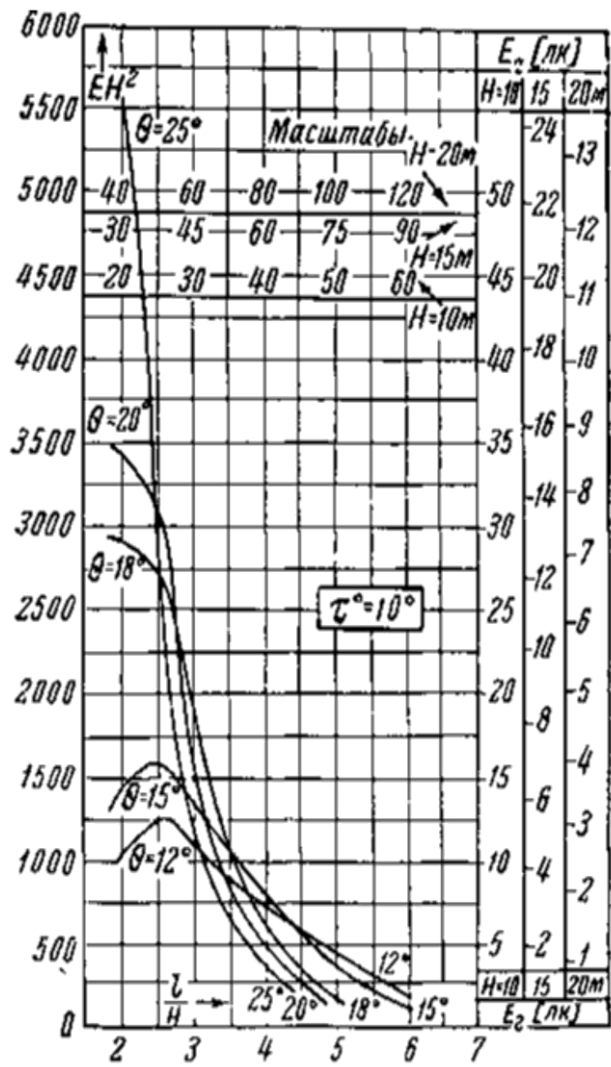
Кут  $\tau$ , необхідний для забезпечення у заданій точці нормованої освітленості  $E_n$  при коефіцієнті запасу  $K$ , може бути обчислений за формулою

$$\tau = 10E_{\tau=10}/(KE_n). \quad (35)$$

Якщо в заданій точці освітленість створюється від прожекторів декількох груп, розташованих на одній чи декількох щоглах, то під величиною  $E_n$  розуміється та величина освітленості, що має бути створена від групи прожекторів, що розраховується.



а



б

а – прожектори типу ПЗС-45 з лампами 1000 Вт, б – прожектори типу ПЗС-35 з лампами 500 Вт  
Рисунок 6 – Графіки визначення освітленості від груп прожекторів



Орієнтована кількість прожекторів  $n$ , яку треба встановити для створення необхідної освітленості, визначається за формулою

$$n = \frac{m \hat{E} E_i S}{P_{\hat{i}}}, \quad (36)$$

де  $m$  – коефіцієнт, що враховує світлову віддачу джерел світла, ККД прожекторів і коефіцієнт використання світлового потоку, береться за даними таблиці 19;

$K$  – коефіцієнт запасу (для прожекторів з лампами накаливання дорівнює 1,5, з газорозрядними лампами – 1,7);

$E_n$  – нормована освітленість, визначається за даними таблиці 18;

$S$  – площа, що освітлюється;

$P_l$  – потужність ламп, які застосовувано у прожекторі.

Таблиця 19 – Орієнтовані значення коефіцієнта  $m$

Джерело світла	Тип прожектору або світильника	Ширина площі, що освітлюється, м	Значення $m$ при розрахунковій освітленості, лк	
			0,5-1,5	2,0-5,0
ЛН	ПЗС, ПСМ	75-150	0,90	0,30
		175-300	0,50	0,25
Галогенні ЛН	ПКН, ИСУ	75-125	0,35	0,20
		150-350	0,20	0,15
Лампи типа ДРЛ	ПЗС, ПЗМ	75-250	0,25	0,13
		275-350	0,30	0,15
Лампи типа ДРИ	ПЗС, ПСМ	75-150	0,30	0,10
		175-350	0,16	0,06
	ОУКсН	150-175	0,75	0,50
Ксенонова лампа	( $H = 30$ м)	200-350	0,50	0,40
ДКсТ-20000	"Аревик"	150-175	0,90	0,70
	( $H = 30$ м)	200-250	0,70	0,50
Ксенонова лампа	СКсН	100-150	0,55	0,45
ДКсТ-10000	( $H = 20-30$ м)	175-250	0,40	0,35

**Приклад розрахунку.** Розрахувати кількість прожекторів типу ПЗС, необхідну для створення нормованої освітленості для XIII класу зорових робіт на площі 500x100 м. Застосувати прожектори ПЗС-45 з лампами ДРЛ 1000 Вт. Вибрати схему розташування й установки груп прожекторів. Визначити фактичну освітленість в точці, яка однаково віддалена від щогл. Врахувати при

цьому освітленість від усіх щогл.

**Рішення.** Визначаємо кількість прожекторів, необхідну для освітлення даної площі за формулою (36). Нормована освітленість для XIII класу зорових робіт за даними таблиці 18 дорівнює 5 лк. За даними таблиці 19 значення  $m$  дорівнює 0,13. Коефіцієнт запасу для ламп ДРЛ  $K=1,7$ .

$$n = \frac{0,13 \cdot 1,7 \cdot 5 \cdot 50000}{1000} = 55 \text{ шт.}$$

За даними таблиці 20 визначаємо освітлювальну установку, яку треба використовувати у даному випадку. Вибираємо 9 прожекторних щогл висотою 15 м з шістьма прожекторами ПЗС-45 кожна з кутом між оптичними осями  $\tau=30^\circ$  з кутом  $\Theta=20^\circ$ . Розташовуємо щогли в шаховому порядку (рис.7).

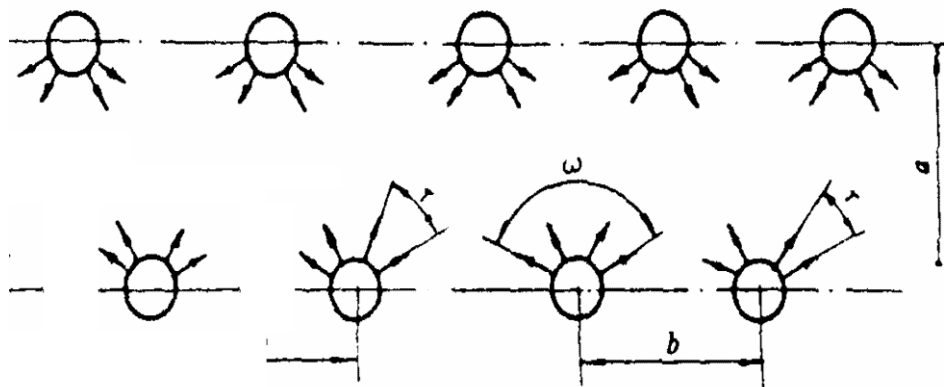


Рисунок 7 – Розташування щогл в шаховому порядку

Визначаємо відстань  $l$ , на якій три найближчі щогли утворюють нормоване значення освітленості. Для утворення нормованого значення 5 лк від трьох щогл (при прямокутному розташуванні нормоване значення освітленості визначається між чотирма щоглами), одна щогла повинна надавати освітленість у розмірі  $5/3=1,67$  лк. За графіком (рис.6, а) визначаємо значення відстані  $l$ , яке дорівнює 70 м (так як кут  $\tau$  для обраної освітлювальної установки дорівнює  $30^\circ$ , а на графіках подано значення освітленості для  $\tau=10^\circ$ , то при визначенні відстані, треба освітленість помножити на  $30/10=3$  (формула (34)), тобто відстань визначається для освітленості  $1,67 \cdot 3=5$  лк від однієї щогли).

За формулою (33) визначаємо максимальну відстань  $b$ , на якій слід розташовувати щогли між собою вздовж краю площадки при прямокутному роз-

ташуванні

$$b = \sqrt{4 \cdot 70^2 - 100^2} = 98 \text{ м.}$$

При шаховому розташуванні відстань  $b$  можна збільшити на 10...20 %. У нашому випадку при розміщенні 9 прожекторних щогл відстань  $b=500/4=125\text{м}$ , тобто значення освітленості між щоглами повинна бути в нормі.

Таблиця 20 – Параметри освітлювальних установок загального рівномірного освітлення

Ширина площі, м	Висота прожекторних щогл $H$ , м	Максимально можлива відстань між щоглами $b$ , м	Прожектор, який встановлюється на щоглі			Параметри установки прожектора			Коефіцієнт нерівномірності $z = \frac{E_{\min}}{E_{\text{ср}}}$	Питома потужність, Вт/м <sup>2</sup>
			Тип	Кількість	Потужність ламп, Вт	Висота $H$ , м	Кут нахилу прожекторів $\Theta$ , град	Кут між оптичними осями прожекторів $\tau$ , град		
<b>Прожектори з лампами накаливання</b>										
100	15	70	ПЗС-35	6	500	15	15	15	0,60	0,86
150	20	100		10		20	12		0,85	0,67
150	30	300		10		1000	18		20	0,70
200		275	9	12	0,75		0,70			
250		290	ПЗС-45	10				18		
				13				10		15
300		250	9	17	20		0,80	0,61		
		13	10	15						
			9	17	20		0,61			
<b>Прожектори с лампами ДРЛ</b>										
75	15	160	ПЗС-45	4	1000	15	20	40	0,30	0,35
100		160		6		30	0,35			
150	20	150		7		20	20	0,25	0,45	
200	30	180	10	30	15	15	15	0,40	0,45	
250		200	16							
300		240	16							10

Перевіряємо за допомогою розрахунків значення освітленості в точці, яка найбільш віддалена від щогл. Точка, яка рівновіддалена від прожекторів, знаходиться на відстані, яка розраховується за теоремою Піфагора, і в нашому випадку дорівнює 70 м. За рисунком 6,а визначаємо освітленість у даній точці від одної щогли при  $\tau=10^\circ$ :  $e=5$  лк.

Освітленість в той же точці при  $\tau = 30^\circ$ :

$$E_{\tau=40^\circ} = (10/30) 13 = 1,67 \text{ лк.}$$

Освітленість від трьох щогл  $E = 1,67 \cdot 3 = 5$  лк. Таким чином, отримана освітленість відповідає нормам, розрахунок прожекторного освітлення виконано вірно.

Якщо отримана освітленість буде значно перевищувати нормативне значення, треба зменшити кількість прожекторів на одній щоглі або збільшити відстань між щоглами. Якщо навпаки, то треба збільшити кількість прожекторів.

#### Завдання 4 Розрахунок прожекторного освітлення

Розрахувати кількість прожекторів типу ПЗС, необхідну для створення нормованої освітленості на площадці розміром  $a \times d$  м при виконанні вантажно-розвантажних робіт (розмір об'єкта –  $b$  м, відстань до об'єкту –  $c$  м). Вибрати схему розташування й установки груп прожекторів. Накреслити схему розташування прожекторних щогл. Визначити фактичну освітленість в точці, яка однаково віддалена від щогл. Врахувати при цьому освітленість від усіх щогл. Тип прожекторів застосувати відповідно варіанта. При визначенні класу зорових робіт використовувати таблицю 18.

Вихідні дані наведено у таблиці 21.

Таблиця 21 – Варіанти завдань

Варіант	$a$ , м	$d$ , м	$b$ , м	$c$ , м	Потужність лампи $P_{\lambda}$ , Вт	Тип прожектора	Тип ламп
1	100	500	5	40	500	ПЗС-35	ЛН
2	150	600	7	50	500	ПЗС-35	ЛН
3	200	700	5	35	1000	ПЗС-45	ДРЛ
4	250	550	6	45	1000	ПЗС-45	ДРЛ
5	300	600	4	30	1000	ПЗС-45	ДРЛ
6	100	300	3	25	500	ПЗС-35	ЛН
7	150	400	4	35	500	ПЗС-45	ЛН
8	200	500	5	45	1000	ПЗС-45	ДРЛ
9	100	450	3	30	500	ПЗС-35	ЛН
10	150	650	3	25	1000	ПЗС-45	ЛН

## Розрахунок штучного освітлення точковим методом

Основною задачею розрахунку штучного освітлення є визначення кількості світильників чи потужності ламп для забезпечення нормованого значення освітленості.

Розрахунок точковим методом виконують за допомогою графіків просторових ізолюкс умовної горизонтальної освітленості або за допомогою табличних даних сили світла даного освітлювача для лампи зі світловим потоком 100 лм. Для виконання розрахунку потрібно визначити положення точкового освітлювача відносно розрахункової точки. Для цього треба мати наступні дані:

$h_p$  – висота розташування світильника щодо розрахункової площини;

$\alpha$  і  $\varphi$  – кути, що визначають напрямок сили світла до розрахункової точки (рис. 8).

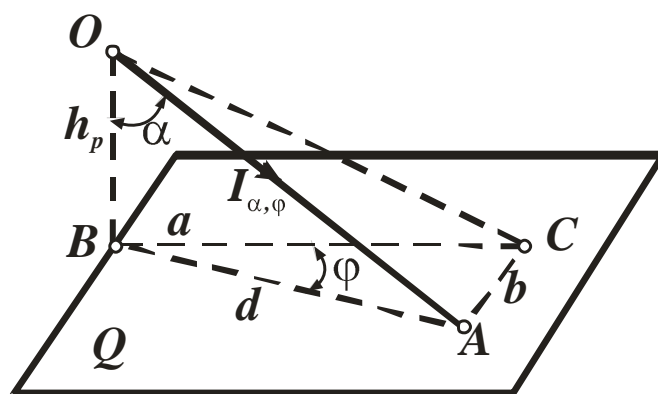


Рисунок 8 – Координати, що визначають положення точкового елемента, що світить, відносно розрахункової точки

Складова освітленості  $E_A$  від точкового освітлювача у точки  $A$  визначається за формулою

$$E_A = I_{\alpha} \cos^3 \alpha (\cos \theta \pm I_0 \sin \theta / h_p) / h_p^2, \quad (36)$$

де  $\theta$  кут нахилу розрахункової площини відносно площини, перпендикулярній осі симетрії світильника (горизонтальна площина) (рис. 9);

$\alpha$  – кут між напрямком сили світла до розрахункової точки і віссю симетрії світильника  $OO'$  (рис. 9);

$l_o$  – найкоротша відстань від проекції осі симетрії світильника на горизонтальну площину, що проходить через точку розрахунку, до сліду перетинання останньої з розрахунковою площиною (рис. 9);

$I_\alpha$  – сила світла для даного освітлювача при заданім куті  $\alpha$ , визначається за допомогою табличних даних.

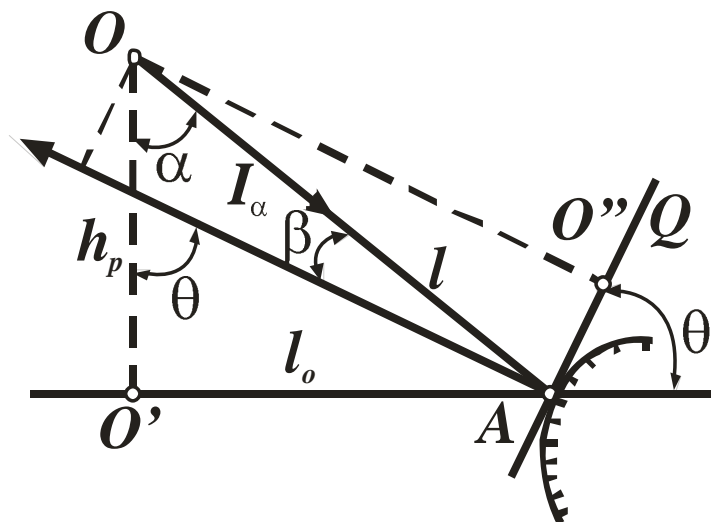


Рисунок 9 – До розрахунку освітленості від точкового елемента, що світить

Звичайно вісь симетрії світильників перпендикулярна розрахунковій горизонтальній площині (рис. 10), у цьому випадку освітленість горизонтальної площини в точці  $A$  –  $E_2$  дорівнює

$$E_2 = I_\alpha \cos^3 \alpha / h_p^2. \quad (37)$$

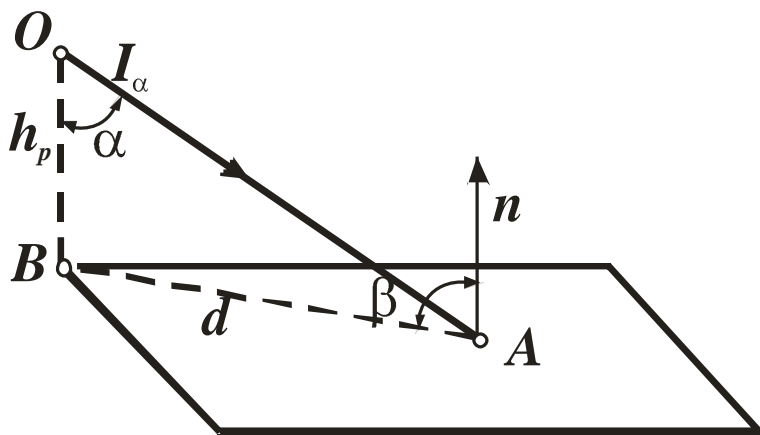


Рисунок 10 – До розрахунку освітленості в горизонтальній площині

При осі симетрії світильника, паралельній розрахунковій площині (рис. 11)  $\theta = \pi/2$ , освітленість у вертикальній площині  $E_e$  дорівнює

$$E_e = I_{\alpha} l_o \cos^3 \alpha / h_p^3 = E l_o / h_p. \quad (38)$$

де  $l_o$  – довжина перпендикуляра, який опущено від джерела світла до вертикальної площини, яка проходить через розрахункову точку.

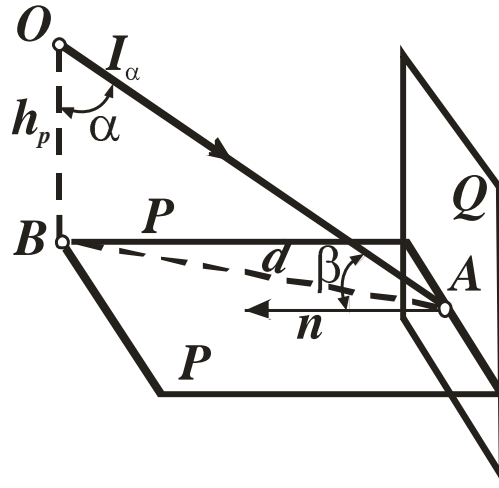


Рисунок 11 – До розрахунку освітленості в вертикальній площині

При розрахунку освітленості від симетричних світильників необхідно дотримуватися наступної послідовності:

1 За відношенням  $d/h_p$  визначається  $\operatorname{tg} \alpha$ , а отже кут  $\alpha$  і  $\cos^3 \alpha$ , де  $d$  – відстань від розрахункової точки до проекції осі симетрії світильника на площину, яка перпендикулярна до цієї осі, і проходить через розрахункову точку.

2 За графіками за кривою сили світла для обраного типу світильника і кута  $\alpha$  або за табличними даними визначається  $I_{\alpha}$ .

3 За допомогою рисунків (див. 9-11) розраховують освітленість в горизонтальній, вертикальній чи похилій площинах за формулами (36-38).

4 Визначають в розрахунковій точці сумарну освітленість  $E_{заг}$ , яка створюється усіма світильниками, як сума освітленостей від кожного світильника.

5 Відзначають розрахунковий світловий потік, який повинен створюватися у розрахунковій точці кожною лампою:

$$F_l = 1000 E_n / E_{заг}, \quad (39)$$

де  $E_n$  – нормована освітленість, лк.

6 За табличними даними підбираємо відповідну лампу з найближчим значенням світлового потоку.

7 Виконуємо перевіірочний розрахунок освітленості в розрахунковій точці.

**Приклад розрахунку.** Приміщення площею  $100 \text{ м}^2$  висотою  $5 \text{ м}$  освітлюється чотирма світильниками типу УПД ДРЛ з лампами типу ДРЛ. Дискретні значення сили світла для даного світильника для умовній лампи зі світловим потоком  $F_{\text{л}}=1000 \text{ лм}$  наведено в таблиці 22. Підібрати лампи, які необхідно використати, щоб зробити в точці  $A$  нормоване значення освітленості в горизонтальній площині  $250 \text{ лк}$ . Для обраних ламп розрахувати освітленість в вертикальній і похилій (під кутом  $\Theta=60^\circ$ ) площинах в точці  $A$  (рис. 12).

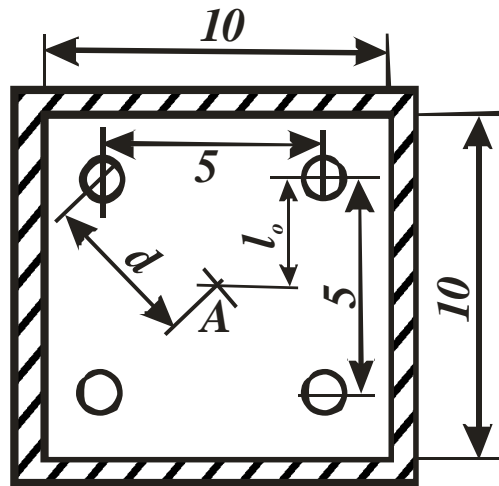


Рисунок 12 – Розміщення світильників у приміщенні

Таблиця 22 – Значення сили світла для умовній лампи зі світловим потоком  $F_{\text{л}}=1000 \text{ лм}$  для світильника типу УПД ДРЛ

$\alpha$ , град	Сила света $I_{\alpha}$ , кд	$\alpha$ , град	Сила света $I_{\alpha}$ , кд
0	284	90	2
5	280	95	4
15	277	105	4
25	258	115	4
35	228	125	5
45	181	135	5
55	106	145	5
65	56	155	4
75	26	165	4
85	6	175	3
		180	3



**Рішення.** Світильники розташовуються по кутах квадрата зі стороною 5 м. Відстань від світильника до стіни повинна дорівнювати половині відстані між світильниками. Вибираємо висоту підвісу світильників  $h_p=4,5$  м. Розрахунок освітленості робимо в зазначеній вище послідовності. Відстань  $d$  до центру приміщення  $A$  визначаємо за теоремою Піфагора.

1 Визначаємо  $tg \alpha$

$$tg \alpha = \frac{d}{h_p} = \frac{\sqrt{l_0^2 + l_0^2}}{h_p} = \frac{\sqrt{2,5^2 + 2,5^2}}{4,5} \approx 0,786 .$$

2 Визначаємо  $\alpha$  і  $cos^3 \alpha$

$$\alpha = 38^\circ, cos^3 \alpha = 0,49.$$

3 Визначаємо  $I_\alpha$ . За даними таблиці 22 знаходимо силу світла при  $\alpha=37^\circ$  для освітлювача з умовною лампою  $\Phi_{л}=1000$  лм –  $(I_\alpha)_{1000}=214$  кд (значення  $I_\alpha$  визначаємо за допомогою лінійної інтерполяції).

4 Розраховуємо освітленість у горизонтальній площині за формулою (37). Беручи коефіцієнт запасу  $K_3=1,5$  для одного світильника, маємо:

$$E_z = I_\alpha cos^3 \alpha / (K_3 h_p^2) = 214 \cdot 0,49 / (1,5 \cdot 4,5^2) \approx 3,45 \text{ лк.}$$

Так як кожний з чотирьох світильників створює в розрахунковій точці однакову освітленість, то сумарна освітленість дорівнює

$$E_{заг} = 4E_z = 4 \cdot 3,45 = 13,8 \text{ лк.}$$

5 Визначаємо світловий потік, який повинен створюватися у розрахунковій точці кожною лампою за формулою (39)

$$F_{л} = 1000 \cdot 250 / 13,8 = 18116 \text{ лм,}$$

6 За таблицею 23 підбираємо лампу ДРЛ з найближчим значенням світлового потоку: лампа ДРЛ-400,  $F_{л}=18000$  лм.

7 Перевіряємо освітленість у розрахунковій точці в горизонтальній площині для обраної лампи:

$$E_{z \text{ фак}} = E_z \cdot F_{л} / 1000 = 4 \cdot 3,45 \cdot 18000 / 1000 = 62 \text{ лк.}$$

$$E_{\text{заг фак}} = 4 \cdot E_{\text{з фак}} = 4 \cdot 62 = 248 \text{ лк.}$$

Згідно з нормами проектування фактичне значення одержаної освітленості повинно відповідати наступним умовам:

$$0,9E_n \leq E_{\text{фак}} \leq 1,2 E_n.$$

Таблиця 23 – Параметри ламп накаливання і ламп ДРЛ

Тип лампи	Потужність лампи w, Вт	Світловий потік F, лм	Напруга на лампі, В
Лампи накаливання			
НБ	60	620	220
НБ	75	840	220
НБ	100	1240	220
НБК	100	1380	220
НГ	150	1900	220
НГ	200	2700	220
НГ	300	4350	220
НГ	500	8100	220
НГ	750	13100	220
НГ	1000	18200	220
НГ	1500	28000	220
Лампи ДРЛ			
ДРЛ-250М	250	10500	140
ДРЛ-500М	500	21000	140
ДРЛ-750М	750	33000	140
ДРЛ-1000М	1000	46000	140
ДРЛ-80	80	2000	115
ДРЛ-125	125	4800	125
ДРЛ-250-2	250	10000	140
ДРЛ-400	400	18000	143
ДРЛ-700	700	33000	143
ДРЛ-1000-2	1000	50000	143

8 Розраховуємо освітленість у вертикальній площині за формулою (38).

Так як розрахункова точка, що лежить у вертикальній площині, освітлюється тільки двома світильниками, то освітленість вертикальної площини буде дорівнювати

$$E_e = 2E_{\text{з}} l_0 / h_p = 2 \cdot 62 \cdot 2,5 / 4,5 \approx 69 \text{ лк.}$$

9 Розраховуємо освітленість у похилій площині:

$$E_A = 2E_{\text{з}} (\cos \theta + l_0 \sin \theta / h_p) = 2 \cdot 62 (\cos 60^\circ + 2,5 \sin 60^\circ / 4,5) \approx 122 \text{ лк.}$$

10 Розраховуємо потужність системи освітлення. Потужність однієї лампи обираємо за таблицею 23:

$$W = n \cdot w = 4 \cdot 400 = 1600 \text{ Вт.}$$

### Завдання 5 Розрахунок штучного освітлення точковим методом

Приміщення розміром  $a \times a$  м висотою  $h$  м освітлюється чотирма світильниками. Тип світильника вибирається відповідно варіанта. Тип лампи визначається за типом світильника (табл.24). Дискретні значення кривої сили світла для деяких світильників для умовної лампи зі світловим потоком  $\Phi_{\text{л}}=1000$  лм надано в таблиці 24. Світильники розташовуються по кутах квадрата таким чином, щоб відстань від світильника до стіни дорівнювала половині відстані між світильниками.

Таблиця 24 – Дискретні значення кривої сили світла при умовній лампі зі світловим потоком  $\Phi_{\text{л}}=1000$  лм для деяких світильників

Світильники для ламп накаливання					Світильники для ламп ДРЛ				
У и УПМ		УЗ		Гэ и ГПМ		ГсР и ГсХР		СДДРЛ	
$\alpha$ , град	Сила світла $I_{\alpha}$ , кд	$\alpha$ , град	Сила світла $I_{\alpha}$ , кд	$\alpha$ , град	Сила світла $I_{\alpha}$ , кд	$\alpha$ , град	Сила світла $I_{\alpha}$ , кд	$\alpha$ , град	Сила світла $I_{\alpha}$ , кд
0	238	0	185	0	268	0	650	0	275
5	229	5	183	5	265	5	645	5	275
15	215	15	175	15	248	15	570	15	265
25	204	25	167	25	227	25	440	25	245
35	195	35	154	35	206	35	290	35	220
45	164	45	133	45	185	45	165	45	184
55	145	55	108	55	150	55	121	55	142
65	122	65	84	65	88	65	43	65	90
75	76	75	55	75	19	75	12	75	28
85	7	85	19	85	5				
90	3	90	8						

Визначити тип ламп, які необхідно використати, щоб зробити в точці  $A$  нормовану освітленість. Нормоване значення освітленості в горизонтальній площині вибрати відповідно варіанта для вказаного класу робіт за даними таблиці 25.

Для обраних ламп розрахувати фактичне значення освітленості в горизонтальній, вертикальній і похилій (під кутом  $\theta$ ) площинах в точці  $A$  (рис. 12).

Зробити висновок щодо відповідності отриманого значення освітленості в горизонтальній площині нормованому значенню  $E_n$ .

Таблиця 25 – Варіанти завдання

Варіант	$a$ , м	$h$ , м	$\theta$ , град	Тип світильника	Тип приміщення	$E_n$ , лк
1	5	3	30	У	Машинописне бюро	150
2	6	4	45	УЗ	Диспетчерська	75
3	7	4	60	УПМ	Машинний зал	50
4	8	4	30	Гэ	Автоматичний зал	150
5	7	3	45	ГПМ	Генераторна	100
6	10	5	60	ГсР	Радіовузол	200
7	9	4,5	30	ГсХР	Кузовне відділення	200
8	8	4	45	СДДРЛ	Ремонтне приміщення	200
9	10	5	60	ГсР	Електролітна	150
10	9	4	30	ГсХР	Зал зв'язку	200

### 3.7 Безпека праці при монтажі та ремонті устаткування

Одноразові чи повторні роботи з монтажу і демонтажу обладнання повинні передбачатися вже в процесі проектування.

При виконанні зазначених робіт необхідно виключити можливість виробничого травматизму, перебування робітників у незручних положеннях, підйому великих ваг вручну і т.п.

На стадії проектування устаткування варто проаналізувати доступність окремих вузлів для змащення, огляду, заміни чи ремонту. У дипломному проекті слід приділити особливу увагу техніці безпеці при даних видах робіт.

## 4 Електробезпека

Електричний струм становить значну небезпеку, тому заходам щодо захисту працюючих від поразки електричним струмом повинна приділятися велика увага. У цьому підрозділі необхідно:

1) проаналізувати можливі причини електротравматизму на проектованому устаткуванні, визначити клас приміщення цеху по небезпеці поразки

електрострумом;

2) передбачити основні захисні заходи щодо попередження електротравматизму, у тому числі:

- надійну ізоляцію струмоведучих частин;
- застосування зниженої напруги;
- захисне заземлення, занулення електроустановок, захисне відключення струмоприймачів;
- індивідуальні засоби захисту.

### **Розрахунок захисного заземлення**

Розрахунок захисного заземлення можна виконувати за допустимим опором пристрою, що заземлюється  $R_3$  або за допустимими значеннями напруг дотику і кроку  $U_{iD}$  і  $U_{\phi}$ .

Допустимі значення опору пристроїв, що заземлюються, згідно з “Правилами устроювання електроустановок” дорівнюють:

**Для установок до 1000 В:**

-  $R_3 = 10 \hat{\Omega}$  – якщо сумарна потужність джерел струму, що живлять мережу, не більш 100 кВ·А;

-  $R_3 = 4 \hat{\Omega}$  – у всіх інших випадках.

**Для установок вище 1000 В:**

-  $R_3 = \frac{250}{I_{\zeta}} \leq 10 \hat{\Omega}$  – у мережах з ізолюваною нейтраллю при малих струмах заземлення за умови використання пристроїв, що заземлюють, тільки для електроустановок напругою вище 1000 В;

-  $R_3 = \frac{125}{I_{\zeta}} \leq 10 \hat{\Omega}$  – теж у мережах з ізолюваною нейтраллю і малими струмами заземлення, але з використанням пристроїв, що заземлюють, одночасно і для електроустановок напругою до 1000 В;

-  $R_3 = 0,5 \hat{\Omega}$  – у мережах з ефективно заземленою нейтраллю при великих струмах замикання.

Струм замикання на землю  $I_C$  в установках напругою більш 1000 В без компенсації ємнісних струмів визначається за рівнянням

$$I_C = \frac{U}{350} (5l_{\hat{E}.\hat{E}.} + l_{\hat{A}.\hat{E}.}) \quad (40)$$

де  $U$  – лінійна напруга мережі, кВ.

$l_{\hat{E}.\hat{E}.}$  – довжина кабельних ліній, км.

$l_{\hat{A}.\hat{E}.}$  – довжина повітряних ліній, км.

В установках напругою більш 1000 В без компенсації ємнісних складових струм замикання на землю береться дорівненим

$$I_3 = 1,25I_{ном} \quad (41)$$

де  $I_{ном}$  – номінальний струм споживачів мережі.

**Розрахунок заземлення** здійснюється у такій послідовності:

- визначають допустимий опір пристрою, що заземлює  $R_3$ ;
- визначають розрахунковий питомий опір ґрунту;
- розраховують опір розтіканню струму одного вертикального заземлювача;
- визначають необхідну кількість заземлювачів та орієнтовне їх розташування за периметром приміщення або в ряд з визначенням відстані між ними;
- розраховують опір розтіканню з'єднувальної шини;
- розраховують загальний опір заземлюючого пристрою з урахуванням з'єднувальної шини.

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

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi, \quad (42)$$

де  $\rho$  – питомий опір ґрунту за вимірами або орієнтовно за даними таблиці 26;

$\varphi$  – кліматичний коефіцієнт, що залежить від кліматичної зони та вологості ґрунту (табл.27).

Таблиця 26 – Орієнтовні значення питомого опору ґрунтів

Ґрунт	Питомий опір, Ом·м	
	Можливі межі коливань	При середній вологості ґрунту
Пісок	400 – 700	700
Супісок	150 – 400	300
Кам'янистий ґрунт	500 – 800	-
Суглинок	40 – 150	100
Глина	8 – 70	40
Чорнозем	9 – 53	20
Садова земля	30 – 60	40
Торф	10 – 30	20

Таблиця 27 – Коефіцієнти сезонності для однорідного ґрунту

Кліматична зона	Стан ґрунту під час виміру його опору при вологості		
	підвищеній	нормальній	зниженій
Вертикальний електрод довжиною 3 м			
I	1,9	1,7	1,5
II	1,7	1,5	1,3
III	1,5	1,3	1,2
IV	1,3	1,1	1,0
Вертикальний електрод довжиною 5 м			
I	1,5	1,4	1,3
II	1,4	1,3	1,2
III	1,3	1,2	1,1
IV	1,2	1,1	1,0
Горизонтальний електрод довжиною 10 м			
I	9,3	5,5	4,1
II	5,9	3,5	2,6
III	4,2	2,5	2,0
IV	2,5	1,5	1,1
Горизонтальний електрод довжиною 50 м			
I	7,2	4,5	3,6
II	4,8	3,0	2,4
III	3,2	2,0	1,6
IV	2,2	1,4	1,12

Кліматичні зони виділяються у залежності від середніх багаторічної нижчої і вищої температур, а також від середньорічної кількості опадів і тривалості замерзання води.

Опір розтіканню струму одного вертикального стрижневого (трубчатого) заземлювача (у омах):

$$R_{i\ddot{a} \dot{a}} = \frac{\rho_p}{2 \pi l} \ln \frac{4l}{d}, \quad (43)$$

або при заглибленні заземлювача на  $h$  м

$$R_{i\ddot{a} \dot{a}} = \frac{\rho_p}{2 \pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (44)$$

де  $l$  – довжина заземлювача, м;

$d$  – діаметр заземлювача, м;

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

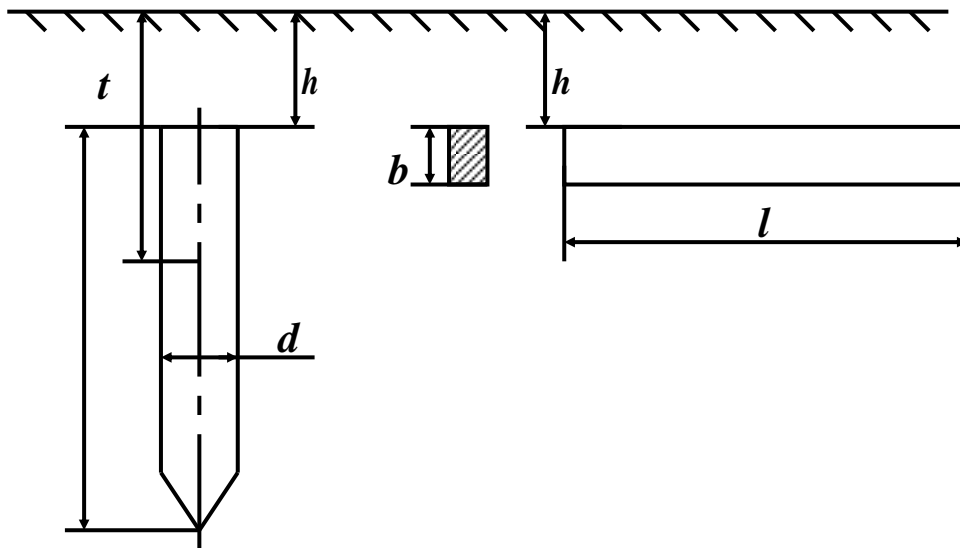


Рисунок 13 – Схема розташування електродів захисного заземлення в ґрунті

Для горизонтальних смуг, заглиблених у ґрунті, опір розтіканню струму одного вертикального стрижневого (трубчатого) заземлювача визначається за формулою

$$R_{i\ddot{a} \dot{a}} = \frac{\rho_\delta}{2 \pi l} \ln \frac{2l^2}{b \cdot h}, \quad (45)$$

де  $l$ ,  $b$  і  $h$  – відповідно довжина, ширина і глибина закладення смуги у ґрунті, як показано на рисунку 13, м.

Якщо загальний опір  $R_{od}$  менше чи дорівнює припустимому опору  $R_3$ , то



беремо один заземлювач. Якщо загальний опір  $R_{од}$  більше припустимого опору  $R_з$ , то необхідно взяти декілька заземлювачів.

Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою

$$n' = \frac{R_{\hat{a}}}{R_{\zeta}}, \quad (46)$$

де  $R_з$  – найбільший допустимий опір заземлюючого пристрою (згідно з "Правилами устроювання електроустановок").

Шляхом розташування отриманої кількості заземлювачів на плані визначають орієнтовну відстань між ними і за табличними даними визначають коефіцієнт використання заземлювачів (табл. 28,29) залежно від кількості стрижнів і відношення відстані між ними до їх довжини.

Визначають загальну кінцеву кількість заземлювачів:

- для вертикальних заземлювачів, заглиблених у ґрунті

$$n = \frac{n'}{\eta_{\hat{A}}}$$

де  $\eta_{\hat{A}}$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, визначається за таблицею 28;

- для горизонтальних заземлювачів, заглиблених у ґрунті

$$n = \frac{n'}{\eta_{\hat{A}}}$$

де  $\eta_{\hat{A}}$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, визначається за таблицею 29.

Опір розтіканню з'єднувальної шини для вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта її використання  $\eta_{ш}$  (табл. 30), (у омах), визначається за формулою

$$R_{\phi} = \frac{\rho_{\delta}}{2 \pi L \eta_{\phi}} \ln \frac{2 L}{b} \quad (47)$$

або при заглибленні

$$R_{\phi} = \frac{\rho_{\delta}}{2 \pi L \eta_{\phi}} \ln \frac{2 L^2}{b_{\phi} h}, \quad (48)$$

де  $L$  – довжина шини, м;

$b_{ш}$  – ширина шини, м;

$h$  – глибина закладання шини, м.

Довжина шини у випадку вертикальних заземлювачів визначається за формулою

$$L = 1,05 a n \quad (49)$$

де  $a$  – відстань між заземлювачами, м.

Таблиця 28 – Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів  $\eta_B$  групового заземлювача без урахування шини

Відношення відстані між трубами (стержнями) до їх довжини	При розташуванні у ряд		При розташуванні по контуру	
	Кількість заземлювачів	$\eta_B$	Кількість заземлювачів	$\eta_B$
1	2	0,85	2	–
	4	0,73	4	0,69
	6	0,65	6	0,61
	10	0,59	10	0,56
	20	0,48	20	0,47
	–	–	40	0,41
	–	–	60	0,39
	–	–	100	0,36
2	2	0,91	2	–
	4	0,83	4	0,78
	6	0,77	6	0,73
	10	0,74	10	0,68
	20	0,67	20	0,63
	–	–	40	0,58
	–	–	60	0,55
	–	–	100	0,52
3	2	0,94	2	–
	4	0,89	4	0,85
	6	0,85	6	0,80
	10	0,81	10	0,76
	20	0,76	20	0,71
	–	–	40	0,66
	–	–	60	0,64
	–	–	100	0,62

Таблиця 29 – Коефіцієнт використання паралельно розташованих горизонтальних заземлювачів  $\eta_{Г}$  групового заземлювача

Довжина кожної смуги, м	Кількість паралельних смуг	Відстань між паралельними смугами, м				
		1	2,5	5	10	15
15	5	0,37	0,49	0,60	0,73	0,79
	10	0,25	0,37	0,49	0,64	0,72
	20	0,16	0,27	0,39	0,57	0,64
25	5	0,35	0,45	0,55	0,66	0,73
	10	0,23	0,31	0,43	0,57	0,66
	20	0,14	0,23	0,33	0,47	0,57
50	5	0,33	0,40	0,48	0,58	0,65
	10	0,20	0,27	0,35	0,46	0,53
	20	0,12	0,19	0,25	0,36	0,44
75	5	0,31	0,38	0,45	0,53	0,58
	10	0,18	0,25	0,31	0,41	0,47
	20	0,11	0,16	0,22	0,31	0,38

Таблиця 30 – Коефіцієнт використання шини  $\eta_{ш}$

Відношення відстані між заземлювачами до їх довжини	Кількість заземлювачів							
	2	4	6	10	20	40	60	100
При розташуванні стрижнів у ряд								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	–	–	–
2	0,94	0,80	0,84	0,75	0,66	–	–	–
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	–	–	–
При розташуванні стрижнів по контуру								
1	–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	–	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	–	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

Загальний опір заземлюючого пристрою для вертикальних заземлювачів, (у омах), визначається за формулою

$$R_{\text{в}} = \frac{R_{\text{одв}} R_{\text{ш}}}{R_{\text{одв}} \eta_{\text{ш}} + R_{\text{ш}} \eta_{\text{В}} n} \leq R_{\text{з}}. \quad (50)$$

Загальний опір заземлюючого пристрою для горизонтальних заземлювачів, (у омах), визначається за формулою

$$R_2 = \frac{R_{одз}}{\eta_{\Gamma} n} \leq R_3. \quad (51)$$

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

**Приклад розрахунку.** Розрахувати захисне заземлення для електромережі 380 В, для якої сумарна потужність джерел струму, що живлять мережу, дорівнює 50 кВ·А. В якості заземлювачів використати круглі стрижні з вертикальним заглибленням. Діаметр одного стрижня  $d=0,05$  м, довжина  $l=3$  м, відстань між заземлювачами  $a=6$  м, глибина заглиблення  $h=1,7$  м, ширина шини  $b=0,03$  м. Тип ґрунту – пісок, кліматична зона – II. Вологість ґрунту – середня.

**Рішення.** Згідно з “Правилами устроювання електроустановок”  $R_3$  для даного типу електромережі дорівнює 10 Ом.

Розраховуємо питомий опір ґрунту за формулою (42). Питомий опір піску за таблицею 26 дорівнює 700 Ом·м, коефіцієнти сезонності для кліматичної зони II при нормальній вологості ґрунту дорівнює 1,5

$$\rho_p = \rho \cdot \varphi = 700 \cdot 1,5 = 1050 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Опір розтіканню струму одного вертикального стрижневого (трубчатого) заземлювача розраховуємо за формулою (44):

$$R_{одз} = \frac{1050}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,2 + 3}{4 \cdot 3,2 - 3} \right) = 280 \text{ Ом}.$$

Визначаємо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів за формулою (46):

$$n' = \frac{280}{10} = 28 \text{ шт.}$$

Розташовуємо заземлювачі по контуру. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів  $\eta_B$  визначаємо за таблицею 28 за допомогою лінійної екстраполяції  $\eta_B=0,61$ .

Визначають загальну кінцеву кількість заземлювачів  $n=28/0,65=43$  шт.

Довжина шини визначається за формулою (49):

$$L = 1,05 \cdot 6 \cdot 43 = 271 \text{ м.}$$

За даними таблиці 30 коефіцієнт використання шини  $\eta_{ш} = 0,29$ .

Визначаємо опір розтіканню з'єднувальної шини для вертикальних заземлювачів, (у омах), за формулою (48):

$$R_{\phi} = \frac{1050}{2 \cdot 3,14 \cdot 271 \cdot 0,29} \ln \frac{2 \cdot 271^2}{0,03 \cdot 1,7} \approx 32 \text{ Ом.}$$

Загальний опір заземлюючого пристрою визначається за формулою(50):

$$R_a = \frac{280 \cdot 32}{280 \cdot 0,29 + 32 \cdot 0,61 \cdot 43} = 9 \leq R_{\zeta} = 10.$$

Розраховане значення опору відповідає нормам. Тобто для заземлення треба взяти 43 стрижня.

### Завдання 6 Розрахунок захисного заземлення

Розрахувати захисне заземлення. Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 31.

Таблиця 31 – Характеристики пристрою захисного заземлення

Варіант	$d$ , м	$l$ , м	$h$ , м	$a$ , м	$b$ , м	Тип заземлювача	Тип ґрунту	$R_z$ , Ом	Кліматична зона	Вологість ґрунту
1	0,05	3	0,8	3	0,04	вертик.	А	0,5	І	Велика
2	–	10	0,8	1	0,04	горизонт.	Б	4	ІІ	Велика
3	0,04	5	0,5	5	0,05	вертик.	В	10	ІІІ	Середня
4	–	50	0,5	5	0,02	горизонт.	Г	0,5	ІV	Середня
5	0,05	3	0,6	6	0,06	вертик.	Д	4	І	Низка
6	–	10	0,4	2,5	0,04	горизонт.	Ж	10	ІІ	Низка
7	0,02	3	1,2	9	0,04	вертик.	З	0,5	ІІІ	Велика
8	–	50	0,7	10	0,02	горизонт.	К	4	ІV	Середня
9	0,05	5	1,0	10	0,06	вертик.	Д	10	І	Низка
10	–	10	0,8	1	0,04	горизонт.	З	0,5	ІІ	Велика

Примітки: 1 Розташування вертикальних заземлювачів у ряд або по контуру вибирається у залежності від отриманої кількості заземлювачів. При великій кількості заземлювачів слід віддавати перевагу розташуванню по контуру.

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

## 5 Пожежна безпека

Пожежна безпека відповідно до ГОСТу 12.1.004-76 ССБТ повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі та системою пожежного захисту.

Системи запобігання пожежі та системи пожежного захисту розробляються для кожного конкретного об'єкта з урахуванням того, що нормативна імовірність виникнення пожежі чи впливу небезпечних факторів пожежі на людей береться рівною не більш  $10^{-6}$  у рік.

За своїм змістом імовірність  $10^{-6}$  означає, що будинки і спорудження повинні мати такий протипожежний захист, щоб у середньому кожна людина, що знаходиться в них, піддавалася ризику впливу небезпечних факторів пожежі не більш  $10^{-6}$  разів на рік чи щоб одна людина з мільйона людей, які знаходяться в будинках такого типу, піддавався впливу небезпечних факторів пожежі протягом одного року.

Виходячи з цих вимог, у кожному дипломному проекті має бути розроблений комплекс протипожежних заходів, що передбачають:

- заходи, спрямовані на попередження виникнення пожеж;
- заходи щодо обмеження поширення вогню при виникненні пожежі;
- заходи, що забезпечують умови для швидкої локалізації і гасіння пожеж;
- заходи щодо створення умов для успішної евакуації людей.

Основні питання пожежної профілактики у пояснювальній записці до дипломного проекту повинні викладатися за наступною схемою:

- пожежна характеристика застосовуваних на даному виробництві горючих речовин і матеріалів;
- можливі причини пожеж;
- категорія виробничого приміщення за пожежною безпекою;
- вимоги пожежної безпеки до проектуваного устаткування чи технологічного процесу;
- методи і засоби гасіння можливих пожеж, обґрунтування вибору пер-

винних і допоміжних засобів пожежегасіння.

Показники пожежонебезпечності речовин беруться з довідкової, нормативної і технічної літератури.

При визначенні категорії виробництва необхідно керуватися СНиП II-90-81. Крім цього необхідно визначити категорію і групу вибухонебезпечних сумішей речовин, що утворюють з повітрям вибухонебезпечну суміш. При визначенні категорії і групи вибухонебезпечних сумішей необхідно керуватися ГОСТ 12.1.011-78 ССБТ.

При призначенні категорій і груп виробництва необхідно обґрунтувати зроблений вибір, а при необхідності й підтвердити його розрахунком.

### Розрахунок часу утворення вибухонебезпечної суміші

1 Визначення інтенсивності випару речовини  $m$ , в грамах за секунду, за формулою

$$m = 4rD_t \frac{MP_{i\grave{a}\grave{n}}}{V_t P_{\grave{a}\grave{o}\grave{i}}}, \quad (52)$$

де  $r$  – радіус калюжі, см;

$D_t$  - коефіцієнт дифузії пари речовини,  $\text{см}^2/\text{с}$ , при температурі  $t$  приміщення визначається за формулою

$$D_t = D_o \left( \frac{T+t}{T} \right)^n, \quad (53)$$

де  $T=273$  °C;

$D_o$  – коефіцієнт дифузії пари речовини при  $t=0$  °C и тиску 0,1 МПа,  $\text{см}^2/\text{с}$ , визначається за даними таблиці 32;

$n$  – емпіричний показник, визначається за даними таблиці 32;

$M$  – відносна молярна маса речовини визначається за таблицею 32;

$V_t$  – об'єм 1 моля пари речовини, л, при температурі приміщення  $t$ , визначається за формулою

$$V_t = V_o \frac{T+t}{T}, \quad (54)$$

де  $V_o = 22,4$  л – мольний об’єм пари речовини при  $t=0$  °С и тиску 0,1 МПа.

$t$  – температура в приміщенні, °С;

$T=273$  °С;

$P_{атм} = 0,1$  МПа - атмосферний тиск;

$P_{нас}$  – тиск насиченої пари речовини, МПа, розраховується за рівнянням Антуана

$$\lg P_{i\grave{a}\tilde{n}} = \left( A - \frac{B}{t + 273 + C_A} \right), \quad (55)$$

де  $t$  – температура в приміщенні, °С;

$A, B, C_A$  – константи рівняння, визначаються за таблицею 32 для відповідної речовини.

2 Визначення тривалості випаровування речовини, мин:

$$\tau = \frac{1000 \cdot Q \cdot \rho}{60m}, \quad (56)$$

де  $\rho$  – густина речовини, кг/л, визначається за таблицею 32.

Таблиця 32 – Показники пожежної небезпеки технічних продуктів

Речовина	$M$	Константи рівняння Антуана			$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$K_o$ , %	$D_o$ , см <sup>2</sup> /с	$n$
		$A$	$B$	$C_A$				
Бензин А-72з	97,2	5,0702	682,876	222,066	0,73	1,08	0,0605	2
Бензин АИ-93л	98,2	4,99831	664,976	221,695	0,76	1,06	0,0615	2
Бензин АИ-93з	95,3	5,14031	695,019	223,22	0,75	1,1	0,0623	2
Бензин Б-70	102	8,41944	2629,65	384,195	0,73	0,92	0,0573	2
Дизпаливо З	172	5,95338	1255,73	199,523	0,84	0,61	0,047	2
Дизпаливо Л	204	5,87629	1314,04	192,473	0,83	0,52	0,0481	2
Керосин КО-20	192	5,69697	1211,73	194,677	0,80	0,55	0,0458	2
Керосин КО-22	153	6,47119	1394,72	204,26	0,80	0,64	0,0495	2
Уайт-спірит	147	8,0113	2218,3	273,15	0,78	0,7	0,0497	2
Ксилол	106	7,05479	1478,16	220,535	0,86	1	0,0672	2
Розчинник М	59,4	8,93204	2083,57	267,735	0,87	2,79	0,0916	2



3 Визначення максимальної концентрації речовини у даному приміщенні після повного випаровування  $K_{max}$ , г/м<sup>3</sup>

$$K_{max} = Q \cdot \rho \cdot 1000 / V, \quad (57)$$

де  $V$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$Q$  – кількість пролитої речовини, л.

4 Визначення масової небезпечної концентрації речовини у повітрі, г/л:

$$K_m = K_{об} M / 100 V_t, \quad (58)$$

де  $K_{об}$  – нижня межа запалення пари речовини, %, при температурі приміщення  $t$ , визначається за формулою

$$K_{об} = K_o(1,020 - 0,000799t), \quad (59)$$

де  $K_o$  – нижня межа запалення пари речовини, %, при температурі  $t=20$  °С и тиску 0,1 МПа визначається за даними таблиці 32.

5 Вибухонебезпечна масова концентрація пари бензину в 1 м<sup>3</sup> повітря дорівнює, г/м<sup>3</sup>

$$K = 1000 K_m, \quad (60)$$

6 Зрівнюємо одержане теоретичне значення  $K$  з отриманим значенням концентрації речовини в даному приміщенні після повного випаровування  $K_{max}$ . Якщо  $K_{max} < K$ , то загорання пари речовини не буде. Якщо  $K_{max} \geq K$ , треба розрахувати час, через який можливо загорання пари речовини при наявності джерела загорання.

7 Визначення часу утворення вибухонебезпечної суміші,  $\tau_v$ , хв., в приміщенні об'ємом  $V$ , м<sup>3</sup>, визначається за формулою

$$\tau_v = VK / (60m). \quad (61)$$

**Приклад розрахунку.** У виробничому приміщенні було пролито бензин А-72з (зимний). Визначити час, протягом котрого випарується бензин і зможе чи ні утворитися вибухонебезпечна концентрація пари бензину і повітря.

Вихідні дані:

- кількість пролитого бензину  $Q=2,5$  л;

- температура в приміщенні  $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- радіус калюжі бензину  $r=150\text{ см}$ ;
- атмосферний тиск у приміщенні  $0,1\text{ МПа}$  ( $760\text{ мм рт. ст.}$ );
- об'єм приміщення  $V=75\text{ м}^3$ .

**Рішення.** Визначаємо коефіцієнт дифузії пари речовини  $D_t$  за формулою (53):

$$D_t = 0,0605 \left( \frac{273 + 30}{273} \right)^2 = 0,075\text{ см}^2/\text{с}.$$

Відносна молярна маса бензину А-72з за даними таблиці 32 дорівнює  $M=97,2$ .

За формулою (54) розраховуємо об'єм 1 моля пари бензину А-72з при температурі приміщення  $t$

$$V_t = 22,4 \frac{273 + 30}{273} = 24,86\text{ м}^3.$$

Визначаємо тиск насиченої пари бензину при температурі приміщення  $t$  за рівнянням Антуана (формула (55)):

$$\lg P_{\text{нас}} = \left( 5,07020 - \frac{682,876}{30 + 273 + 222,066} \right) = 3,77$$

$$P_{\text{нас}} = 10^{3,77} = 5884\text{ Па} = 0,0059\text{ МПа}.$$

Інтенсивність випару бензину (формула (52))

$$m = 4 \cdot 150 \cdot 0,075 \frac{97,2 \cdot 0,0059}{24,86 \cdot 0,1} = 10,29\text{ г/с}.$$

Визначаємо тривалість випаровування бензину (густина бензину визначається за таблицею 32  $\rho=0,73\text{ кг/л}$ ):

$$\tau = \frac{1000 \cdot 2,5 \cdot 0,73}{60 \cdot 10,29} = 2,96\text{ мин}.$$

За формулою (57) визначаємо максимальну концентрацію бензину в даному приміщенні після повного випаровування

$$K_{\text{max}} = 2,5 \cdot 0,73 \cdot 1000 / 75 = 24,33\text{ г/м}^3.$$

Розраховуємо нижню межу запалення бензину при температурі приміщення  $t$  (значення  $K_o$  беремо з таблиці 32):

$$K_{o\text{б}} = 1,08(1,020 - 0,000799 \cdot 30) = 1,076\%.$$

Визначаємо масову небезпечну концентрацію пари бензину у повітрі (формула (58)):

$$K_m = 1,076 \cdot 97,2 / 100 \cdot 24,86 = 0,042 \text{ г/л.}$$

Вибухонебезпечна масова концентрація пари бензину в 1 м<sup>3</sup> повітря дорівнює (формула (60))

$$K = 0,042 \cdot 1000 = 42 \text{ г/м}^3.$$

Порівняння показує, що  $K_{max} < K$ . Таким чином, встановлено, що навіть після повного випаровування бензину в даному приміщенні загорання бензину не буде.

### Завдання 7 Розрахунок часу утворення вибухонебезпечної суміші

У виробничому приміщенні було пролито вибухонебезпечну речовину. Визначити час, протягом якого ця речовина випарується і можливість утворення вибухонебезпечної концентрації пари речовини у повітрі.

Вихідні дані за варіантами наведено у таблиці 33:

- кількість пролитого бензину  $Q$ , л;
- температура в приміщенні  $t$ , °С;
- радіус калюжі бензину  $r$ , см;
- атмосферний тиск у приміщенні 0,1 МПа (760 мм рт. ст.);
- об'єм приміщення  $V$ , м<sup>3</sup>.

Таблиця 33 – Варіанти завдання

Варі-ант	Речовина	Q, л	t, °С	r, см	V, м <sup>3</sup>
1	Бензин АИ-93л	3	15	200	100
2	Бензин АИ-93з	5	17	300	75
3	Бензин Б-70	4	18	200	80
4	Дизпаливо З	2	30	150	50
5	Дизпаливо Л	1	35	50	75
6	Керосин КО-20	1	32	50	90
7	Керосин КО-22	2	27	100	80
8	Уайт-спірит	3	28	250	75
9	Ксилол	4	30	200	60
10	Розчинник М	3	32	250	50

## Література

- 1 План-пам'ятка до вивчення курсу “Охорона праці в галузі” для студентів спеціальності “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини та обладнання / Укл. С.О.Коновалова – Краматорськ: ДДМА, 2004. – 56с.
- 2 Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
- 3 Керб Л.П. Основи охорони праці: Навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни. – К.: КНЕУ, 2001. – 252 с.
- 4 Охрана труда в машиностроении: Уч. для вузов/ Под ред. Е.Я.Юдина. – М.: Машиностроение, 1993. – 432 с.
- 5 Справочная книга по охране труда в машиностроении / Под ред. О.Н.Русака. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1989. – 541 с.
- 6 Основы охраны труда / В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигирей, А.В. Мельников. – Львів: Афіша, 2000. – 351 с.
- 7 ДНАОП 0.00-1.03-02”Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів”.
- 8 Эргономика: Учеб. пособие для вузов / В.В. Адамчук, Т.П. Варна, В.В. Воротникова и др. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 254 с.
- 9 Сибикин Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий. – М.: Издательский цент «Академия», 2003. – 240 с.
- 10 Методичні вказівки до вивчення курсу з дисципліни «Охорона праці в галузі». Оцінка умов праці / Укл.: Л.В. Дементій, Ю.В. Менафова. – Краматорськ: ДДМА, 2000. – 24 с.
- 11 Миценко І.М. Умови праці на виробництві. – Кіровоград: КРД, 1999. – 324 с.
- 12 Охрана окружающей среды: Уч. для техн. спец. вузов / Под ред. С.В.Белова. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

- 13 Практикум із охорони праці: Навчальний посібник / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигерей, В.М. Сторожук та ін. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
- 14 Полтев М.К. Охрана труда в машиностроении. - М.: Высш. шк., 1980. – 294 с.
- 15 Безопасность труда в промышленности: Справочник / К.Н. Ткачук и др. - К.: Техніка, 1982. - 231 с.
- 16 Волков Ю.Н. Безопасность производственных процессов в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1972. – 168 с.
- 17 Охрана труда в машиностроении / А.Ф. Козьяков, Л.Л. Морозова – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
- 18 Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование: Справочник / С.В. Белов, А.Ф. Козьяков, О.Ф. Партолин и др.; Под ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
- 19 Виноградов Б.В. Безопасность труда и производственная санитария в машиностроении: Сборник расчетов. – М.: Машиностроение, 1963. – 264с.
- 20 Злобинский Б.М. Основы техники безопасности. – М.: Metallургия, 1965. – 336 с.
- 21 Эргономические принципы конструирования / В.М. Войтенко, В.М. Мунипов – К.: Техника, 1988. – 119 с.
- 22 Кукин П.П. и др. Безопасность технических процессов и производств. Охрана труда. - М.: Высш. шк., 2002. - 318 с.
- 23 Сивко В.Й. Розрахунки з охорони праці. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 152с.
- 24 Лесенко Г.В. Организация безопасности труда на производстве. – К.: Техніка, 1999. – 191 с.
- 25 Защитные устройства: Справочное пособие / Под ред. Б.Н. Злобинского. – М.: Metallургия, 1971. – 455 с.
- 26 Афанасьев П.И. Молниезащита зданий и сооружений / П.И. Афанасьев, М. Зеленецкий. – М.; Л.: Энергия, 1966. – 144 с.

- 27 Филиппов Б.И. Охрана труда при эксплуатации строительных машин. – М.: Высш. шк., 1970. – 392 с.
- 28 Лысяков А.Г. Техника безопасности при перемещении грузов на машиностроительных предприятиях. – М.: Машиностроение, 1982. – 239 с.
- 29 Траубе Е.С. Тормозные устройства и безопасность шахтных подъемных машин / Е.С. Траубе, И.С. Найденко. - М.: Недра, 1980.– 256 с.
- 30 Коузов П.А. Вентиляция кабины крановщика / П.А. Коузов, М.И. Гримитлин. – Л.: ЛИОТ, 1955. – 28с.
- 31 Шишков Н.А. Технический надзор за содержанием и безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов. – М.: Недра, 1986. – 256с.
- 32 Краснов Л.М. Техника безопасности при эксплуатации мостовых кранов. – Днепропетровск: Промінь, 1968. – 72с.
- 33 Спельман Е.П. Техника безопасности при эксплуатации строительных машин и механизмов / Е.П. Спельман, Г.С. Чуйков. – М.: Стройиздат, 1973. – 175с.
- 34 Белов С.В. Охрана труда при производстве и эксплуатации подъемно-транспортных машин / С.В. Белов, А.Ф. Козьяков. – М.: Машиностроение, 1986. – 208 с.
- 35 Краснов Л.М. Охрана труда в условиях повышенной опасности. – Днепропетровск: Промінь, 1977. – 160 с.
- 36 Гольдварг А.И. Профилактика производственного травматизма. – Ташкент: Мехнат, 1989. – 176 с.
- 37 Гримитлин М.И. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных заводов / М.И. Гримитлин, О.Н. Тимофеева, В.М. Эльтерман, Е.М. Эльтерман, Л.С. Эльянов.– М.: Машиностроение, 1977. – 272с.
- 38 Курс лекций по дисциплине «Охрана труда в отрасли» для студентов специальности ПТМ / Коновалова С.А., Чижиков Г.И., Крупко В.Г. – Краматорск: ДГМА, 2005. - 232 с.
- 39 Смелков Г.И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах. – М.: Энергоиздат, 1984. – 184 с.

- 40 Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. – М.: Энергия, 1979. – 407 с.
- 41 Королькова В.И. Электробезопасность на промышленных предприятиях. – М.: Машиностроение, 1970. – 520 с.
- 42 Заземляющие устройства электроустановок / В.В. Бургсдорф, А.И. Якобс – М.: Энергоиздат, 1987. – 399 с.
- 43 Хомяков А.М. Средства защиты работающих, применяемые в электроустановках. – М.: Энергоиздат, 1981. – 112 с.
- 44 Равикович И.Д. Техника безопасности в передвижных электроустановках. – М.: Энергия, 1971. – 104 с.
- 45 Бергельсон В.Н. Электробезопасность в строительстве. – К.: Будивельник, 1982. – 120 с.
- 46 Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. – Л.: Энергоиздат, 1991. – 480 с.
- 47 Охрана труда в электроустановках / Под ред. Б.А. Князевского. – М.: Энергоиздат, 1977. – 320 с.
- 48 Долин А.П. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
- 49 Бергельсон В.Н. Электробезопасность в строительстве. – К.: Будивельник, 1982. – 120 с.
- 50 Охрана труда на автотранспортных предприятиях: Справочник / Под ред. А.И. Салова. – М.: Транспорт, 1976. – 248с.
- 51 Освещение строительных площадок / Дадимов М.С., Поллак С.В. – М.-Л.: Гозэнергоиздат, 1962. – 200с.
- 52 Производственная санитария: Справочное пособие / Под ред. Б.М. Злобинского. – М.: Металлургия, 1969. – 688с.
- 53 Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л.: Энергоиздат, 1981. – 288с.
- 54 Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 472с.

**Методичні вказівки**  
**до виконання розділу “Охорона праці”**  
дипломних проектів  
для студентів спеціальності  
**“Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні,  
меліоративні машини та обладнання”**

Укладач **КОНОВАЛОВА Світлана Олексіївна**

Редактор **І. І. Дьякова**

Верстка **О. П. Ордіна**

201/2006. Підпис. до друку **Формат 60×84/16**  
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 5,00 **Обл.-вид. арк. 3,64.**

Тираж 100 прим. Зам. №

Видавець і виготівник

«Донбаська державна машинобудівна академія»  
ДДМА. 84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру серії ДК № 1633 від 24.12.2003 р.