

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩІЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»

**В. В. Сафонов, А. С. Беліков, Р. Б. Папірник, С. В. Іванцов,
Л. М. Діденко, О.В. Пилипенко, О. О. Лапшин, Е. В. Доронін, В.А. Шаломов**

Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей

ПІДРУЧНИК

*Під загальною редакцією заслуженого діяча науки і техніки України,
доктора технічних наук, професора А.С. Белікова*

Друге видання

Дніпро
2020

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
для студентів вищих навчальних закладів як підручник

**Автори: В. В. Сафонов, А. С. Беліков, Р. Б. Папірник,
С. В. Іванцов, Л. М. Діденко, О.В. Пилипенко,
О. О. Лапшин, Е. В. Доронін, В.А. Шаломов**

Рецензенти:

- О.І. Запорожець** д.т.н., професор, Національний авіаційний університет,
м. Київ, завідувач кафедри «Безпеки життєдіяльності»
- В.І. Голінько** д.т.н., професор, Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка», м. Дніпро, завідувач
кафедри «Аерології та охорони праці»
- С.В. Поздєєв** д.т.н., професор, гол. н.с., Черкаський інститут
пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту
України, м. Черкаси

В.В. Сафонов, А.С. Беліков, Р.Б. Папірник, С.В. Іванцов та ін.

Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний підручник / Під загальною редакцією засл. діяча науки і техніки України, д.т.н., проф. А.С. Белікова. – Дніпро, 2020. – 366с.

У навчальному підручнику викладено методичні рекомендації до змісту і оформленню розділу «Охорона праці» при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей.

Підручник для студентів вищих навчальних закладів та інженерно-технічних працівників.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЗМІСТУ І ОФОРМЛЕННЯ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ» В ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТАХ.....	7
1.1. Загальні дані нормативної бази охорони праці.....	7
1.2. Зміст завдання розділу «Охорона праці»	12
1.3. Рекомендований перелік завдань з охорони праці в дипломних проектах	13
1.4. Вимоги до оформлення розділу «Охорона праці» в дипломних проектах.....	15
<i>Розділ 2. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ І ШКІДЛИВОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ</i>	
2.1. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники.....	16
2.2. Визначення і розрахунок рівня виробничого ризику	17
2.3. Методи аналізу виробничого травматизму.....	23
Розділ 3. ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ В ГЕНЕРАЛЬНИХ ПЛАНАХ ПІДПРИЄМСТВ І БУДІВНИЦТВ.....	32
3.1. Загальні положення.....	32
3.2. Виробниче середовище.....	32
3.3. Планові нормативні вимоги.....	33
3.3.1. Вимоги до планування території підприємства.....	33
3.3.2. Транспорт підприємств.....	37
3.3.3. Відстань від будівель і споруд до смуг озеленення території підприємства.....	40
3.3.4. Санітарні і протипожежні розриви між будівлями і спорудами підприємства.....	41
3.3.5. Внутрішні проїзди, дороги і тротуари.....	43
3.3.6. Санітарно-захисні зони.....	43
Розділ 4. ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ В ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ДОКУМЕНТАЦІЇ.....	50
4.1. Класифікація інженерних рішень з охорони праці.....	50
4.2. Основні інженерні рішення з охорони праці в будівельних генеральних планах.....	52
4.3. Небезпечні зони.....	52
4.3.1. Встановлення кранів на будівельно-монтажних майданчиках.....	61
4.3.2. Визначення розмірів небезпечних зон при роботі кранів, підйомників та інших будівельних машин.....	67
4.3.3. Визначення небезпечних зон під час розробки мерзлих та скельних ґрунтів, руйнуванні будівель і споруд.....	70
4.3.3.1. Розробка мерзлого та скельного ґрунту ударним навантаженням... ..	70
4.3.3.2. Розробка мерзлих та скельних ґрунтів за допомогою вибухівки..	72
4.3.3.3. Розробка ґрунту накладними зарядами.....	72
4.3.3.4. Розробка ґрунту заглибленими зарядами.....	73
4.4. Руйнування будівель і споруд.....	74
4.5. Складування конструкцій.....	76
4.6. Зберігання отруйних, легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин.....	79

Розділ 5. ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ І БУДІВЕЛЬНИХ МАЙДАНЧИКАХ.....	80
5.1. Санітарно-побутове забезпечення працюючих.....	80
5.2. Профілактика запиленості і загазованості повітря виробничого середовища..	83
5.2.1. Визначення необхідного повітрообміну для гаража стоянки.....	92
5.3. Освітлення робочих місць і діляниць виробництва.....	93
5.3.1. Нормування освітленості робочих місць.....	93
5.3.2. Штучне освітлення.....	94
5.3.3. Світлотехнічні розрахунки.....	96
5.3.4. Проектування штучного освітлення.....	103
5.3.5. Розрахунок прожекторного освітлення.....	111
5.4. Захист від вібрації.....	113
5.4.1. Розрахунок віброізоляції та віброгасильної основи.....	113
5.5. Захист робочих місць і ділянок виробництва від шуму.....	122
5.5.1. Зниження шуму в джерелі його виникнення.....	123
5.5.2. Зменшення шуму на шляху його розповсюдження.....	123
5.5.2.1. Звукоізоляція.....	123
5.5.2.2. Звукоізолюючі кожухи.....	126
5.5.2.3. Звукопоглинання.....	129
5.5.2.4. Екранування.....	135
5.5.2.5. Глушники шуму.....	141
5.5.3. Методика розрахунку поправок Δ_v і Δ_y при визначенні індексів ізоляції повітряного шуму конструкцією I_v і приведенного рівня ударного шуму, що захищає, під перекриттям I_y	142
Розділ 6. БЕЗПЕКА ПРАЦІ.....	146
6.1. Вимоги безпеки виробничих будинків і споруд.....	146
6.2. Захисні огороження.....	149
6.2.1. Огородження абразивного обладнання.....	157
6.2.2. Розрахунок захисних кожухів дискових пил.....	158
6.2.3. Розрахунок запобіжного клапана.....	160
6.3. Ергономічні вимоги до робочого місця.....	161
6.3.1. Ступені сходів, проходи і майданчики.....	164
6.4. Кольори і сигнальні знаки безпеки.....	164
6.5. Електробезпека.....	166
6.5.1. Методи захисту в електроустановках.....	167
6.5.2. Розрахунок захисного заземлення.....	173
6.5.3. Розрахунок занулення.....	182
6.5.4. Блискавкозахист будинків і споруджень.....	189
6.5.5. Безпека від можливих розрядів статичної електрики.....	197
Розділ 7. БЕЗПЕКА ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ.....	199
7.1. Основні інженерні рішення охорони праці в технологічних картах на виробничі процеси.....	199
7.2. Земляні роботи.....	199
7.2.1. Загальні питання охорони праці при проведенні земляних робіт.....	199
7.2.2. Проектування проведення земляних робіт.....	201
7.2.3. Упорядкування укосів земляних споруд.....	203
7.2.4. Упорядкування котлованів і траншей з кріпленням.....	204
7.2.5. Розрахунок кріплень.....	206
7.2.6. Безпека праці при веденні земляних робіт в зимовий час.....	209

7.3. Кам'яні роботи.....	212
7.3.1. Загальні питання охорони праці при проведенні кам'яних робіт.....	212
7.3.2. Проектування проведення кам'яних робіт.....	216
7.3.3. Технологічна карта на кладку стін з цеглини з розшиванням швів.....	217
7.4. Покрівельні роботи.....	230
7.4.1. Проектування проведення покрівельних робіт.....	230
7.4.2. Технологічна карта на улаштування покрівель з матеріалів, що наплавляються.....	233
7.5. Монтажні роботи.....	247
7.5.1. Підбір і розрахунок вантажозахватних пристроїв.....	250
7.5.1.1. Розрахунок вантажозахватних пристроїв і пристосувань.....	250
7.5.1.2. Розрахунок параметрів строп.....	264
7.5.2. Розрахунок стійкості великих стінових блоків при монтажі зовнішніх стін в житлових будівлях.....	279
7.6. Вимоги безпеки установки, забезпечення стійкості і експлуатації машин і механізмів.....	282
7.6.1. Розрахунок стійкості вантажопідіймальних кранів.....	282
7.6.2. Монтаж вертольотами.....	289
7.7. Проектування проведення оздоблювальних робіт.....	293
Розділ 8. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА.....	294
8.1. Визначення категорії пожежної небезпеки промислових виробництв.....	294
8.1.1. Категорії будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою.....	296
8.1.2. Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон.....	297
8.1.3. Вірогідний розрахунковий метод оцінки вибухопожежонебезпеки.....	299
8.2. Визначення ступеня вогнестійкості будівель та споруд і необхідних меж вогнестійкості будівельних конструкцій.....	313
8.2.1. Методика визначення необхідного та фактичного ступенів вогнестійкості будівель.....	318
8.2.2. Розрахунок вогнестійкості будівельних конструкцій.....	319
8.3. Визначення меж вогнестійкості металевих конструкцій.....	320
8.4. Визначення фактичних меж вогнестійкості основних залізобетонних конструктивних елементів промислових, житлових і суспільних будинків.....	330
8.5. Оформлення результатів перевірки відповідності вимогам норм у відношенні вогнестійкості, прийнятих у проекті конструктивних рішень.....	343
Розділ 9. ВИМУШЕНА ЕВАКУАЦІЯ ЛЮДЕЙ ІЗ БУДИНКІВ.....	347
9.1. Особливості прямування людей.....	347
9.2. Шляхи забезпечення безпечної евакуації людей.....	347
9.3. Необхідна кількість, ширина і граничні відстані шляхів евакуації і виходів.....	348
9.4. Розрахунок евакуаційних шляхів і виходів.....	349
Розділ 10. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИХ УМОВ ПРАЦІ.....	355
ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА.....	359

*Присвячується
вченим в області охорони праці
д.т.н., проф. Золотницькому М.Д.,
д.т.н., проф. Крикунову Г.М.*

ВСТУП

Сучасне законодавство України з охорони праці вимагає більш якісної підготовки спеціалістів з вищою освітою для всіх галузей народного господарства. Об'єктивними причинами цього є глибокі суспільно-економічні зміни, які привели до появи нових форм господарювання і власності.

Сучасний інженер повинен мати достатній обсяг теоретичних знань в галузі охорони праці та вміти з їх допомогою вирішувати практичні інженерні задачі з створення безпечних і здорових умов праці на виробництві. У зв'язку з цим внесені ефективні зміни в навчальному процесі вузів. З 1999 року введені дисципліни «Основи охорони праці» та «Охорона праці в галузі», стало обов'язковою умовою рішення конкретних задач з охорони праці в дипломних проектах. За рахунок цього, а також в результаті підсилення інженерної частини охорони праці в дипломних проектах, з'явилася можливість підготовки інженера необхідного якісного рівня.

Цей навчальний посібник призначений для розвитку рішення цього завдання. З урахуванням сучасних досягнень науки і техніки наведені методи і способи рішення інженерних задач з техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки. Ці задачі в достатній мірі ілюстровані конкретними прикладами, а також необхідною довідковою інформацією.

Навчальний посібник призначений для студентів-дипломників всіх спеціальностей будівельних вузів, а також може бути використаний працівниками служб охорони праці підприємств та організацій.

Розділ 1. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЗМІСТУ І ОФОРМЛЕННЯ РОЗДІЛУ «ОХОРОНА ПРАЦІ» В ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТАХ

У відповідності до Наказу МОН України від 22.04.09 № 1/9-227 «Щодо підвищення якості з вивчення питань охорони праці у вищих навчальних закладах» при виконанні дипломних проектів (робіт) до них необхідно включати окремий розділ «Охорона праці». Цей розділ повинен повністю відповідати темі дипломного проекту і бути погодженим з консультантом-викладачем кафедри «охорона праці» або визначений керівником проекту.

1.1. Загальні дані нормативної бази охорони праці

У відповідності до статті 3 Закону України «Про охорону праці» (далі – Закон) законодавство про охорону праці складається із даного Закону, Кодексу законів про працю України (322-08), Закону України «Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили до втрати працездатності» (1105-14) та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Природно, що в основі всіх цих документів лежить Конституція України – основний Закон України.

На цей час при створенні національного законодавства про охорону праці широко використовуються Конвенції і Рекомендації МОТ, директиви Європейської Ради, досвід нормотворення Росії, Німеччини, Великобританії та інших країн світу.

В останні роки представники нашої країни беруть участь в різноманітних міжнародних проектах. Тому статтею 3 Закону передбачено – «якщо міжнародним договором, згода на обов’язковість якої надана Верховною Радою України, встановлено інші норми, ніж ті, що передбачені законодавством України про охорону праці, застосовуються норми міжнародного договору».

Порядок опрацювання і затвердження власних нормативних актів з охорони праці, тобто тих, що діють на підприємстві, визначений НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві».

По-перше, з прийняттям Закону державні функції нагляду за охороною праці в народному господарстві, які в СРСР виконувались профспілками – громадськими організаціями, вперше були передані Держнаглядохоронпраці – державному комітету, який входив до структури Кабінету Міністрів України (у теперішній час – Держгірпромнагляд), тобто визначена державна структура, яка відповідає за стан охорони праці в Україні.

По-друге, вперше були чітко визначені обов’язки працівників щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці (ст. 14) та відповідальність робітників всіх категорій за порушення вимог щодо охорони

праці (ст.44).

Вперше на законодавчому рівні було визначено, що кожен працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених Законом, нормами і правилами вимог.

Законом (ст. 4) визначені пріоритетні напрямки реалізації конституційного права громадян на їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, серед яких основними є:

- пріоритет життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних – безпечних і здорових умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- комплексне розв'язання завдань охорони праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції; а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- використання економічних методів управління охороною праці, участь держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

Трудові відносини між працівниками і роботодавцями в Україні регулюються Кодексом законів про працю (КЗпП) України, у відповідності до якого права працюючої людини на охорону праці охороняються всемірно.

КЗпП містить розділ XI «Охорона праці» (ст. 153-173) та розділ XVIII «Нагляд і контроль за дотриманням законодавства про працю» (ст.259-265).

Норми охорони праці повинні органічно входити до правил внутрішнього розпорядку організацій і підприємств.

Сьогодні на території України діє широкий спектр нормативних документів з охорони праці – від міждержавних до нормативних документів конкретних організацій (підприємств).

До числа нормативно-правових актів з охорони праці відносяться, згідно ст. 27 Закону, правила, норми, регламенти, положення, стандарти, інструкції та інші документи, обов'язкові до виконання.

Слід відзначити, що ці нормативні акти повинні регулярно переглядатися – не рідше одного разу на десять років.

Нормативно-правові акти, що діють на будівництві включають:

- нормативно-правові акти, що поширюються на декілька видів економічної діяльності (код КВЕД 0.00);
- нормативно-правові акти, що поширюються на вироблення електроенергії, газу, тепла (код КВЕД 40);
- нормативно-правові акти, що поширюються безпосередньо на будівництво (код КВЕД 45);

- охорона надр.

Крім наведених вище, питання охорони праці регламентовані державними будівельними нормами – ДБН, основними з яких є:

ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці та промислова безпека у будівництві. Основні положення.

ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки.

В Україні розробляються державні стандарти України – ДСТУ, які повинні частково замінити діючі ГОСТи ССБТ. Так, наприклад, в галузі охорони праці вже діють:

ДСТУ 4050-2001. Спецодяг сигнальний. Жилети. Технічні умови.

Тому орієнтовно з 01.01.2007 р. державні нормативні акти з охорони праці – ДНАОПи припинили своє існування.

Нормативно-правові акти з охорони праці кодуються згідно з класифікатором (КВЕД) по галузях і підгалузях промислового виробництва.

В Україні видається Показчик нормативно-правових актів з охорони праці, який постійно оновлюється і поповнюється (останні зміни – за 18.09.2019 р.).

ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

Зміст завдання по розділу «Охорона праці» повинен повністю відповідати темі дипломного проекту і бути його складовою частиною. Це завдання передбачає у кінцевому результаті розробку декількох конкретних питань з безпеки праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки. При цьому дипломник повинен врахувати дотримання всіх діючих нормативно-правових актів, які обмежують вплив на працівників шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Розділ «Охорона праці» містить в собі дві частини – розрахунково-пояснювальну записку (обсяг 16-18 стор.) та графічний матеріал.

У графічну частину дипломного проекту виносяться креслення (обсягом 0,5-1,0 стандартного листа формату А1) з прийнятих інженерних рішень.

Логіка розробки цього розділу полягає у наступному. Будь-яка виробнича діяльність пов'язана з наявністю певної кількості небезпечних та/або шкідливих виробничих факторів. Тому у першій частині цього розділу за результатами аналізу проектної документації повинні бути визначені ці фактори. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів виконується у табличній формі (див. табл. 1.1).

Розглянемо цю таблицю.

Перелік небезпечних та шкідливих виробничих факторів, згідно ГОСТ 12.0.003-74* «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.

Класификация», включає фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні фактори (перелік факторів – див. додаток 1), які наводяться в графі 1 (не слід зазначені фактори плутати з причинами нещасних випадків – помилка, яка найбільш часто зустрічається при розробці цього розділу дипломного проекту).

Графа 2 – джерела факторів (види робіт).

Перелік видів робіт повинен відповідати переліку, котрий містить календарний план на виконання робіт по об'єкту. При цьому необхідно пам'ятати, що конкретний вид робіт може бути джерелом кількох факторів виробництва.

Графа 3 – кількісна оцінка діючого фактору. В цій графі наводяться чисельні значення небезпечних та шкідливих факторів, що виявлені при аналізі проектних рішень.

Графа 4 – нормативні документи. в цій графі приводиться діючий нормативний документ, згідно якого дана оцінка фактору, що розглядається, з зазначенням розділу, пункту, параграфу.

Розглянемо небезпечний фактор «обрушення ґрунту». Цей фактор виникає при розробленні ґрунту – тобто вид роботи – «розроблення ґрунту». Кількісна оцінка визначає максимальну відмітку закладання виїмки. При цьому необхідно пам'ятати про рівень ґрунтових вод. Тому в цій графі необхідно визначити вид ґрунту (пісок, супісок, суглинок, глина і т.ін.), а також відмітку розміщення рівня ґрунтових вод.

Нормативним документом, який визначається критерієм оцінки, є ДБН А.3.2-2-2009 (розділ «Земляні роботи»).

Природно, що окремі види робіт можуть бути одночасно джерелом декількох небезпечних або шкідливих факторів.

Рішення по забезпеченню безпечного виконання робіт приймалися і при розробці технічних, технологічних і організаційних розділів дипломного проекту. Тому у другій частині цього розділу – «Рішення з охорони праці, які містяться в інших розділах дипломного проекту», необхідно навести ці рішення, починаючи з організації будівельного майданчика (рішення наводяться у порядку, який визначений у першій частині – таблиці 1.1 цього розділу). Рішення повинні мати «адресу» – тобто повинні бути зазначені сторінки пояснювальної записки до дипломного проекту і/або аркуші креслення.

В результаті порівняння першої і другої частин розділу виявляються виробничі фактори, по профілактиці яких відсутні рішення, а також фактори, по яких необхідно приймати інженерні рішення.

Ці результати оформлюються у вигляді висновків, що розміщуються після другої частини.

Визначення факторів, по яким виконуються інженерні рішення з охорони праці, приймаються консультантом цього розділу або цим консультантом і керівником проекту.

Слід відзначити, що з прийняттям в 1992 році Закону було вирішено три основних завдання:

- ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва.

Система стандартів безпеки праці – комплекс взаємопов'язаних стандартів, які містять вимоги, норми і правила, що направлені на забезпечення безпеки праці, збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності

- ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.

- ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.

Згідно «Положення про державну службу України з питань праці» (затверджено Постановою Кабінету України від 11.02.2015 р. № 96), комітет «опрацьовує і затверджує правила, норми, інші нормативно-правові акти з промислової безпеки, охорони праці», ... тобто НПАОПи.

Приклад кодування нормативно-правового акту, дія якого поширюється на всі види економічної діяльності – «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів» – НПАОП 0.00-1.80-18.

Скорочена назва нормативного акту	Державний орган, який затвердив нормативний акт	Вид державних нормативних актів	Порядковий номер нормативного акту (в межах даного виду)	Рік затвердження
НПАОП	0.00	1	80	18

Шифр державного органу	Вид державних нормативних актів
0.00 – Держгірпромнагляд	1 – Правила
0.01 – Пожежна безпека (МНС)	2 – Стандарти
0.02 – Безпека руху (МВС)	3 – Норми
0.03 – Міністерство охорони здоров'я	4 – Положення, статuti
0.04 – Держатомнагляд	5 – Інструкції керівництва, вказівки
0.05 – Міністерство праці України	6 – Рекомендації, вимоги
0.06 – Держстандарт	7 – Технічні умови
0.07 – Мінрегіонбуд	8 – Переліки, інші

Питання з виробничої санітарії на цей час містять в собі не тільки ГОСТи ССБТ, але й державні санітарні норми. Так, наприклад, розглянемо вимоги до наступних виробничих факторів – шум (1), вібрація (2), мікроклімат виробничих приміщень (3).

Вимоги до цих факторів нормуються:

1. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

2. ДБН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

3. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

4. ДБН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

Протипожежна безпека забезпечується виконанням вимог «Правил пожежної безпеки в Україні» (НАПБ А.01.001:2014) та нормативно правових актів з пожежної безпеки – НАПБ. /Державний реєстр цих актів – «Реєстр НАПБ», виданий в Україні у 2019 році./

ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

ДБН В.1.1-7:2018. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.

ДБН В.1.2-7-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.

Склад і зміст рішень з охорони праці, які повинні бути вирішені в проектно-технологічній документації (ПОБ, ПВР), визначені в ДБН А.3.2-2-2009, ДБН В.1.2-12-2008, ДБН А.3.1-5:2016, ДБН В.1.1-7:2018, ДБН В.1.2-7-2008.

Окремі рішення з охорони праці містять інші розділи дипломного проекту. Так, наприклад, в розрахунковому розділі будівельних конструкцій повинні бути вирішені питання міцності і стійкості конструкцій в період їх монтажу. Питання забезпечення працюючих санітарно-побутовими приміщеннями повинні бути вирішені в розділі «Організація будівництва». Основні рішення по забезпеченню безпечного виконання будівельно-монтажних робіт приймаються при розробці технології і організації виконання робіт згідно ДБН А.3.2-2-2009 і ДБН А.3.1-5:2016, тому в дипломному проекті питання охорони праці вирішуються при розробці будгепланів (на рівні ПОБ і ПВР) та технологічних карт, а також при розробці розділу «Охорона праці».

Нормотворення в галузі охорони праці в Україні найтісніше пов'язане з аналогічним процесом в інших країнах та активно розвивається. Всі зміни і доповнення до діючих норм і правил періодично публікуються в офіційному розділі науково-виробничого журналу «Охорона праці».

1.2. Зміст завдання розділу «Охорона праці»

Таблиця 1.1

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативні документи
1	2	3	4

Таким чином визначається проблематика третьої частини розділу – «Інженерні рішення з охорони праці» (рекомендований перелік завдань з безпеки праці, виробничої санітарії, пожежної безпеки наведений в додатку 2 ГОСТ 12.0.003-74*).

Виконанням цієї частини завершується розробка розділу «Охорона праці» розрахунково-пояснювальної записки.

1.3. Рекомендований перелік завдань з охорони праці в дипломних проектах

Завдання розділу «Охорона праці» містить в собі дві частини: *розрахунково-описову записку і графічний матеріал.*

В *розрахунково-описовій частині* (розрахунково-описовій записці) висвітлюються такі питання (обсяг 15-17стор.):

- безпека праці;
- гігієна праці і виробнича санітарія;
- пожежна безпека.

В процесі рішення цього завдання дипломник виділяє основні безпечні і шкідливі виробничі фактори, які можуть супроводжувати виконання виробничих обов'язків персоналом на їх робочому місці. Дані заносяться до табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Безпечні і шкідливі виробничі фактори, що супроводжують виконання робіт персоналом на їх робочих місцях

п/п	Робоче місце	Безпечні і шкідливі виробничі фактори	Кількісні оцінки	Нормативні документи, що регламентують безпеку та нешкідливість праці
1	2	3	4	5

Безпека праці

Знаючи перелік факторів, що супроводжують роботу обслуговуючого персоналу, дипломник розробляє інженерні рішення, направлені на обмеження їх впливу на працюючих, підтверджуючи їх розрахунками і схемами. Найзначніші інженерні рішення виносяться в графічну частину дипломного проекту. В розділі відзначаються характерні ознаки розроблюваної захисної конструкції механізму, чим вона відрізняється від існуючих. При цьому вказуються творчі розробки, виконані в проекті, дається аналіз конструкції, що підлягає модернізації.

Завданням з безпеки праці можуть бути такі розділи:

- забезпечення безпеки виробництва за проєктованими видами робіт (земляні, бетонні, монтажні, оздоблювальні, покрівельні та ін.);
- розрахунок і проєктування огорож (будівельного майданчика, небезпечної зони, кожухів, щитків, козирків, екранів та ін.);
- відображення вимог охорони праці на будгенплані;
- відображення вимог безпеки в календарних планах (облік послідовності виконання робіт);
- проєктування запобіжних пристроїв (блокування з різноманітним принципом дії, обмежувачі дій механізму та ін.);
- проєктування гальм (колодкових, дискових, конічних, клинових);
- проєктування систем автоматичного контролю сигналізації (інформаційних, попереджувальних, аварійних);

- облік ергономічних вимог до робочих місць, що проектуються;
- проектування дистанційного керування (стаціонарного, рухомого);
- запобігання дії електричного струму на людину (захисне заземлення, ізоляція, автоматичне відключення, індивідуальні засоби захисту, захист від блискавок і ін.).

Гігієна праці та виробнича санітарія

Визначивши перелік шкідливих факторів, що супроводжує роботу обслуговуючого персоналу, студент-дипломник розробляє інженерні рішення, які можуть захистити працівників від отруєння, глухоти, туговухості, віброхвороб, білокрів'я, ослаблення зору та інших професійних хвороб.

Завданням по гігієні праці та виробничій санітарії можуть бути такі розробки:

- підтримання оптимального метеорологічного режиму в цеху, приміщеннях, кабінах будівельних машин;
- зменшення параметрів шуму за рахунок розробки звукоізоляційних та звукопоглинаючих конструкцій, засобів індивідуального захисту;
- зменшення параметрів вібрації, що діє на працюючого, за рахунок встановлення амортизаторів, демпферів та ін.;
- зменшення загазованості і запиленості на робочих місцях за рахунок застосування або удосконалення штучної чи природної вентиляції, місцевих відсосів, засобів індивідуального захисту;
- підбір оптимальних параметрів освітлення робочих місць;
- запобігання впливу на працюючих радіоактивного або іонізуючого випромінювання.

Пожежна безпека

Знаючи вигляд споживаної енергії, матеріал з якого виготовляється обладнання, конструкції, з яких монтуються споруди, необхідно на стадії проектування передбачити заходи, що запобігають пожежам, вибухам, руйнуванню і своєчасній евакуації людей з будівель.

Зразковим завданням по пожежній безпеці можуть бути наступні розробки:

- захист будівель вибухонебезпечних виробництв від навантажень, виникаючих при вибуху горючих сумішей всередині приміщення;
- евакуація людей з будівлі;
- пожежегасіння;
- протипожежне водопостачання;
- автоматизовані системи пожежної сигналізації або пожежегасіння.

До ***графічній частині*** дипломного проекту з охорони праці (обсягом один стандартний лист А1) виносяться креслення інженерних рішень, розроблених студентом-дипломником.

1.4. Вимоги до оформлення розділу «Охорона праці» в дипломних проектах

Оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки розділу «Охорона праці» становить 15-17 сторінок рукописного тексту. ДСТУ 3008:2015 встановлюють вимоги до оформлення пояснювальних записок дипломних робіт. Для дипломного проектування зроблений виняток, тобто пояснювальна і розрахункові записки об'єднані і машинописним способом на одній стороні стандартного аркуша А4 (297 x 210 мм). Зліва кожного аркуша залишають поле шириною не менше за 20 мм, що використовується для переплітання. Відстань від інших трьох сторін листа до тексту складає в середньому 10 мм.

Порядкові номери частин (розділів) позначають арабськими цифрами з крапкою. Підрозділам також дають порядкові номери, які складаються з номерів розділу і підрозділу, розділених крапкою. У кінці номера підрозділу ставлять крапку.

Рисунки, формули і таблиці нумеруються послідовно в межах розділу арабськими цифрами. При цьому їх номери складаються з номера розділу і порядкового номера малюнка, формули, таблиці, розділеного крапкою.

Тематичні заголовки частин і розділів повинні бути короткими, відповідати змісту. Крапка в кінці заголовка не ставиться, перенесення слів в заголовках не допускаються. Якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою. Сторінки розрахунково-пояснювальної записки нумеруються. Номер сторінки проставляється посередині сторінки знизу під текстом. Таблицям і рисункам дають тематичну назву.

У тексті розділу «Охорона праці» необхідно у відповідних місцях давати посилання на використану літературу, на креслення проекту і формули. Посилання на літературу беруться в квадратні дужки. Посилання на порядковий номер формули – в круглі. Розрахункові формули також мають посилання на джерела, а всі вхідні в формулу параметри розшифровуються в експлікації з обов'язковою вказівкою розмірності і найменування фізичної величини. Розмірність одного і того ж параметра втримується незмінною по всій розрахунково-пояснювальній записці. Всі розрахунки супроводжуються необхідними ескізами, схемами і епюрами.

Оформлення графічної частини проекту. Графічна частина розділу «Охорона праці», як і вся графічна частина дипломного проекту, виконується згідно з основними положеннями ЕСКД.

Розділ 2. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ І ШКІДЛИВОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

2.1. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники

Формування і розвиток відносин між людиною і технікою, а також між людьми в процесі виробництва відбувається за певними об'єктивними законами, ігнорування яких веде до помилок і витрат як в діяльності по управлінню виробництвом, так і до появи небезпечних і шкідливих умов праці.

Аналіз суспільної практичної діяльності, що включає різноманітні форми людської активності, приводить до індивідуального висновку з потенційної небезпеки діяльності людини. Потенційність небезпеки полягає в прихованому, неявному характері вияву небезпечного виробничого чинника при визначених, нерідко важко передбачуваних умовах.

Небезпечні і шкідливі виробничі чинники поділяються на: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні.

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі чинники в будівництві і на підприємствах будівельної індустрії поділяються на наступні:

- рухомі машини і механізми, що обертаються і частини виробничого обладнання, що переміщуються;
- підвищені рівні запиленості і загазованості;
- підвищені рівні шуму і вібрації, ультразвукових і інфразвукових коливань;
- відхилення від нормативних параметрів, що характеризують мікроклімат в приміщеннях (температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість переміщення повітря, теплові випромінювання інфрачервоного діапазону, що викликається роботою певної категорії обладнання, барометричний тиск);
- підвищені рівні статичної електрики, електромагнітних та іонізуючих випромінювань;
- відсутність або нестача природного або штучного освітлення, підвищена яскравість світла;
- підвищена напруженість електромагнітного або магнітного полів;
- гострі кромки, задирки на поверхнях стропів, інструменту і обладнання;
- розташування робочого місця (монтажного майданчика) на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги), і інші.

Група **хімічних** небезпек і шкідливостей поділяється за характером впливу на організм людини (токсичні, подразнювальні, сенсibilізуючі, канцерогенні, мутагенні, що впливають на репродуктивну функцію людини) і по шляху проникнення в організм людини (через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкіряне покриття і слизову оболонку).

Група **біологічних** небезпек і шкідливостей включає наступні біологічні об'єкти: патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби та інші.) і продукти їх життєдіяльності: мікроорганізми (рослини і тварини).

Група *психофізіологічних* небезпек і шкідливостей за характером дії поділяються на фізичні перенавантаження (статичні та динамічні) та нервово-психологічні перевантаження (розумове перенавантаження, перенавантаження аналізаторів – слуху, зору та інших органів та систем; монотонність праці, емоційні перенавантаження).

Один і той самий небезпечний і шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може одночасно відноситись до різних груп.

Небезпеку можна кількісно оцінити ризиком нанесення того або іншого збитку здоров'ю людини.

2.2. Визначення і розрахунок рівня виробничого ризику

Людина, будучи елементом системи «людина – машина – навколишнє середовище» («л-м-с»), постійно знаходиться під дією різних небезпечних чинників, тобто завжди існує деякий залишковий ризик. Сама наявність людини в системі «л-м-с» підкреслює необхідність турботи його безпеки, яка розглядається як деякий рівень прийняттого ризику, що визначається такими поняттями як рівень розвитку техніки, технології, організації і управління виробництвом, а також станом його економіки.

За своєю природою небезпеки поділяються на: потенційні (тобто приховані), тотальні (тобто загальні, всеосяжні), перманентні (тобто постійні, безперервні). Отже людям, які мешкають на Землі, постійно загрожує якась небезпека. Однак більшість людей навіть не підозрюють про це. Їх свідомість працює в режимі відчуженості від реальності. І це природно, бо, будучи позбавленою такого психологічного захисту, людина могла б просто позбутися розуму. Однак небезпеки існують і постійно реалізуються в нещасні випадки. Відомо, що в промисловій сфері щосекунди 4 робітників отримують травми, а кожні 3 хвилини гине одна людина (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Виробничий травматизм в окремо взятих країнах

Країни	Рік	Загальне число потерпілих на виробництві	Число загинувших	
			Всього, чол.	На 1 тис. працюючих
СНД	1990	660 600	13 774	0,120
Данія	1988	50482	80	0,030
США	1989	3 073 090	3 600	0,054
Канада	1989	647 000	–	0,075
Англія	1989	357 000	–	0,016
Японія	1989	217 964	2 419	0,020
Норвегія	1989	11 471	118	0,016
Франція	1989	237 477	1 177	0,084
Фінляндія	1989	106 117	81	0,084
Нідерланди	1989	67 241	54	0,016
Швеція	1990	92 242	94	0,032

Повсякденні небезпеки і їх реалізація в нещасні випадки представлені на рис. 2.1, де відображена залежність частоти нещасних випадків з летальним виходом, тобто середнє число загиблих внаслідок нещасних випадків протягом 10 при різних видах діяльності (найбільший середній рівень ризику належить будівництву).

Причини і місця нещасних випадків різні, однак по імовірності передчасного фатального виходу (на основі статистичних даних) їх можна ранжувати таким чином:

Таблиця 2.2

Імовірність передчасного фатального виходу			
Автотранспорт	$3 \cdot 10^{-4}$	Вогнепальна зброя	$1 \cdot 10^{-5}$
Падіння	$9 \cdot 10^{-5}$	Станкове обладнання (1968 г)	$1 \cdot 10^{-5}$
Пожежа та обпік	$4 \cdot 10^{-5}$	Водний транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Утоплення	$3 \cdot 10^{-5}$	Повітряний транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Падаючі предмети	$6 \cdot 10^{-6}$	Залізничний транспорт	$4 \cdot 10^{-6}$
Електричний струм	$6 \cdot 10^{-6}$	Торнадо, ураган	$4 \cdot 10^{-7}$
Блискавка	$5 \cdot 10^{-7}$	Та інші	$4 \cdot 10^{-5}$

У цьому випадку на основі статистичних даних розглянута імовірність нещасних випадків, яка в певній мірі визначає поняття «ризик».

Нещасний випадок – величина випадкова, імовірна, тому кількісна оцінка травматизму повинна описуватися деякою імовірною математичною моделлю.

У залежності від поставлених перед дослідниками задач формуються визначення поняття «ризик», однак, абсолютна більшість їх засновані на використанні імовірних категорій.

У більшості випадків величина ризику визначається імовірністю настання небажаної події. При розгляді цього поняття з точки зору профілактики травматизму ризик може бути витлумачений як імовірність людських, матеріальних втрат або пошкоджень.

У той же час мають право на існування і інші визначення:

- дія, направлена на бажану мету, досягнення якої пов'язане з елементами небезпеки, загрозою втрати, неуспіху, тобто дія в умовах невизначеності. Економісти і статистики під терміном «ризик» розуміють «міру можливих наслідків, які виявляться в певний момент в майбутньому», тому «ризик» – це очікувана частота небажаних подій, або – розміру збитку, або деяка комбінація цих величин.

У умовах сучасного виробництва – складній імовірній системі, в якій присутня не усунена небезпека, укладена в самому факті присутності людини на виробництві з його емоційною, фізіологічною і психологічною слабкістю як ланка контролю, зворотного зв'язку і управління, завжди існує імовірність нещасного випадку.

Вияв не усуненої небезпеки – ризик дії або бездіяльності. Поняття «небезпека» визначається як обставини необхідного характеру, які можуть виникнути при вияві небезпечного виробничого чинника. При цьому ризик – статистична імовірність виникнення таких обставин (міра ризику – імовірність

появи небажаної події, наприклад, виробничої небезпеки). Розрізняють виробничу небезпеку пряму і непрямую (неправильна поведінка в умовах нормального виробничого середовища). В. пропонував розглядати небезпеку, що добровільно приймається (шофер-аматор) і примусово нав'язану (розміщення АЕС поблизу міста).

Крім того, потрібно враховувати, що існує два види джерел небезпек:

- зовнішні – стан виробничого середовища, помилкові дії персоналу і т.д.;
- внутрішні – особисті особливості працюючого (суб'єктивний аспект небезпеки), тому ризик для людини визначається, з одного боку, системним ризиком, а з іншою – його особистими характеристиками, тобто індивідуальним ризиком.

Таким чином, «ризик» являє собою кількісну оцінку небезпеки, що визначається як частота або імовірність виникнення однієї події при настанні іншої події. Але частота подій – число подій за певний період часу, ділене на тривалість цього періоду (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Частота подій (статистика за 100 років)

Гірські обвали	Число подій	Частота подій
великі	23	0,23
середні	201	2,01
малі	930	9,30

Імовірністю (настання події) називають відношення потужності елементарних виходів, що складають певну подію, до потужності всієї множинності; її величина – дійсне число, яке лежить в інтервалі від 0 до 1,0.

Термін «ризик» описує міру частоти виникнення імовірних подій і може обчислюватися як добуток частоти і імовірності цієї події.

Величину ризику прийнято виражати числовими значеннями з розрахунку на одиницю часу (наприклад, рік). Так, якщо величина смертельного ризику при експлуатації баштового крана в середньому становить 10^4 , то це означає, що протягом року при контакті з БК гине кожна десятитисячна людина.

Розглянемо цей показник в рамках деякої математичної моделі: якщо 2 – число виникнення подій за час T , то математичне очікування випадкової величини $2 \rightarrow M_z$; – очікуване число виникнення події 2 за рік, тобто частота виникнення подій. Отже, термін «ризик» описує міру частоти виникнення події і може обчислюватися як твір частоти подій на імовірність їх настання (імовірність виникнення події «В» при настанні події «А», тобто частота реалізації небезпек). Розрахунок імовірних величин представлений в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Розрахунок імовірних величин

Горні обвали	Число подій (А)	А з нещ. випадками (В)	Імовірність н.в. (3/2)	Частота А (А/число рік)	Частота реалізації небезпек К (4·5)
великі	23	15	0,650	0,23	0,15
середні	201	20	0,100	2,01	0,20
малі	930	2	0,002	9,30	0,02

Взагалі, якщо кажуть про кількісну оцінку тої чи іншої події, то мають на увазі відношення числа несприятливих виходів (наслідків) до їх можливого числа за певний період часу (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Травматизм, ризик, імовірність числа катастроф на виробництві в окремо взятих країнах СНД

Країни СНГ	Кількість робітників, м. чол.	Кількість нещасних випадків на виробництві		В тому числі з смертельним виходом		Ризик загинути протягом року на виробництві	Імовірність числа катастроф на виробництві за рік
		всього тисяч чоловік	на 10 тисяч чоловік	всього чоловік	на 10 тисяч чоловік		
Росія	70,8	425,0	66	8234	1,28	$1,16 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$
Україна	22,3	138,3	62	2583	1,16	$1,16 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$
Беларусь	4,8	21,6	45	445	0,93	$0,9 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$
Узбекистан	6,3	8,1	13	482	0,78	$0,76 \cdot 10^{-4}$	$5,9 \cdot 10^{-2}$
Казахстан	6,5	38,3	59	1004	1,55	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$2,62 \cdot 10^{-2}$
Азербайджан	2	1,4	7	159	0,72	$0,79 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$
Молдова	1,65	7,1	43	200	1,22	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$
Латвія	1,18	7,0	59	107	0,9	$0,91 \cdot 10^{-4}$	$1,53 \cdot 10^{-2}$
Киргизстан	1,35	3,5	26	139	1,02	$1,02 \cdot 10^{-4}$	$3,97 \cdot 10^{-2}$
Таджикистан	1,42	2,7	19	148	1,04	$1,04 \cdot 10^{-4}$	$5,48 \cdot 10^{-2}$
Вірменія	1,19	1,4	12	92	0,77	$0,77 \cdot 10^{-4}$	$6,57 \cdot 10^{-2}$
Туркменистан	1,2	1,7	14	118	1,01	$0,98 \cdot 10^{-4}$	$6,94 \cdot 10^{-2}$
Естонія	0,9	3,5	...	73	...	$0,8 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$
Всього		660,6		13774			

Розглянемо декілька прикладів:

1) У СРСР на виробництві орієнтовно працювало $1,40 \cdot 10^8$ чоловік, з якого $1,40 \cdot 10^4$ чоловік щорічно гинуть на виробництві, отже:

$$R_{\text{н.с.}} = \frac{1,40 \cdot 10^4}{1,40 \cdot 10^8} = 1,0 \cdot 10^{-4} \quad (2.1)$$

2) За статистикою на транспорті дорожньо-транспортні випадки з летальним виходом становлять $6 \cdot 10^4$ чоловік. Населення країни (СРСР) становило приблизно $300 \cdot 10^6$ чоловік, отже:

$$R_{\text{тр.}} = \frac{6 \cdot 10^4}{3 \cdot 10^8} = 2 \cdot 10^{-4} \quad (2.2)$$

На практиці розрізняють два різновиди виробничого ризику:

1. **Індивідуальний** – ризик, що характеризує небезпеку певного вигляду, для окремого індивідуума в певному місці. Як правило, на виробництві працює одночасно декілька чоловік, тому необхідно розглядати так званий «загальний індивідуальний ризик», що являє собою суму індивідуальних ризиків, зумовлених всіма можливими причинами.

$$R_{\text{инд}} = \frac{n \cdot T_p}{T^H \cdot N \cdot T_{\text{год}}} \quad (2.3)$$

де n – число постраждалих;

N – число працюючих;

T_p – число тижнів перебування в зоні ризику;

T^H – сума років спостережень;

$T_{\text{год}}$ – сума тижнів в році.

2. Соціальний (груповий) ризик – ризик для групи людей, що характеризується відношенням частоти подій до числа уражених при цьому людей:

$$R^{\text{соц}} = \frac{f}{n} \quad (2.4)$$

де f – частота подій;

n – число уражених людей.

Таким чином, соціальний ризик характеризує масштаб можливих катастроф (масштаб катастрофічних подій).

Потрібно зазначити, що хронологічно аналіз ризику – перший етап в профілактиці травматизму, яка включає й інші етапи:

- аналіз планування провадження робіт;
- аналіз режимів і регламентів експлуатації машин, механізмів, обладнання;
- аналіз можливих порушень правил і норм;
- аналіз небезпечних ситуацій;
- аналіз випадків травматизму.

Оцінка профілактичного ризику (надалі ризику) служить інструментом формування правового інституту соціального захисту трудящих. Тому їх вивчення входить в коло інтересів як охорони праці, так і медицини, і соціального страхування, включаючи страхування від нещасних випадків.

Кожне з вказаних напрямів, при одному і тому ж предметі дослідження «професійний ризик» має свої особливості, методи і цілі вивчення, а саме:

1. З позиції охорони праці ризик визначається для чинників ризику (техніки, технології, організації праці і стану техніки безпеки), що впливають на величини виробничого травматизму ($K_{\text{ч}}$, $K_{\text{т}}$, ..) і розробки системи технічних і організаційних заходів по його зниженню.

2. З позиції медицини праці ризик розглядається для встановлення кількісних закономірностей формування виробничо-зумовленої і професійної захворюваності працівників і розробка механізмів її попередження. У основі – порівняння поширеності певних видів захворюваності в заданих професійних групах з конкретними умовами праці (експозицією чинників виробничого середовища).

3. З позиції соціального страхування – ризик служить для встановлення кількісних закономірностей взаємозв'язку величин матеріальних витрат, пов'язаних з компенсацією втрати заробітку через зниження або втрату

працездатності на виробництві, а також витрат на лікування, реабілітацію постраждалих, і рівнем виробничого травматизму і професійної захворюваності.

У цьому випадку об'єктом страхування є майнові інтереси застрахованих працівників, пов'язані:

- з втратою (повної або часткової) заробітку;
- з оплатою лікування і реабілітацією загалом.

Таке розуміння страхування підтверджене Конвенцією МОП № 121 «Про посібники у разі виробничого травматизму» (1964 р.).

Природно, що відносини страхувальника (роботодавця) і страхувальника (страхової організації) повинні будуватися на основі дотримання балансу страхових внесків страхувальника і страхових виплат страхувальника.

Предметом соціального страхування є класифікація і оцінка професійного ризику. При цьому страхується не ризик отримання травм (профзахворювання), а ризик втрати заробітку, поява витрат на лікування і реабілітацію потерпілого.

Визначення величини ризику в розвинених капіталістичних країнах, де такі системи існують багато років, проводиться за допомогою соціальних і економічних показників, а як методи оцінки ризику – вартісні форми. При цьому, як основні показники, виступають:

- причини і чинники, що визначають ризик;
- імовірність настання ризику;
- рівень ризику в конкретній галузі економіки;
- величина страхових витрат.

В умовах виробничих систем кожному рівню ризику потрібно протиставити матеріальний (технічний, фізичний, хімічний і т.д.) або нематеріальний (навчання, регламентація, документація, підвищення кваліфікації персоналу, ..) бар'єр, перешкоду і дати оцінку їх ефективності.

Отже, виробничий ризик потрібно розглядати як імовірність помилки або успіху прийняття рішення (діяльність) по досягненню заданої мети при наявності невизначеності (декількох альтернатив). При описі величини ризику доводиться брати до уваги:

- людський чинник, як джерело ризику в системі «л-м-с»;
- сукупний вплив чинників зовнішньої виробничого середовища;
- технічний аспект надійності системи «л-м-с»;
- економічні і законодавчі обмеження величини ризику.

Якісної новий рівень безпеки систем «л-м-с», як показав досвід, може бути забезпечений тільки на базі якісно нових технічних засобів і технологій (наприклад, технологій з внутрішньо властивою безпекою).

При заданому рівні розвитку виробництва, який існує, кожний крок підвищення безпеки оплачується ускладненням машин, механізмів, конструкцій, зростанням їх вартості. Задача, що стоїть перед дослідниками і практиками – знайти оптимальне співвідношення між мірою небезпеки (ризиком) і реально існуючими технічними і економічними можливостями забезпечення безпеки праці.

Абсолютна безпека не може бути гарантована нікому, через кінцеву

надійність будь-якого засобу виробництва, незалежно від способі життя. Кожний з нас виживає від одного дня до іншого, уникаючи ризику або долаючи такі небезпеки, приведені в табл. 2.4.

При значенні ризику нижче за рівень 10^{-6} в рік суспільство не викликає клопотаності і тому рідко вживаються спеціальні заходи для зниження міри ризику. Ми, наприклад, не проводимо своє життя в страху загинути від удару блискавки, імовірність ризику якого рівна $5 \cdot 10^{-7}$.

Засновуючись на цій передумові, прийнято вважати величину 10^{-6} як той рівень, до якого потрібно прагнути, встановлюючи міру ризику, зумовлену діяльністю промислових підприємств.

На рис. 2.1 відображена залежність частоти нещасних випадків з фатальним виходом, тобто середнє число загиблих внаслідок нещасних випадків на протязі доби при певних видах діяльності.

Як видно з малюнка, найбільший середній рівень виробничого ризику, рівний 67, лягає на галузь будівництва. Це пов'язано з тим, що в будівництві немає нічого постійного, щодня з'являються всі нові і нові небезпеки і шкідливості, які вимагають щоденного жорсткого контролю з боку служби охорони праці.

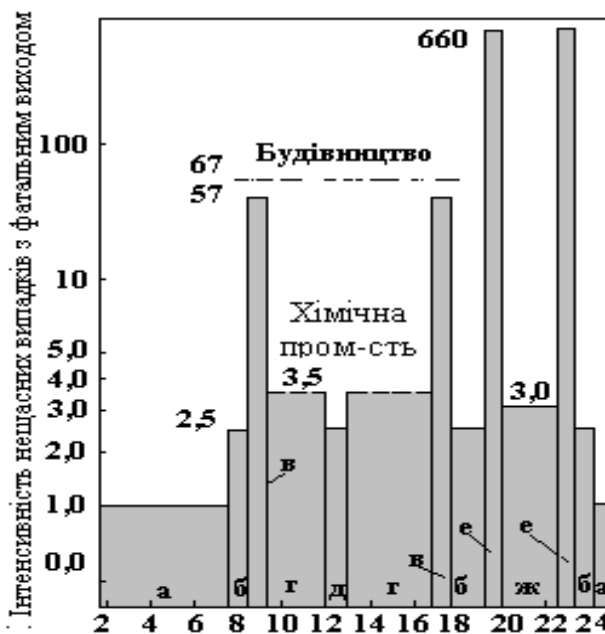


Рис. 2.1. Повсякденні небезпеки:
 а - сон; б - домашній туалет і приймання їжі;
 в - поїздка на роботу та з роботи за рулем
 автомобіля; г - денна робота; д - обідня перерва;
 е - їзда на мотоциклі; ж - розваги.

2.3 Методи аналізу виробничого травматизму

Дослідження випадків виробничого травматизму починається з побудови логічних моделей формування небезпечних ситуацій, реалізованих в нещасні випадки. Під травмонебезпечною ситуацією розуміється сукупність виробничих умов і обставин, при яких можливе виникнення виробничої небезпеки, її реалізація в травму.

Відомі два основні напрями дослідження травматизму:

- на основі вивчення матеріалів про нещасні випадки, що відбулися, тобто аналіз ретроспективний;
- вивчення матеріалів про виявлені потенційні небезпеки, тобто аналіз прогностичний.

Найбільш поширеним методом дослідження виробничого травматизму до цього часу є аналіз матеріалів розслідування і обліку нещасних випадків.

Однак аналіз, як інструмент для пізнання травматизму, може дати істотні результати лише тоді, коли початкова інформація буде володіти достатньою достовірністю, об'єктивністю і повнотою відображення дійсності.

Початковою інформацією для аналізу травматизму є документи обліку і реєстрації нещасних випадків на виробництві. Порядок розслідування, реєстрації і обліку нещасних випадків на виробництві регламентований Порядком розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві (далі – Положення), затвердженим постановою КМ України № 337 від 17.04.2019 р.

З точки зору реалізації задач дослідження травматизму найбільш цінними представляються матеріали спеціальних розслідувань, що містять найбільш повну і об'єктивну інформацію про обставини, що передували нещасним випадкам (аваріям), і причинах травмування, оскільки нещасні випадки вказаних категорій розслідуються, як правило, компетентними комісіями.

До числа істотних недоліків діючої системи обліку травматизму потрібно віднести і той факт, що з матеріалів розслідування, як правило, не вдається отримати дані про такі важливі чинники навколишнього середовища як природно-метеорологічні і санітарно-гігієнічні умови виробничого середовища, про психофізіологічний стан потерпілого, його емоційної настроєності; ергономічні характеристики машин, що використовувалися, механізми, інструменти. Вказані чинники, часто не будучи безпосереднім джерелом небезпеки, в певній мірі сприяють виникненню небезпечних ситуацій, тому необхідність їх обліку для підвищення ефективності профілактичної роботи очевидна.

У сучасних дослідженнях в залежності від поставлених задач застосовуються різні методи аналізу травматизму, які можна поділити на дві групи: **ймовірностно-статистичні і детермінічні**.

До першої групи відносяться: *статистичний, груповий, топографічний* і інші методи, в яких залежність між чинниками системи праці і травматизмом встановлюється через вивчення великого числа нещасних випадків.

До другої групи відносяться методи аналізу, що дозволяють виявляти відхилення різних чинників в системі від нормативних і оцінювати вплив цих відхилень на створення небезпечної ситуації і її реалізацію в нещасний випадок. Аналіз проводиться з метою виявлення можливих потенційних небезпек. До цієї групи методів аналізу відносяться: *монографічний, анкетування, спостережень (технологічний, візуальний), мережевого моделювання, древо помилок (цілей, причин), експертних оцінок* і інші.

Природно, що методи кожної групи мають свої переваги і недоліки, тому на практиці їх прагнуть застосовувати таким чином, щоб вони доповнювали один одного. За допомогою методів, що відносяться до другої групи, здійснюється, в основному, якісний аналіз причин травматизму, виявляються зв'язки між причинами травматизму і негативними чинниками тенденції в розвитку травматизму за певний відрізок часу.

Найбільш поширеним методом вивчення травматизму в нашій країні і за кордоном до цього часу залишається **статистичний** (ретроспективний) аналіз.

Обробка зібраних статистичних матеріалів зводиться до їх угруповання по заданих ознаках і зведенні в прості, групові або комбінаційні таблиці, аналіз яких дозволяє встановити тенденції, що виражаються кількісними оцінками різних характеристик. Результати аналізу виражаються динамічними рядами.

Основними оцінками стану травматизму є показники інтенсивності травмування працюючих за певний відрізок часу – коефіцієнти частоти травмування K_T .

Величина коефіцієнта частоти травмування являє собою кількість травмованих, працюючих, що доводяться на 1000 за звітний період і визначається за формулою:

$$K_{\text{ч}} = n \cdot 1000 / C, \quad (2.5)$$

де: n – кількість врахованих нещасних випадків за даний період;

C – середньооблікова кількість працюючих за той же період.

Для визначення достовірних величин частоти травмування за окремими характеристиками у великих будівельних об'єднаннях (головних територіальних управліннях, міністерствах і т.п.), коли складно визначити точну кількість працюючих (по видах робіт, кваліфікації, професії і т.д.), частоту травмування можна визначити, користуючись питомим показником травматизму – $K_{\text{п}}$. Цей показник являє собою відношення (в процентах) питомої ваги травмованих до питомої ваги їх числа в середньообліковому складі працюючих:

$$K_{\text{п}} = T_{\text{п}} / N_{\text{п}} \quad (2.6)$$

де: $T_{\text{п}}$ – питома вага травмованих (у %) по конкретній ознаці;

$N_{\text{п}}$ – питома вага травмованих (у %) в середньообліковому складі працюючих.

Так, наприклад, серед травмованих виявилось 10 процентів монтажників, 20 процентів – бетонників. Робітники якої професії були травмовані частіше?

На це питання можна відповісти лише в тому випадку, якщо ми будемо знати питому вагу представників цих професій в середньообліковому складі працюючих. Якщо монтажників рахується 20 процентів і бетонників 10, то $K_{\text{п(мон.)}}=10/20=0,5$; $K_{\text{п(бетн.)}}=20/10=2,0$, тобто бетонники в звітному періоді травмувалися в 4 рази частіше.

На практиці визначення питомих коефіцієнтів застосовують, як правило, тільки при виконанні дослідницьких робіт, так як це пов'язано з отриманням додаткових даних про чисельний склад працюючих.

Однак коефіцієнт частоти являє собою лише кількісну оцінку травматизму. Якісною оцінкою цього явища служить середня тривалість непрацездатності одного нещасного випадку – так званий коефіцієнт тягаря травматизму K_T , величина якого визначається із співвідношення:

$$K_T = D / n, \quad (2.7)$$

де D – загальна кількість днів непрацездатності через травматизм за звітний період.

Для більш повної оцінки якісної сторони травматизму необхідно визначати також показник, що характеризує рівень травматизму з летальним виходом і повною постійною втратою працездатності в загальному травматизмі:

$$K_{и, см} = 100 \cdot T / n, \quad (2.8)$$

де T – кількість нещасних випадків з інвалідним і летальним виходом.

Враховуючи ту обставину, що при оцінці динаміки рівня травматизму необхідно враховувати і кількісну, і якісну характеристики, в статистичну звітність введений показник непрацездатності – загальний показник травматизму K_n , що являє собою число людино-днів непрацездатності, що доводиться на 1000 працюючих, і що визначається як вироблення коефіцієнтів частоти і тягаря:

$$K_n = K_q \cdot K_T = D \cdot 1000/C, \quad (2.9)$$

Однак цей показник також не може служити єдиним узагальнюючим критерієм при оцінці рівня травматизму, так як не враховує нещасні випадки з летальним виходом і повною постійною втратою працездатності.

На практиці потреба в такому критерії виникає при підведенні підсумків діяльності організацій. В даному випадку як єдиний критерій може використовуватися так званий приведенний показник втрат $K_{п.п.}$, при визначенні якого враховується інформація про всі випадки травмування незалежно від їх важкості. Виходячи з того, що показник важкості травматизму K_T в тому вигляді, в якому він застосовується, не враховує важкості травматизму з інвалідним і смертельним виходами, використовується приведенний показник важкості, що визначається з виразу:

$$K_{т.общ.} = T_{вр} + (300/365) D_{ин.тм.} + P_{и.см.} \cdot 6000, \quad (2.10)$$

де $D_{ин.тм.}$ – число чол.-дн. знаходження на тимчасовій інвалідності;

T_T – число чоловік тимчасової непрацездатності;

300/365 – поправочний коефіцієнт на робочі дні;

$P_{и.см.}$ – коефіцієнт постійної інвалідності. Величина цього коефіцієнта залежить від групи інвалідності: для нещасних випадків з інвалідним виходом - 0 $P_{и.см.} = 1$; для випадків з повною втратою працездатності і летальним виходом $P_{и.см.} = 1$;

6000 – статистичний еквівалент нещасних випадків, для яких $P_{и.см.} = 1$; прийнятий по рекомендації Міжнародного бюро праці з розрахунку 20 років по 300 робочих днів в році.

Тоді:

$$K_{п.заг} = K_q \cdot K_T = T + (300/365) D_{ин.вр.} + P_{и.см.} \cdot 6000/1000, \quad (2.11)$$

Приведений показник витрат $K_{п.заг}$ досить повно характеризує втрати робочого часу внаслідок травмування працюючих. Однак втрати, що викликаються травматизмом, визначаються не тільки втратами робочого часу, тому $K_{п.заг}$ повинен доповнюватися показниками, що визначають і економічні

втрати, а отже, не може бути прийнятий узагальнюючим.

Статистичний метод аналізу, що використовує для виявлення основних причин травматизму математичну статистику – основний, але не єдиний метод дослідження травматизму, що застосовується в будівництві.

Груповий метод аналізу травматизму використовується в тому випадку, коли нещасні випадки можна згрупувати за характерними ознаками, якими можуть виступати будь-які з приведених вище чинників або його компонентів. У залежності від мети дослідження, що проводиться може застосовуватися різна міра дрібних ознак, але в будь-якому випадку повинна враховуватися специфіка виробництва. Застосування цього методу аналізу передбачає використання простих, групових і комбінаційних статистичних таблиць.

Проста таблиця складається по одній ознаці. Наприклад, розподіл нещасних випадків по видах робіт, професіях, за стажем роботи і т.д.

Групова таблиця дозволяє провести угруповання травм по двох ознаках, тобто розглядається розподіл травм по конкретній ознаці в залежності від зміни другої ознаки. Наприклад, розглядається розподіл травм по стажу роботи в залежності від професії, за видами робіт – в залежності від змін, за віком – від вигляду організацій і т.д.

Комбінаційна таблиця використовується для аналізу зв'язків між декількома ознаками одночасно. Наприклад, розподіл постраждалих за статтю, віком, професіями, кваліфікацією в зв'язку з певним чинником травматизму, тобто по суті виконується багатоаспектний аналіз.

Застосовуючи груповий метод, ми можемо дослідити окремі структурні складові травматизму. Однак тенденції розвитку травматизму можуть бути показані лише при використанні методів математичної статистики.

Іншим методом аналізу травматизму, що також відноситься до категорії ймовірно-статистичних, є **топографічний метод**, що є різновидом групового. Суть цього методу полягає в тому, що, наносячи місця випадку нещасних випадків на план типового поверху, план (або схему) об'єкта, цехи, підприємства, виявляють вузькі місця, зони, в яких найчастіше за все відбуваються випадки травмування. Внаслідок статистичної фіксації таких місць на планах (схемах) наочно виявляються місця, що вимагають підвищеної, з точки зору безпеки праці, уваги, детального обстеження і вивчення там трудових операцій, що виконуються і процесів, які повинні забезпечити, надалі, розробку ефективних профілактичних заходів. Цей метод частіше за все використовується при вивченні травматизму, що мав місце при експлуатації стаціонарного обладнання – на розчинобетонно-змішувальних вузлах і заводах, на заводах будівельної індустрії, при зведенні однотипних будівель і споруд, а також на великих стаціонарних складах будівельних конструкцій.

Закономірності у взаємозв'язку умов праці і причинній обумовленості випадків травматизму дозволяють виявити, як відмічалось вище, детерміністичні методи. Найчастіше застосовуються з вказаної групи методів є

монографічний метод аналізу, що полягає в детальному комплексному вивченні всіх обставин і умов, в яких стався нещасний випадок. При цьому передбачається, що негативні чинники формуючі небезпечні ситуації знаходяться в детермінованій залежності. Тому в процесі дослідження розглядаються умови праці, стан машин, що використовуються в трудовому процесі і механізмах, забезпечення безпечної організації робочих місць, кошти для колективного і індивідуального захисту, що використовуються, стан потерпілого і навколишнього середовища, технологія, що застосовується, методи праці і т.д., тобто весь комплекс взаємопов'язаних умов праці, характеристик потерпілого, обставин і причин випадку травмування, що аналізується. У цьому – одна з відмінних рис методу, що розглядається – забезпечення системного підходу, при якому виявляється і розглядається у взаємозв'язку весь комплекс впливаючих чинників, що привели до появи небезпечної ситуації і її реалізації в нещасний випадок.

У ході монографічного дослідження використовуються візуальні спостереження, перевірочні розрахунки, слідчі експерименти, технічні і лабораторні випробування.

Результати монографічного аналізу створюють передумови для розробки дієвих профілактичних заходів, які дозволяють досить повно, всебічно вивчити обставини нещасного випадку, виявити механізм появи небезпечних і (або) шкідливих виробничих чинників, а також дослідити весь комплекс причин, що мали місце. Цей метод аналізу є одним з основних і при проведенні судово-технічних експертиз.

Метод анкетування передбачає письмовий опит працюючих з метою отримання інформації про потенційні небезпеки трудових процесів, умов праці з перших рук. Цей метод дозволяє виявляти причини в основному психофізіологічного характеру.

Метод анкетування використовується для рішення певного кола питань, тому найбільш важливими елементами є постановка задачі, розробка анкети, визначення кола опитуваних і методу обробки анкет. У залежності від поставленої мети опиту визначаються чинники і приводиться угруповання питань по них. Так, наприклад, можна запропонувати таке угруповання:

- технологія і організація виробництва;
- машини, механізми, обладнання;
- матеріали і конструкції;
- виробниче середовище;
- психофізіологічні умови праці і т.д.

Анкетний опит дозволяє визначити відношення працюючих до питань охорони і безпеки праці, виявити найбільш небезпечні технологічні процеси, машини, механізми і т.д., тобто отримати уявлення про стан безпеки праці, визначити шляхи подальшої профілактичної діяльності.

У той же час анкетний опит дозволяє виявити, як правило, лише особисті враження і відчуття працюючих, що не завжди безперечно.

Тому на підприємствах проводяться різні візуальні і інструментальні

обстеження, що визначають суть *методу спостережень*.

Візуальний огляд місця випадку іноді дає вичерпну інформацію, однак частіше він застосовується для більш поглибленого вивчення причин, що часто повторюються. Якщо одного візуального огляду недостатньо для встановлення істини, використовується інструментальний (технічний) спосіб, що включає інструментальні виміри окремих чинників, фотографування місця випадку, проведення лабораторних фізико-хімічних досліджень.

У складних випадках, коли травмування було слідством одночасного впливу декількох небезпечних і шкідливих виробничих чинників, застосовується *метод сітьового моделювання*. Цей метод використовується як самостійно, так і спільно з методом монографічного дослідження.

При одночасному впливі декількох небезпечних і шкідливих виробничих чинників виникає велика складність у визначенні причинно-наслідкових зв'язків в сукупності безлічі причин, що визначають процес формування небезпечних ситуацій.

Мережева модель – це той інструмент, за допомогою якого встановлюються логічні і тимчасові зв'язки між подіями і явищами, які привели, в кінцевому результаті, до нещасного випадку.

Мережеві моделі різних процесів будуються від початкової події до кінцевої. Мережева модель випадку травмування будується в зворотному порядку – від випадку травмування (завершальної події). Основним початковим положенням при побудові мережевої моделі служить розуміння того, що людина в процесі своєї трудової діяльності є елементом системи «л-м-с» і на нього впливає в цій системі комплекс, як правило, небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища, а також чинників, що характеризують професійну підготовку і психофізіологічний стан людини, стан знарядь праці, санітарно-гігієнічні і метеорологічні умови праці і т.д. В основі методу – розкладання процесу формування небезпечної ситуації, реалізованої в нещасний випадок, на елементарні, логічно пов'язані, причинно-зумовлені події і визначення взаємозв'язків між ними.

Причинні зв'язки можуть мати різноманітну за формою структуру. *Відомі чотири основні форми причинних зв'язків*.

Перша *послідовна* форма зв'язків, коли кожна подальша причина викликається (визначається) з попередньої і так до кінцевої, яка і приводить до реалізації небезпечної ситуації в нещасний випадок.

Друга *паралельна*, коли паралельно діє декілька послідовних зв'язків, що викликають, в кінцевому результаті, одну загальну причину, що призводить до нещасного випадку.

Третя *кругова*. В цьому варіанті існує безліч причин від першої, до *n*-ної, але *n*-на причина не є кінцевою. Ця причина посилює вплив першої причини, перша – другий і т.д. Нещасний випадок може визначатися з причин, що входять в цей цикл.

Четверта *концентрична* (або розгалужена) форма причинних зв'язків, коли один чинник служить одночасно джерелом формування нестійких причин,

які, розвиваючись паралельно, приводять до формування однієї причини, що привела до нещасного випадку.

Природно, що для побудови мережевих моделей потрібне ретельне, досконале вивчення всіх обставин причин нещасного випадку, чіткого встановлення логічних взаємозв'язків між подіями, визначення їх тимчасових оцінок.

Дослідження випадків травмування методом мережевого моделювання починається з побудови моделі, спрямування комплексу головних причин, виключення кожної з яких дозволяє зруйнувати зв'язки, представлені мережевою моделлю, і, нарешті, визначення першопричини нещасного випадку. Крім головних, розгляду підлягають вимушені (що є слідством головних причин) і супутні причини (сприяючі вияву головних причин).

Метод мережевого моделювання вимагає ретельного розслідування нещасного випадку, встановлення сукупності причин, і чинників що діяли, а також зв'язків між ними.

Мережева модель дозволяє наочно представити процес формування небезпечних ситуацій, визначити і диференціювати головні, вимушені, супутні причини нещасного випадку, проаналізувати можливі шляхи формування аналогічних небезпечних ситуацій, що створює потенційні можливості для розробки дійових профілактичних заходів.

У практиці дослідження причин складних аварій і випадків виробничого травматизму застосовується метод, в основі якого лежить побудова «*дерева причин*». Дерево являє собою граф, тобто схему, що виражає супідрядність і взаємозв'язки елементів. У цьому випадку такими елементами є причини нещасного випадку, а вершиною «дерева» – першопричина. На подальших, більш низьких ярусах, розміщуються головні, вимушені і супутні причини. При розгляді дерева встановлюються взаємозв'язані причини, визначається їх вплив (коефіцієнт значущості) на формування першопричини.

Метод, що розглядається дозволяє визначити дерево причин обмеження, що діяли на кожному рівні, що допустили порушення правил і норм охорони праці, що сприяє пізнанню механізму небезпечних ситуацій.

У тих випадках, коли спрямованість профілактичної роботи недостатньо чітко визначається за результатами аналізу травматизму, проведеного з використанням розглянутих вище методів, звертаються до досвіду і інтуїції фахівців, використовують **метод експертних оцінок**.

Виявлення думки експертів може бути очним (в безпосередній бесіді) і заочним (за допомогою спеціально розроблених анкет). При цьому вельми важливою перешкодою на шляхах з'ясування істини є великий вплив суб'єктивної думки, тому з зацікавленої проблеми розробляють перелік питань і відповідних їм альтернативних відповідей, які представляють експерту в процесі бесіди або у вигляді анкети.

Результати декількох турів опитів узагальнюються, обробляються і, таким чином, встановлюються пріоритетні напрями профілактики травматизму.

Однак він не виключає збору інформації і про всі інші (технічні, організаційні і т.д.) чинники, а також дає можливість зібрати пропозиції по

поліпшенню умов і безпеки праці, сприяє залученню працюючих до рішення питань охорони праці, активізації їх діяльності.

Ефективність профілактики травматизму в цей час багато в чому визначається тим, наскільки повно виявлені глибинні, завуальовані причинно-наслідкові зв'язки травматизму з організаційно-технічною діяльністю організацій загалом.

Одним з методів виявлення таких зв'язків є проведення поглибленого аналізу встановлених якісних зв'язків з використанням методів математичної статистики – кореляційного і дисперсійного аналізів, методу Монте-Карло, імітаційного моделювання на ЕОМ та інші.

Застосування математичних методів створило передумови для значного зменшення існуючої вилики між науково-технічним прогресом і методами, що використовуються для вивчення травматизму.

Дослідження, проведені в нашій країні і за кордоном, свідчать, що найбільш ефективними з точки зору забезпечення безпеки праці є методи, що дозволяють своєчасно розпізнавати, виявляти і ліквідувати небезпечні ситуації. Це обставина підкреслює необхідність більш широкого впровадження в практику профілактики травматизму прогностичних методів аналізу, заснованих на вивченні можливих виробничих небезпек. Однак зіставлення аналізу нещасних випадків аналізу небезпечних ситуацій – потенційних небезпек позбавлено значення. Ці методи повинні доповнювати один одного.

Потенційні можливості подальшого підвищення ефективності профілактики виробничого травматизму бачаться в поєднанні традиційних з новими методами вивчення закономірностей формування його показників, що враховують специфіку робіт, що виконуються і динаміку показників виробничо-господарської діяльності організацій.

Розділ 3. ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ В ГЕНЕРАЛЬНИХ ПЛАНАХ ПІДПРИЄМСТВ І БУДІВНИЦТВ

3.1. Загальні положення

Вже на стадії проектування промислових підприємств ставиться задача відповідності з технічною доцільністю, і законами естетики з безпечними умовами для безпечної діяльності людини на виробництві.

Технічний прогрес і промислове виробництво, що розвивається сьогодні, впливають все зростаючим чином на життя людини. Людина проводить більше чим одну третину свідомого життя на виробництві. У зв'язку з цим планування всього підприємства повинне відповідати не тільки технічним і економічним вимогам, але і мати максимальні зручності, комфортні умови праці.

Елементи безпеки виробництва закладаються в основах планування підприємства, де вирішуються питання санітарного зонування території, враховуються місцеві зовнішні впливаючі чинники – клімат, рельєф, навколишня забудова, близькість сельбищної зони, а також технологічні, транспортні, гігієнічні, архітектурно-будівельні вимоги безпеки праці і пожежної безпеки. Найбільш жорсткі вимоги потрібно пред'являти будівлям, де створюється виробниче середовище, яке загалом істотно впливає на безпеку життєдіяльності працюючих.

3.2. Виробниче середовище

Продуктивність праці у великій мірі залежить не тільки від технічного прогресу і рівня виробництва, але також від умов праці, на які може вплинути істотним чином ряд чинників, що створюють виробниче середовище.

Виробничим середовищем є штучно створене середовище, яке обмежене від зовнішнього впливу і має абстрактну форму. Вона є середовищем, де здійснюється технологічний процес, керований людиною. Отже, **виробниче середовище** – це складне поєднання певних умов для здійснення технологічного процесу з одного боку і умов праці для людини, що здійснює управління цим процесом.

Стосовно виробничого середовища, простір в якому знаходиться людина, називається *гомо сферою (1)*, а простір, в якому створюються небезпеки – *ноксосферою (2)* (рис. 3.1).

Забезпечення безпеки можна досягнути, використовуючи наступні методи:

- розділення гомо сфери і ноксосфери за рахунок простору або часу. Це досягається за рахунок використання автоматизації і механізації, дистанційного управління, маніпуляторів, роботів та ін.;

- вдосконалення виробничого середовища (ноксосфери), приведення характеристик ноксосфери відповідно до характеристик людини;

- підвищення захисних властивостей людини за допомогою відповідних засобів захисту в адаптації людини до ноксосфери (навчання, інструктаж, застосування засобів індивідуального захисту та інш.).

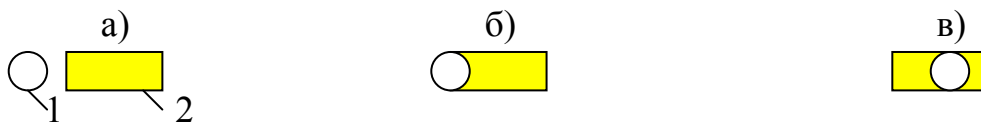


Рис. 3.1. Можливі варіанти розміщення гомосфери і ноксосфери в просторі

3.3. Планові нормативні вимоги

Генеральний план промислового підприємства – це проект розташування всіх будівель, споруд, інженерних мереж, автомобільних доріг і залізничних шляхів, що забезпечує ефективну діяльність наміченого до будівництва підприємства. Звичайно використовується масштаб генерального плану 1:1000 (від 1:500 до 1:2000).

3.3.1. Вимоги до планування території підприємства

Як правило, всі підприємства розташовуються в зоні промислового району міста, що має транспортний та інженерний зв'язок з селідібною частиною міста (населеного пункту). Розташовуються вони відносно неї з підвітряної сторони на відстані захисної зони, що відповідає нормам санітарних розривів, в залежності від класу шкідливості підприємства. У разі навітряного розташування підприємства норми розривів повинні бути збільшені, але не більш ніж в три рази.

У межах захисної зони допускається розміщувати підприємства з меншими виділеннями шкідливостей: пожежне депо, гаражі, бані, пральні, приміщення охорони, непродовольчі, адміністративно-службові і торгові будівлі, столові, поліклініки та інші обслуговуючі приміщення і будівлі, стоянки для громадського та індивідуального транспорту.

Всередині самого підприємства проводиться санітарне зонування території: будівлі та інженерні об'єкти за ступенем шкідливості розташовуються в глибині території, переважно вздовж пануючих вітрів, залізничних і автомобільних магістралей. Цим забезпечується гарне провітрювання і захист від сніжних заметів транспортних комунікацій.

Зонування території здійснюється за такими типами будівель і споруд:

- перша зона – суспільні будівлі і споруди 1-4 (заводоуправління, лабораторії, будівлі медичного і культурно-побутового обслуговування, передзаводська площа, стоянки для пасажирського транспорту);
- друга зона – виробнича 5-7 (основні цехи заготовочного, оброблювального циклів, цехи підсобного призначення – ремонтні, інструментальні, деревообробні, ремонтно-механічні та ін.);
- третя зона – складське енергетичне господарство - 8;
- четверта зона – транспортне господарство - 9.

Часто третя і четверта зони об'єднуються 10-13.

Основою побудови генплану є: технологічний процес і функціональні зв'язки між об'єктами: непересікаємості людських і транспортних потоків; найменш короткий технологічний потік без зустрічних і зворотних рухів;

виключення зайвих вантажно-розвантажувальних операцій, розміщення транспортних шляхів і доріг відповідно до напрямку і характеру вантажних потоків (рис. 3.2).

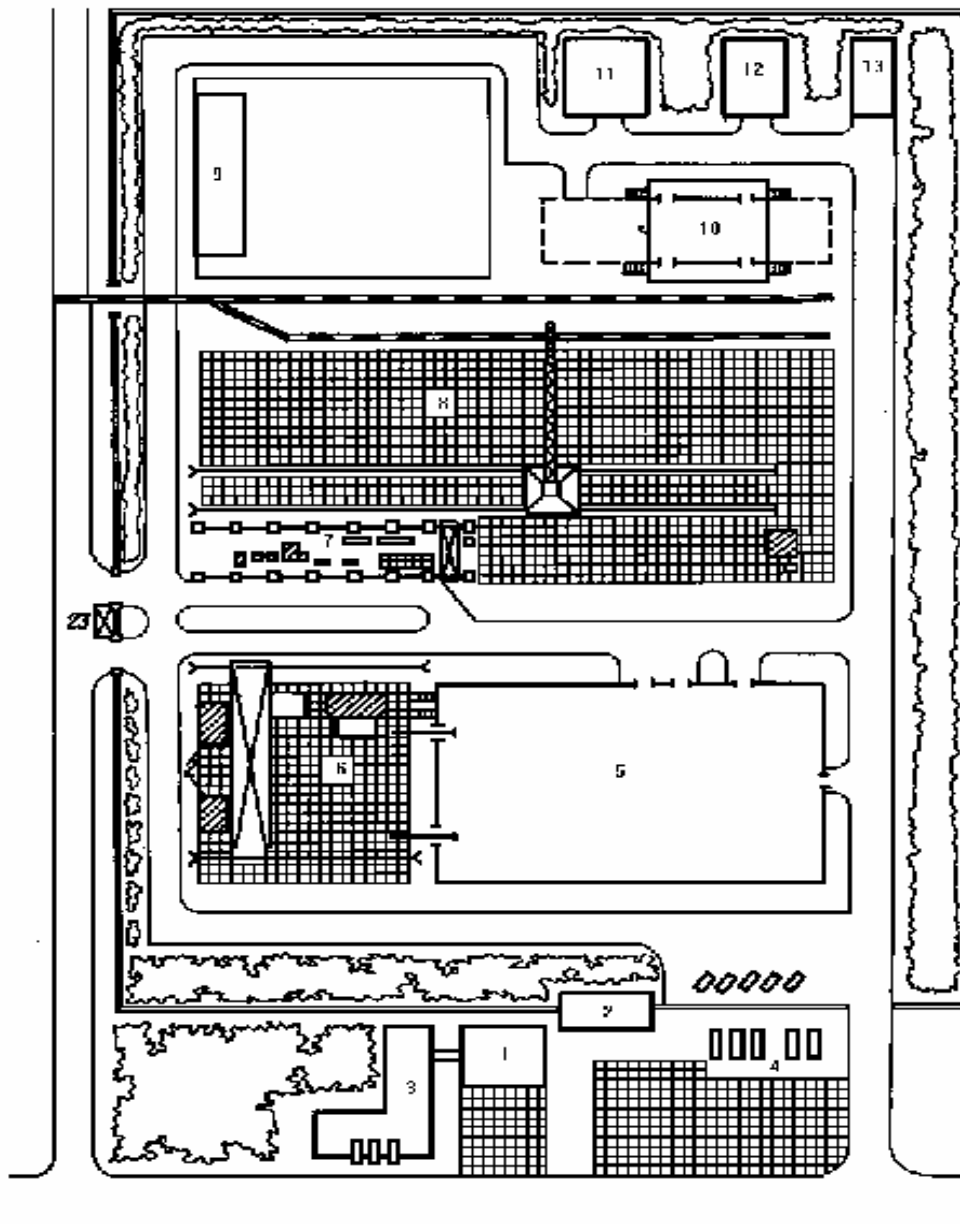


Рис. 3.2. Генеральний план підприємства будівельної індустрії

З метою досягнення економічності в об'ємно-планувальному рішенні будівель при проектуванні генерального плану здійснюється максимальне блокування будівель за принципом схожості технологічних процесів, застосування конструкцій одного параметра, скорочення території, площі будівель, зменшення транспортних зв'язків між об'єктами. На генеральному плані розміщуються вісім груп об'єктів підприємства:

1. об'єкти загальнозаводські – заводоуправління, прохідна, будівля (приміщення) охорони, об'єкти культурно-побутового обслуговування, передзаводська площа;

2. головний корпус – корпус основного виробництва (головна будівля), де здійснюється основний технологічний процес і де працює найбільша кількість робітників (розташовується ближче до червоної лінії забудови, до прохідної);

3. підсобні і допоміжні об'єкти – механічні майстерні, ремонтні, інструментальні та ін. (розташовуються в безпосередній близькості головного корпусу);

4. транспортні споруди та ін. об'єкти (залізничні, автомобільні та ін. види доріг, розвантажувальні та вантажні пристрої, пункти і споруди);

5. інженерні споруди і мережі – всі підземні і надземні комунікації, колодязі, резервуари, водонапірні вежі, пожежні гідранти, насосні та ін.;

6. енергетичні об'єкти – котельні, газогенераторні, компресорні та ін. (розміщуються поблизу центру найбільшого споживання енергетичних ресурсів третьої зони);

7. склади (розміщуються біля транспортних магістралей у четвертій або третій зонах);

8. озеленення і благоустрій – розташовуються ближче до об'єктів 1, 2 і 3 груп. Озеленення включає організовані посадки: дерева, чагарники, квітники і газони. До озеленення не входять вільні майданчики (резервні), зайняті декоративними травами. Благоустрій передбачає майданчики відпочинку, світильники, загорожі, лави, кіоски, навіси, басейни, куточки відпочинку, павільйони та ін.

Дільниця, що відводиться під забудову, повинна мати довгасті форми прямокутника в глибину території і орієнтуватися короткою стороною вздовж червоної лінії забудови. У більшості випадків пропорції дільниці приймаються в таких межах відношення сторін: 1:2; 1:1,75; 1:1,5; 1:1,25 і, рідше, за 1:1.

На забудованій дільниці при розміщенні об'єктів рекомендується використати планувальний модуль 6x6 або 3x3. Це означає, що габарити проїздів (магістральних і другорядних) повинні бути кратні цим розмірам. Розміри елементів проїздів (дороги, тротуари, озеленені смуги) приймаються рівні 0,5 м.

Адміністративно-побутові будівлі (приміщення) розташовують в безпосередній близькості від головного корпусу, вони можуть стояти окремо при значній шкідливості або пожежній небезпеці виробництва в корпусі, прибудованими до основного корпусу і вбудованими.

Окремо стоячі побутові будівлі сполучаються з основним корпусом закритим переходом для двостороннього руху. Кращим вважається надземний перехід.

Вхід на територію підприємства влаштовують через прохідну. Перед прохідною і за нею розміщують майданчики для розрядки скупчення працюючих. Контрольно-пропускний пункт для автотранспорту бажано розташовувати поблизу прохідної або суміщати з нею.

Головний вхід розташовують вдалині від залізничних в'їздів, вантажних автошляхів і орієнтують на місця під'їзду громадського транспорту. Відстань від прохідних до цехів не повинна перевищувати 800 м, а між двома прохідними – не більше за 1,5 км.

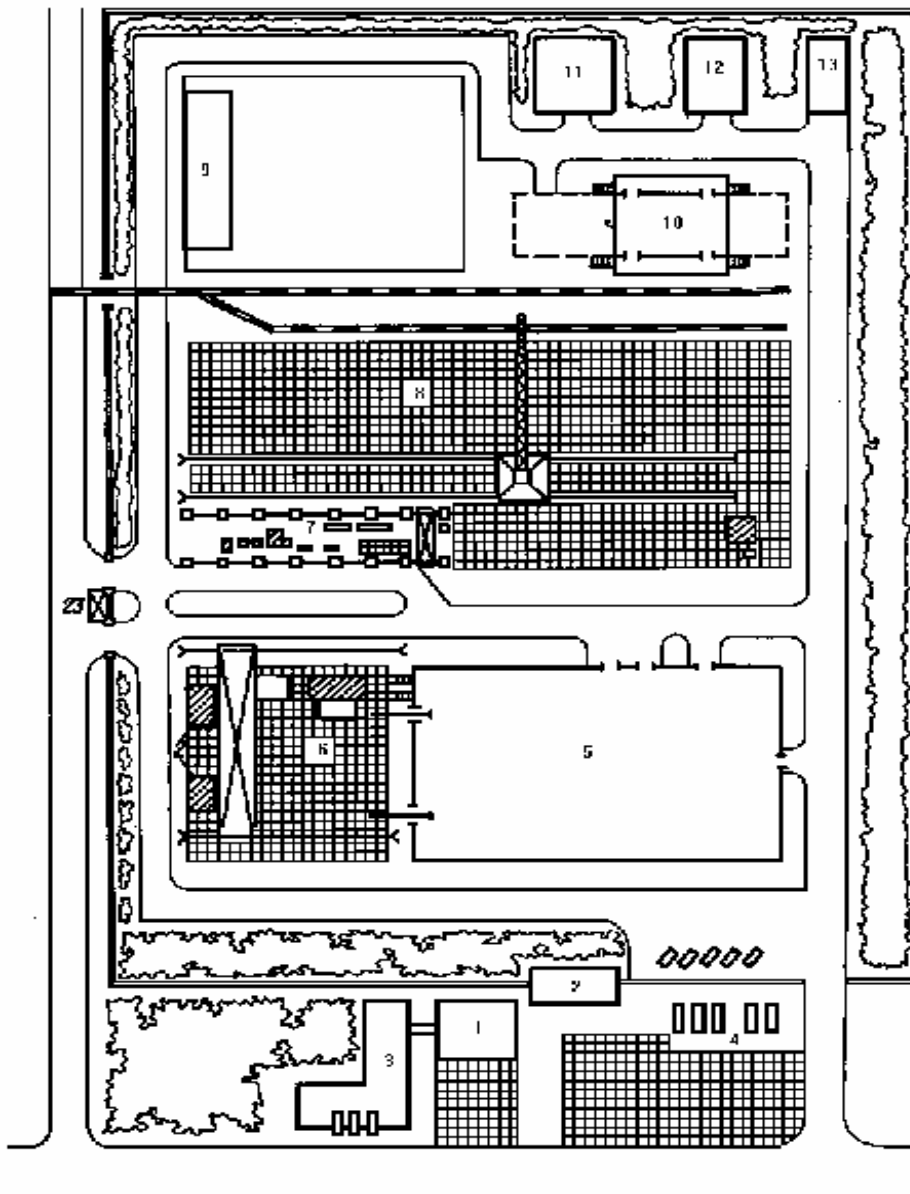


Рис.3.2. Генеральний план підприємства будівельної індустрії

При розміщенні основного виробництва в одному головному корпусі передбачають прохідну у вестибюлі адміністративного корпусу.

В'їзди на територію вантажного транспорту краще розташовувати на другорядних вулицях (проїздах) промислової зони, кількість яких приймають не менше за два, що розташовуються не ближче як за 300м і не далі 1,5 км один від одного.

Що ж до шляхів руху людських потоків, то вони повинні бути найбільш короткими і не перетинатися з вантажопотоками. У разі перетину великих людських потоків з напруженими транспортними магістралями їх розділяють на різних рівнях у вигляді підземних або надземних переходів.

Відстані між будівлями визначаються висотою найбільш високого з них. Труби, вежі, етажерки, колони розташовують на відстані не менше за ширину цієї висотної споруди.

Розриви між будівлями можуть бути зменшені при умові забезпечення необхідного коефіцієнта природної освітленості. Мінімальні розриви визначаються ДБН Б.2.2-12:2018, ДБН В.1.1-7:2016, СНиП 2.09.02-85*, СНиП 2.11.01-85*. Відкриті склади пилових матеріалів розташовують не ближче за 50 м від отворів цехів, що відкриваються і 25 м від побутових приміщень.

Відстань від нижньої групи пролітної будови естакад до спланованої поверхні землі або до верху покриття доріг повинна забезпечувати безперешкодний проїзд під ними наземного транспорту і бути не менше за 4,5 м (в світлі).

Тротуари на території підприємства потрібно розміщувати вздовж проїздів, забезпечуючи зручний і безпечний пішохідний рух між прохідними і окремими будівлями і спорудами(або їх групами).

Ширину тротуару потрібно приймати кратній смузі руху шириною 0,75 м. Число смуг руху по тротуарі залежить від кількості працюючих в найбільшій зміні в приміщенні(або групі будівель), до якого веде тротуар (з розрахунку 750 чоловік на одну смугу руху). Мінімальна ширина тротуару 1,5 м.

Тротуари і пішохідні доріжки, як правило, розміщують з відступом не менше за 2 м від проїжджої частини дороги до краю тротуару. Примикання до проїжджої частини допускається як виключення (в обмежених умовах забудови). При цьому тротуари повинні бути на рівні верху бортового каменя і відділені від проїжджої частини смугою зелених насаджень.

Розташування тротуарів впритул до стін будівель (поєднання з відмосткою) допускається тільки при наявності організованого відведення води з даху. При відсутності організованого відведення води тротуар повинен знаходитися від будівлі не менш ніж на 1,5 м

Ігрові майданчики дозволяється влаштовувати тільки в чистій зоні. Місця періодичного відпочинку розміщують на відстані не більше за 200 м від робочого місця.

3.3.2. Транспорт підприємств

У зв'язку з значною вартістю території залізничного транспорту його по можливості слід замінити автомобільним (причепи, трейлери) великої вантажопідйомності, особливо при перевезеннях на значні відстані та іншими видами транспорту, більш маневренними і економічними.

Сьогодні вважається за доцільне застосовувати автотранспорт вантажопідйомністю 50 і більше тонн в межах до 100км. Для підприємств з вантажооборотом від 300тис.т, до 1млн.т на рік рекомендується використовувати залізничний транспорт тільки тупикового вузла шириною колії 1524 мм.

На радіусах заокруглення шляхів не дозволяється розміщувати об'єкти підприємства та озеленення. Вводи залізничних шляхів на підприємствах рекомендується проектувати з тильної сторони території і в максимальній кількості.

Величина радіуса кривизни шляхів в звичайних умовах передбачається не

менше за 200 м, в особливо обмежених умовах 150, 100 і 80 м, в залежності від типу локомотива.

Ширина території, що відводиться під залізничну колію шириною 1524 мм, на рівних ділянках рівна умовно 5 м.

Для маневрування рухомого складу рекомендується проектувати обгінні і роз'їзні шляхи з необхідною кількістю стрілочних переказів. Кут примикання (на стрілі) не може бути більше за 15 (рис. 3.4).

Міжпуття приймається рівним 4,5-5,3 м. Будови розташовуються на мінімальній відстані 2,5-3,1 м від осі залізничних шляхів при відсутності виходів, а при їх наявності не менше за 6 м. Габарити залізничних в'їзних воріт в цехах представлені на рис. 3.5.

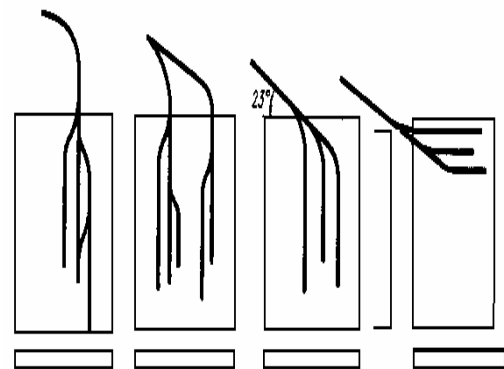


Рис. 3.3. Введення тупикових шляхів на підприємствах

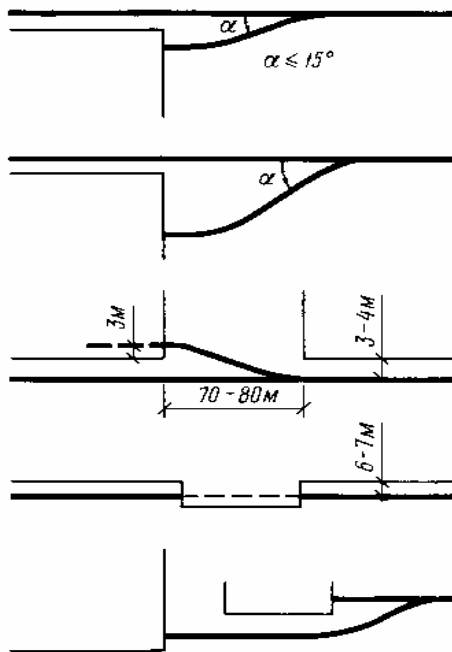


Рис. 3.4. Введення залізничних шляхів в цех

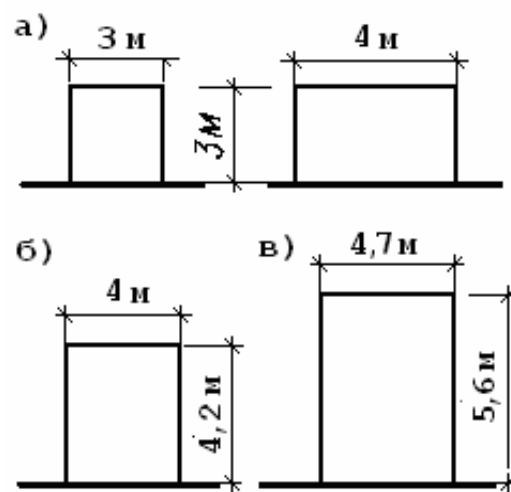


Рис. 3.5. Габарити типових воріт
а- електрокар, вагонеток, автомашин;
б- для узкоколейного залізничного транспорту;
в - те ж, для ширококолейного

Відстань від осі залізничного шляху до кромки автомобільних доріг не повинно бути менше за 3,75 м.

Автомобільні дороги по інтенсивності руху автотранспорту класифікуються:

1 категорія – інтенсивність руху більше за 100 машин на годину в одному напрямі при найменшій швидкості 40 км/год;

2 категорія – 15-100 машин за годину при найменшій швидкості 30 км/год;

3 категорія – менше за 15 машин за годину при найменшій швидкості 20 км/год.

Радіуси повороту доріг під прямим кутом вибирають в залежності від класу машин і вписують в габарити 6-12 м. При тупиковій системі доріг для розвороту машин передбачають петльові об'їзди або розворотні майданчики 15x15м.

Мінімальне наближення доріг до будівель – 8 м при наявності в'їзду в будівлю – 3 м при відсутності в'їзду. Видалення більш ніж на 25 м від будівель не рекомендується. Прохідний габарит для доріг по висоті рівний 4,5 м.

Виходячи з протипожежних вимог, допускається розміщувати автомобільні дороги з одного боку будівлі, якщо воно не ширше за 18 м, з двох сторін, якщо будівля ширша за 18 м, а при площі корпусу в 10 000 м² і більше – з чотирьох сторін.

На території підприємства не допускається розміщувати гаражі вантажних машин, крім спеціалізованих (аварійної техдопомоги, газорятувальної і пожежної служби).

Велику увагу необхідно приділяти правильному вибору радіусів заокруглень і поворотів автомобільних і особливо транспортних поїздів, які в наш час широко застосовуються на транспортних роботах. Так, наприклад, при неправильному виборі радіусів заокруглень і перевищенні швидкості (більше за 5 км/год.), створюється небезпека заносу або перекидання трактора. При цьому перекидаюча сила P , прикладена до центру сили тяжіння трактора, буде дорівнювати:

$$P = G \cdot v^2 \cdot r / g \quad (3.1)$$

де: G – сила тяжіння причепного візка в навантаженому стані, Н;
 v – швидкість руху, м/с;
 r – радіус повороту трактора, віднесений до центра осі задніх коліс, м;
 g – прискорення вільного падіння, рівне 9,8 м/с².

Якщо перекидаюча сила перевищить момент сили тяжіння трактора, то перекидання його практично неминуче.

Використовуючи вищезазначену формулу можна визначити небезпечний радіус повороту трактора, віднесений до центра осі задніх коліс:

$$r = G \cdot v^2 \cdot P / g. \quad (3.2)$$

Радіус повороту, при якому починається перекидання трактора можна визначити за формулою:

$$r = 2 v^2 \cdot h / g \cdot B, \quad (3.3)$$

де: B – поперечна база трактора, м;
 h – висота центра тяжіння трактора, м.

З метою безпеки потрібно уникати крутих поворотів проїздів для трактора.

Радіуси закруглення краю дороги не повинен бути менше:

$$\text{внутрішній } R_1 = L; \quad (3.4)$$

$$\text{зовнішній } R_2 = R + \beta d \quad (3.5)$$

де L – довжина тракторного поїзду в плані, м;

β - коефіцієнт, що характеризує відношення довжини поїзду L до його ширини b (коли $L > b$ коефіцієнт $\beta = 1$);

d – діагональ поїзду в плані, м.

При $L_{\max} = 15$ м; $b = 2,6$ м; $\beta = 1$; $R = 15$ м.

$$R_1 = L = 15 \text{ м}; R_2 = 15 + \sqrt{15^2 + 2,6^2} \approx 30 \text{ м}.$$

Таким чином, величина радіуса повороту, при якому можливо перекидання трактора, $r \leq 31$ м.

3.3.3. Відстань від будівель і споруд до смуг озеленення території підприємства

Відстань від будівлі та інших споруд до озеленення подані на рис 3.6 і в табл 3.1.

	Дерев і чагарники	Естакади	Залізничні колії	Автошляхи	Будови
Будови	1,5; 3,0	5,5	5,0; 3,1	15-6,0; 1,5	$B > H_{\max}$ H_{\max}
Авто шляхи	0,5; 1,0	1,0	3,75	Розділова смуга Газон 15	
Залізні колії	5,0	2,3	4,1		
Естакади	2,0	Визначення зон впливу фундаментів естакад			
Огорожа	4,0; $H > 2,0$				

Рис. 3.6. Мінімальна нормативна відстань між будівлями, спорудами і зеленими насадженнями (м)

Таблиця 3.1

№ п/п	Найменування об'єктів	Відстань від будівель та інших споруд до озеленення, м		
		До осі стовбурів дерев	До чагарнику	
1	Від зовнішніх стін будівель	5,0	1,5	
2	Від брівки кюветів або бордюра автошляху	2,0	1,0	
3	Від огорожі 2 м і більше	4,0	1,0	
4	Від підземних мереж:	газопроводів	2,0	2,0
		теплопроводи (від стіни)	2,0	1,0
		водопроводу і каналізації електрокабеля	1,5	-
5	Від залізничних шляхів	5,0	0,5	
6	Від брівки тротуару	0,75	0,5	

Вільні від забудови (резервні) території рекомендується засівати травами для зменшення запиленості.

3.3.4. Санітарні і протипожежні розриви між будівлями і спорудами підприємства

При розміщенні будівель на генеральному плані необхідно враховувати виконання всього обсягу заходів, перешкоджаючих поширенню вогню і шкідливих виділень на території підприємства і населених місць. Тому при розробці генерального плану підприємства необхідно дотримуватися норм протипожежних і санітарних розривів.

Часто помилково вибирають завищену величину розривів між об'єктами. При цьому величина розриву виправдана тим, що його збільшення зменшує небезпеку перекидання вогню з об'єкта, що горить, на сусідній, а також значно меншає дія тепловипромінювання з поверхні, що горить. Розриви між будівлями є також проїздом для пожежних машин. При широких розривах значно полегшується маневрування і бойова робота пожежних підрозділів. При великих розривах поліпшуються умови для механізації важких і трудомістких робіт в зоні складського господарства, поліпшуються гігієнічні умови праці, знижується несприятливий вплив шкідливих виробничих виділень.

Однак збільшення розривів викликає додаткові витрати в зв'язку з необхідністю подовження доріг, водопровідних ліній, каналізації, газовій, теплової і електричній мережах, ускладнює обслуговування території і її охорону. Тому санітарні і протипожежні розриви потрібно вибирати згідно з нормами (табл. 3.2).

У СНиП 2.09.02-85* приведені також норми протипожежних розривів між будівлями або спорудами і відкритими складами.

Основним показником, що визначає величину протипожежних розривів, є міра вогнестійкості будівель і споруд. Отже, перш ніж приступити до складання генерального плану, необхідно встановити міру вогнестійкості кожної будівлі.

Якщо дотримання нормативних протипожежних розривів неможливе, тоді здійснюють компенсуючі заходи: пристрій протипожежних стін, зниження категорії пожежної небезпеки виробничих процесів, зменшення площі забудови будівель, пристрій автоматичних засобів пожежогасіння і т.п.

Таблиця 3.2

Мінімальна відстань між будівлями і спорудами, м (СНиП 2.09.02-85*)

Міра вогнестійкості будівель і споруд	Відстань між будівлями і спорудами, м, при мірі їх вогнестійкості			
	I, II		III	IV, V
	Не нормується для будівель і споруд з виробничими категоріями Г і Д, для будівель і споруд з виробничими категоріями А, Б і В			
I, II			9	12
III			9	15
IV, V			12	18

Будівлі і споруди, обладнання яких дає значні динамічні навантаження, що викликають вібрацію гранту і що можуть вплинути шкідливий чином на будівельні конструкції, обладнання або ж на технологічний процес сусідніх будівель і споруд, розміщують на відстанях, достатніх для загасання вібрацій.

Приміщення управління, конструкторського бюро і здравпункту, як правило, об'єднують (блокують) в одному приміщенні. У одному приміщенні з управлінням можна розміщувати також приміщення їдальні і лабораторії.

Величина санітарного розриву між будівлями, що освітлюються через віконні отвори, повинна бути не менш найбільшої висоти до карниза протистоячих будівель. Між окремими корпусами будівель з напівзамкнутим двором (П- або Ш-образної забудови) розрив приймають рівним напівсумі висот протистоячих будівель, але не менше за 15 м, а при відсутності шкідливих виділень в простір – не менше за 12 м. Між найближчими корпусами будівлі із замкненим з усіх сторін двором санітарний розрив повинен бути не менше за висоту найвищого з навколишніх дворових будівель, але не менше за 20 м.

Відкриті склади вугілля, а також найбільш небезпечні і шкідливі виробництва повинні знаходитися від виробничих будівель не менше за 20 м від побутових приміщень – на 25 м, від допоміжних будівель – 50 м. Ці розриви повинні бути озеленені.

При визначенні розривів між будівлями зіставляють вимоги санітарної і пожежної безпеки. Якщо санітарні розриви виявляються меншими в порівнянні з протипожежними, приймають необхідний протипожежний розрив.

Розриви між будівлями, в яких розташовані особливо шумні устаткування (формовочні пости з рівнями шуму більше за 90 ДБА), і сусідніми диктуються потребою пониженням шуму до допустимих значень.

Якщо джерело шуму розташоване в приміщенні, а розрахункові точки – на території, і шум в атмосферу проникає через захищаючі конструкції, очікувані рівні звукового тиску в розрахунковій точці (L_i) визначаються окремо для кожного елемента обгороджування (стіни, перекриття, вікна, дверей, отвори і т.п.) через які проникає шум, за формулою:

$$L_i = L_{p \text{ сум}} - \Delta L_{pi} - 20 \lg r_i - (\beta_a \cdot r_i / 1000) - 5 \text{ дБ}, \quad (3.6)$$

де: $L_{p \text{ сум}} = 10 \lg \sum_{k=1}^m 10^{0,1 L_{pk}}$ – сумарний октавний рівень звукової потужності всіх

джерел шуму, що знаходяться в приміщенні дБ;

r_i – відстань від джерела шуму до розрахункової точки, м;

ΔL_{pi} – зниження рівня звукової потужності по шляху поширення звуку, дБ;

m – загальна кількість джерел шуму в приміщенні;

L_{pk} – октавний рівень звукової потужності, що виходить з кожного джерела шуму, дБ.

$$\Delta L_{pi} = 10 \lg B_{ш} - 10 \lg S, \quad (3.7)$$

де: i – номер джерела;

β_a – загасання звуку в атмосфері, дБ/км, приймається по табл. 3.3.

Загасання звуку в атмосфері

Середньогометричні частоти Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , дБ/км	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Примітка: При відстані $r_i < 50$ м загасання в атмосфері не враховується

S_i – площа обгороджування, що розглядається або окремого елемента обгороджування, через яке шум проникає в атмосферу, m^2 ;

R_i - звукоізолююча здатність обгороджування, що розглядається або елемента обгороджування, через яке шум з приміщення проникає в атмосферу.

3.3.5. Внутрішні проїзди, дороги і тротуари

При плануванні території підприємства потрібно прагнути до створення найпростішої схеми магістральних проїздів. *Схема проїздів на території підприємства повинна відповідати наступним вимогам:*

- відповідати поточності виробництва, забезпечувати зручний і найкоротший зв'язок між будівлями і спорудами, а також перевезення сировини і готової продукції найкоротшими відстанями з мінімальною кількістю перетинів і зворотних рухів;

- бути прямолінійною і ділити територію підприємства на окремі, по можливості, рівновеликі ділянки;

- забезпечувати пересування працюючих на підприємстві по найкоротших відстанях від входу на підприємство до основних цехів без перетину людських потоків;

- виключати поєднання транспортних магістральних проїздів, не суміщаючи їх з дорожніми, по яких проходять люди.

До будівель по всій довжині повинен бути передбачений проїзд пожежних машин. Мінімальне наближення дороги до будівлі 5 м, максимальне не більше за 25 м. Поєднання залізничних шляхів з внутрішньозаводськими магістральними проїздами і з пішохідними доріжками недопустиме.

Ширина проїзної частини автомобільних доріг в місцях перетину із залізницею рівна 10 м. Ширину магістральних проїздів потрібно приймати кратну 6 або 3 м. У всіх випадках ширину проїзної частини доріг з двостороннім рухом приймають рівну не менше за 6 м.

При проектуванні тупикових доріг необхідно влаштовувати розворотні майданчики розміром 15x15 м.

3.3.6. Санітарно-захисні зони

Підприємства, їх окремі будівлі і споруди з технологічними процесами, що є джерелами виділення в довкілля шкідливих і з неприємним запахом речовин, а також джерелами підвищених рівнів шуму, вібрації ультразвуку, електромагнітних хвиль радіочастот, статичної електрики і іонізуючих випромінювань, потрібно відділяти від житлової забудови санітарно-захисними зонами.

Вказані об'єкти в залежності від характеру шкідливості, що виділяється, умов протікання технологічного процесу і передбачених заходів по зменшенню несприятливого впливу цієї шкідливості на навколишнє середовище і людей діляться на п'ять класів: I – з шириною санітарно-захисної зони 1000 м, II – 500м, III – 300 м, IV – 100 м, V – 50 м (табл. 3.4). Більшість підприємств будівельної індустрії відносяться до IV класу виробничої шкідливості. Це допускає їх розміщення на відстані 100 м від об'єктів житлової забудови і реакційних зон і не регламентує їх розташування відносно сусідніх виробництв, якими частіше за все є підприємства IV і V класів виробничої шкідливості, що об'єднують в своєму складі підприємства точного приладобудування, електроніки, фотохімії, фармацевтики та ін., що вимагає суворого нормування акустичних умов праці.

Таблиця 3.4

Ширина санітарно-захисної зони для деяких промислових підприємств			
№ п/п	Підприємство	Клас підприємств	Ширина санітарно-захисної зони, м
1	Виробництво металообробної промисловості	IV	100
2	Виробництво будівельних матеріалів і залізобетонних виробів	IV	100
3	Виробництво шлаковати	III	300
4	Виробництво пластичної маси з ефіру целюлози	II	500
5	Виробництво оліфи	III	300
6	Виробництво асфальтобетону на стаціонарних заводах	III	300
7	Виробництво толю і руберойду	III	300
8	Виробництво червоної або силікатної цегли	IV	100

До I, II та III класу відносяться в основному підприємства хімічної та металургійної промисловості, деякі підприємства по видобутку руди, виробництву будівельних матеріалів.

До IV класу, поряд з підприємствами хімічної та металургійної промисловості, відносяться підприємства металообробної промисловості з чавунним (в кількості до 10000 тон/рік) та кольоровим (в кількості до 100 тон/рік) литвом, ряд підприємств по виробництву будівельних матеріалів, обробці деревини, багато підприємств текстильної, легкої, харчової промисловості.

До V класу, крім деяких виробництв хімічної та металургійної промисловості, відносяться підприємства металообробної промисловості з термічною обробкою без ливарних процесів, великі друкарні, меблеві фабрики.

Санітарно-захисні зони повинні бути озеленені, адже саме тоді вони повною мірою можуть виконувати роль захисних бар'єрів від виробничого пилу, газів, шуму.

Рівні звуку на кордонах територій заводів будівельної індустрії досягають 90-95 дБА. Тому необхідно враховувати і чинник шуму, який екологічно несприятливо діє на розташовану поблизу житлову забудову або підприємство,

що вимагають акустичного контролю. При цьому необхідно проводити розрахунок ширини санітарно-захисної зони по чиннику шуму, який ведеться в наступній послідовності:

1. Визначають (з довідкової літератури або методом натурних вимірювань) характеристики джерел шуму. Це можуть бути рівні звуку L_{oi} , дБА, визначені на відстані r_{oi} , м:

$$i = 1 \div n, \quad (3.8)$$

де n – число джерел шуму.

2. Територію об'єкта приводять до прямокутної форми з розмірами сторін a і b (м) і визначають її площу:

$$S = a \cdot b, \text{ м}^2. \quad (3.9)$$

3. У геометричному центрі викресленому в масштабі території об'єкта розміщують початок системи координат X, Y і визначають координати джерел шуму $(X_i Y_i)$, м. і розрахункових точок:

$$(X_j Y_j) \text{ м}, \quad (3.10)$$

де: $j = 1 \div m$;

m – кількість розрахункових точок.

4. Визначають відстані між джерелами шуму і розрахунковими точками (r_{ij}) , м;

5. Величину рівня звуку в кожній розрахунковій точці від кожного джерела визначають за формулою:

$$L_{ij} = L_{oi} - 20 \lg r_{ij} / r_{oi}, \text{ дБА}. \quad (3.11)$$

6. Методом енергетичного підсумовування визначають сумарні рівні звуку в кожній розрахунковій точці від всіх джерел:

$$L_j = 10 \lg \sum_1^n 10^{0,1 L_{ij}}, \text{ дБА} \quad (3.12)$$

7. У кожній розрахунковій точці визначають інтенсивність звукової енергії:

$$I_j = 10^{0,1 L_j - 12}, \text{ Вт / м}^2. \quad (3.13)$$

8. Визначають середнє значення інтенсивності звукової енергії по території об'єкта:

$$I_{cp} = \sum_1^m I_j / m, \text{ Вт / м}^2. \quad (3.14)$$

9. Величину середнього рівня звуку за територією об'єкта визначають:

$$L_{cp} = 10 \lg (I_{cp} / 10^{-12}), \text{ дБА}. \quad (3.15)$$

10. Визначають координати акустичного центра (базової точки) території об'єкта:

$$X_6 = \sum_1^m (I_j \cdot X_i) / \sum_1^m I_j, \text{ м}; Y_6 = \sum_1^m (I_j \cdot Y_i) / \sum_1^m I_j, \text{ м}. \quad (3.16)$$

11. За допомогою графіка (рис. 3.7) визначають приріст ΔL_6 в базовій точці об'єкта, площею $S \text{ м}^2$;

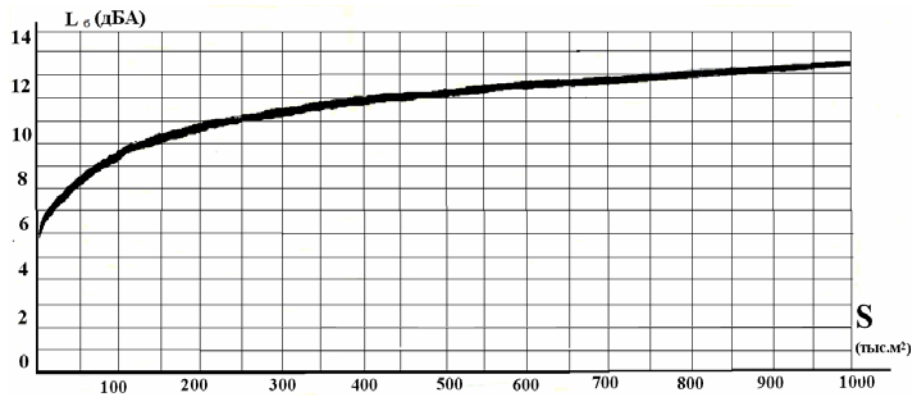


Рис. 3.7. Залежність приросту ΔL_6 в базовій точці від площі S об'єкта для території, де розміщується об'єкт, що досліджується

12. Рівень звуку в базовій точці визначають за формулою:

$$L_6 = L_{\text{ср}} + \Delta L_6, \text{ дБА}. \quad (3.17)$$

13. Необхідну величину зниження рівня звуку визначають:

$$\Delta L_6 = L_6 - L_{\text{доп}}, \text{ дБА}, \quad (3.18)$$

де: $L_{\text{доп}}$ - допустимий рівень звуку (згідно з санітарними нормами);

14. За допомогою графіка (рис. 3.8) визначають відстань R , на якій зниження рівня звуку від промоб'єкту площею S склало б величину ΔL .

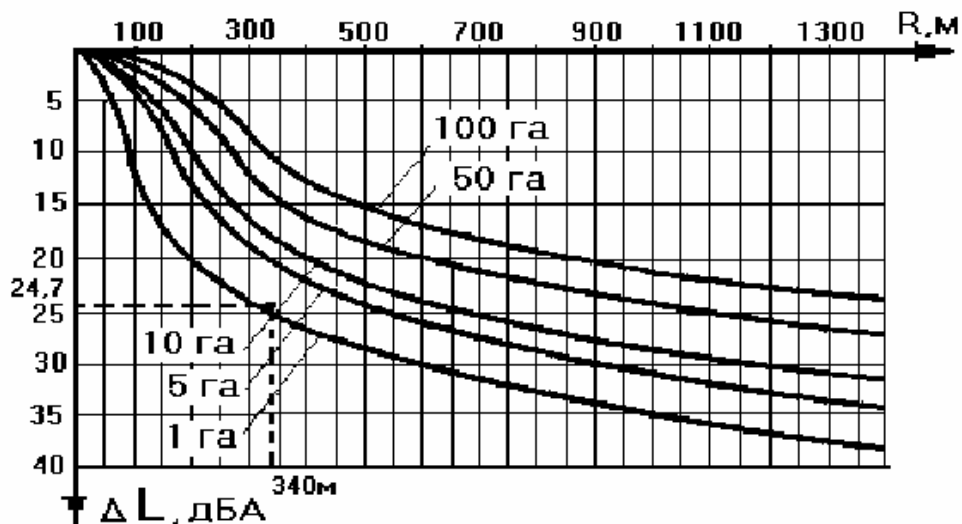


Рис. 3.8. Криві зниження рівня звуку ΔL із збільшенням відстані від акустичного центра плоских джерел

15. Ширину санітарно-захисної зони об'єкта по чиннику зовнішнього шуму в будь-якому (паралельному осям) напрямі від акустичного центра визначають за формулою:

$$CЗЗ = R \pm X_6(Y_6) - 0,5 a(b), \text{ м.} \quad (3.19)$$

Приклад. Визначити ширину санітарно-захисної зони промислового об'єкта, що проектується по чиннику його зовнішнього шуму. Даний об'єкт відноситься до IV класу виробничої шкідливості (санітарно-захисна зона 100 м).

Площа його території, що має прямокутну форму (рис. 3.9), дорівнює:

$$S = a \cdot b = 100 \cdot 200 = 20000 \text{ м}^2 = 2 \text{ га,}$$

На території об'єкта планується розмістити два цехи з бучливим обладнанням, акустичні характеристики зовнішнього шуму яких мають наступні величини:

$$L_{0,1} = 90 \text{ дБА (} r_{0,1} = 5 \text{ м);}$$

$$L_{0,2} = 92 \text{ дБА (} r_{0,2} = 5 \text{ м);}$$

Розміщення промислового об'єкта планується поблизу території житлової забудови, де допустима величина рівня звуку $L_{доп} = 55 \text{ дБА}$.

Рішення:

1. Згідно з умовами задачі характеристики джерел шуму

$$L_{0,1} = 90 \text{ дБА (} r_{0,1} = 5 \text{ м);}$$

$$L_{0,2} = 92 \text{ дБА (} r_{0,2} = 5 \text{ м);}$$

2. Площа об'єкта $S = A \cdot B = 100 \cdot 200 = 20000 \text{ м}^2 = 2 \text{ га}$.

3. Координати джерел шуму і розрахункових точок визначаємо по рис.3.10 і зводимо в табл. 3.5.

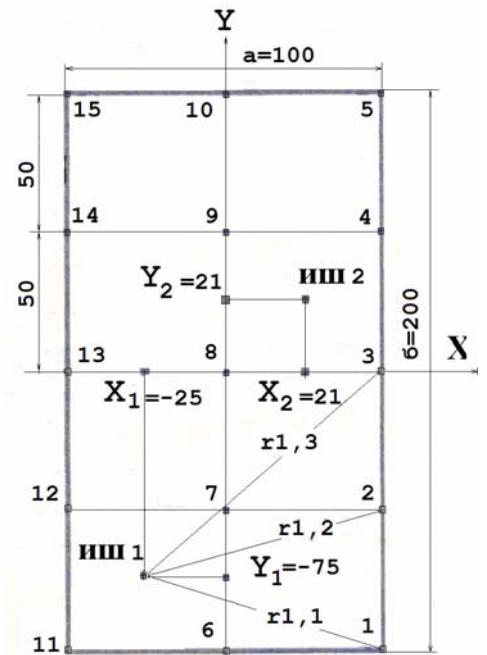


Рис. 3.9. Схема визначення санітарно-захисної зони по чиннику шуму

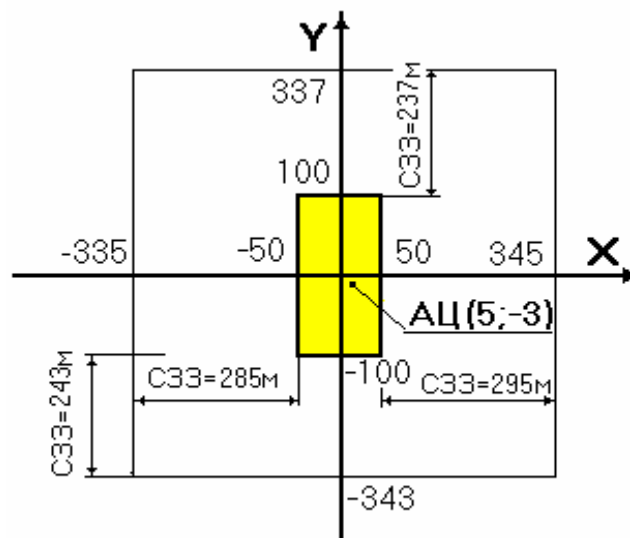


Рис. 3.10. Санітарно-захисна зона по чиннику зовнішнього шуму

Таблиця 3.5

Координати джерел шуму і розрахункових точок																		
№	1	2	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
x_i	-25	25	x_j	25	25	25	25	25	0	0	0	0	0	-25	-25	-25	-25	-25
y_i	-75	25	y_j	-100	-50	0	50	100	-100	-50	0	50	100	-100	-50	0	50	100

4. Відстані між джерелами шуму і розрахунковими точками ($r_{i,j}$) зносимо в табл. 3.6 і 3.7.

Таблиця 3.6

Відстані $r_{1,j}$ (м) між розрахунковими точками і джерелом шуму №1

$r_{1,1}$	$r_{1,2}$	$r_{1,3}$	$r_{1,4}$	$r_{1,5}$	$r_{1,6}$	$r_{1,7}$	$r_{1,8}$	$r_{1,9}$	$r_{1,10}$	$r_{1,11}$	$r_{1,12}$	$r_{1,13}$	$r_{1,14}$	$r_{1,15}$
80	80	106	146	190	35	35	80	127	177	35	35	80	127	177

Таблиця 3.7

Відстані $r_{2,j}$ (м) між розрахунковими точками і джерелом шуму №2

$r_{2,1}$	$r_{2,2}$	$r_{2,3}$	$r_{2,4}$	$r_{2,5}$	$r_{2,6}$	$r_{2,7}$	$r_{2,8}$	$r_{2,9}$	$r_{2,10}$	$r_{2,11}$	$r_{2,12}$	$r_{2,13}$	$r_{2,14}$	$r_{2,15}$
127	80	35	35	80	127	80	35	35	80	146	106	80	80	106

5. Значення рівнів звуку $L_{i,j}$ (дБА) в розрахункових точках від кожного джерела зводимо в табл. 3.8 і 3.9.

Таблиця 3.8

Величина рівня звуку $L_{1,i}$ (дБА) в розрахункових точках від джерела шуму №1

$L_{1,1}$	$L_{1,2}$	$L_{1,3}$	$L_{1,4}$	$L_{1,5}$	$L_{1,6}$	$L_{1,7}$	$L_{1,8}$	$L_{1,9}$	$L_{1,10}$	$L_{1,11}$	$L_{1,12}$	$L_{1,13}$	$L_{1,14}$	$L_{1,15}$
66	66	63	61	58	73	73	66	62	59	73	73	66	62	59

Таблиця 3.9

Величина рівня звуку $L_{2,i}$ (дБА) в розрахункових точках від джерела шуму №2

$L_{2,1}$	$L_{2,2}$	$L_{2,3}$	$L_{2,4}$	$L_{2,5}$	$L_{2,6}$	$L_{2,7}$	$L_{2,8}$	$L_{2,9}$	$L_{2,10}$	$L_{2,11}$	$L_{2,12}$	$L_{2,13}$	$L_{2,14}$	$L_{2,15}$
64	68	75	75	68	64	68	75	75	68	63	65	68	68	65

6. Сумарні рівні звуку в розрахункових точках від обох джерел зводимо в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Величина рівня звуку $L_{\Sigma,i}$ (дБА) в розрахункових точках від двох джерел шуму

$L_{\Sigma,1}$	$L_{\Sigma,2}$	$L_{\Sigma,3}$	$L_{\Sigma,4}$	$L_{\Sigma,5}$	$L_{\Sigma,6}$	$L_{\Sigma,7}$	$L_{\Sigma,8}$	$L_{\Sigma,9}$	$L_{\Sigma,10}$	$L_{\Sigma,11}$	$L_{\Sigma,12}$	$L_{\Sigma,13}$	$L_{\Sigma,14}$	$L_{\Sigma,15}$
68	70	75	75	68	73	74	75	75	68	73	74	70	69	66

7. Інтенсивність звукової енергії в розрахункових точках зводимо в табл.3.11.

Таблиця 3.11

Інтенсивність звукової енергії в розрахункових точках ($I_i \cdot 10^{-6}$), що випромінюється обома джерелами

\hat{J}_1	\hat{J}_2	\hat{J}_3	\hat{J}_4	\hat{J}_5	\hat{J}_6	\hat{J}_7	\hat{J}_8	\hat{J}_9	\hat{J}_{10}	\hat{J}_{11}	\hat{J}_{12}	\hat{J}_{13}	\hat{J}_{14}	\hat{J}_{15}
6,31	10	31,6	31,6	6,3	12	25	31,6	31,6	6,3	12	25	10	7,97	3,98

8. Визначаємо середнє значення інтенсивності звукової енергії по території підприємства (I_{cp}), Вт /м²:

$$I_{cp} = 2,675 \cdot 10^{-4} / 15 = 1,7832 \cdot 10^{-5} \text{ Вт/м}^2$$

9. Середній рівень звуку по території підприємства визначаємо:

$$L_{cp} = 10 \lg 1,7832 \cdot 10^{-5} / 10^{-12} = 72,5 \text{ дБА},$$

10. Визначаємо координати акустичного центра (X_6 та Y_6) території підприємства (рис. 3.10):

$$X_6 = 1,3425 \cdot 10^{-3} / 2,675 \cdot 10^{-4} = + 5 \text{ м}$$

$$Y_6 = - 8,135 \cdot 10^{-4} / 2,675 \cdot 10^{-4} = - 3 \text{ м}.$$

11. За допомогою графіка, зображеного на рис. 3.7, визначаємо приріст рівня звуку ΔL_6 в базовій точці (акустичному центрі) промислового об'єкта площею $S = 20\,000 \text{ м}^2$ ($\Delta L_6 = 7,2$).

12. Рівень звуку в базовій точці L_6 визначається:

$$L_6 = 72,5 + 7,2 = 79,7 \text{ дБА}$$

13. Визначаємо необхідну величину зниження рівня звуку ΔL до допустимої величини $L_{\text{доп}} = 55 \text{ дБА}$

$$\Delta L = 79,7 - 55 = 24,7 \text{ дБА}$$

14. За допомогою графіка, зображеного на рис. 3.8, визначаємо відстань, на якій зниження рівня звуку від промоб'єкта площею $S = 20\,000 \text{ м}^2$ (2 га) склало б $\Delta L = 24,7 \text{ дБА}$. Ця величина дорівнює $R = 340 \text{ м}$.

15. Визначимо ширину санітарно-захисної зони об'єкта по чиннику його зовнішнього шуму вздовж осей X Y (рис. 3.10):

$$CЗЗ_{\text{ох}} = 340 + 5 - 0,5 \cdot 100 = 295 \text{ м},$$

$$CЗЗ_{\text{о, х}} = 340 - 5 - 0,5 \cdot 100 = 285 \text{ м},$$

$$CЗЗ_{\text{о, y}} = 340 - 3 - 0,5 \cdot 200 = 237 \text{ м},$$

$$CЗЗ_{\text{о, y}} = 340 + 3 - 0,5 \cdot 200 = 343 \text{ м}.$$

У розглянутому прикладі величина санітарно-захисної зони по чиннику зовнішнього шуму від промислового об'єкта, що розглядається, перевищує рекомендовану державними санітарними правилами планування та забудови населених пунктів, затвердженими наказом міністерства охорони здоров'я №173 від 19.06.96 р. величину, яка дорівнює 100м. тому ширину санітарно-захисної зони по чиннику зовнішнього шуму, приймаємо по розрахунку (див. рис. 3.10).

Для зменшення СЗЗ на практиці приймають цілий комплекс шумозахисних заходів (екранування, шумопоглинання за допомогою зелених насаджень, зниження шуму в джерелі, тощо).

Розділ 4. ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ В ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1. Класифікація інженерних рішень з охорони праці

Інженерні рішення з охорони праці повинні відображати найбільш характерні особливості технології і організації виробництва, засоби запобігання дії на працюючих шкідливих і небезпечних виробничих чинників.

При виборі, розрахунку і проектуванні несучих елементів будівлі (споруди) необхідно передбачати рішення, що забезпечують їх безпечне виготовлення, монтаж (установку) і експлуатацію. Особливу увагу в розрахункових схемах приділяють навантаженням, які виникають при транспортуванні і монтажі (установці) елементів будівель; ухвалюють технічні рішення, що виключають виникнення в елементах деформацій, не передбачених розрахунком.

Питання техніки безпеки і виробничої санітарії, пожежної безпеки вирішують в проекті організації будівництва (ПОБ) у вигляді принципових рішень при розробці загального будгєнплану, визначенні методів праці, підборі будівельних машин, механізмів і технологічного оснащення, визначенні переліку і кількості тимчасових будівель для санітарно-побутового обслуговування робітників. Найважливіше питання вибору і встановлення безпечних методів провадження робіт, які, крім забезпечення високої продуктивності праці, повинні включати технічні рішення і заходи, направлені на безпечне виконання робіт.

У початковій стадії розробки ПОБ необхідно проаналізувати небезпеку і шкідливість об'єктів, що проектуються, обґрунтувати вибір заходів щодо охорони праці, результати розрахунків і висновків з посиланнями на діючі стандарти безпеки праці, правила та інші нормативні документи.

Загальний принцип розробки профілактичних заходів і рішення інженерних задач з охорони праці полягає у виявленні можливих причин, чинників виробничого травматизму і професійних захворювань для кожного етапу робіт як на стадії проектування організації будівництва, так і в подальшій диференційованій розробці обґрунтованих організаційних і технічних заходів щодо усунення цих причин.

При розробці зведених календарних або сітьових графіків будівництва об'єктів необхідно мати на увазі, що всі роботи, без яких не можна забезпечити безпечні і здорові умови праці, заходи, направлені на профілактику травматизму і захворюваність робітників, повинні бути включені в номенклатуру найменувань об'єктів і технологічних процесів.

Заходи щодо охорони праці, що відображаються при проектуванні будівельного генерального плану в ПОБ, можна класифікувати таким чином:

1. При проектуванні тимчасових будівель і споруд, включаючи приміщення санітарно-побутового обслуговування робітників і місця для обігріву робітників в холодний час року. У окремих випадках вирішують питання раціонального розміщення тимчасових котелень з необхідними комунікаціями.

2. Проектування тимчасових доріг в поєднанні з постійними транспортними схемами руху, розміщенням складів матеріалів і майданчиків з опрацюванням безпечних методів вантажно-розвантажувальних робіт і засобів доставки матеріалів і конструкцій на робочі місця.

3. Раціональне і безпечне розміщення будівельних машин, механізмів, підйомників, інших вантажно-розвантажувальних засобів.

4. Визначення меж постійних і тимчасових небезпечних зон, пов'язаних із застосуванням засобів механізації і наявності інших небезпечних і шкідливих чинників.

5. Проектування організаційних і технічних заходів щодо боротьби з шумом і запиленістю на будівельному майданчику.

6. Розв'язання питань устаткування і розміщення додаткових засобів і обладнання при роботах в зимових умовах, а також для виконання спеціальних видів робіт, викликаних вимогами безпеки.

7. Проектування систем штучного освітлення будівельного майданчика, відведення поверхневих і стічних вод, протипожежного водопостачання.

Календарні або сітьові графіки провадження робіт в проекті провадження робіт (ППР) – основні проектні документи, що встановлюють технологічний зв'язок між окремими будівельними процесами і рухомістю робочих кадрів у часі для забезпечення створення закінченого об'єкта, конструктивного елемента або вигляду робіт.

При зведенні будівель і споруд забороняється виконувати роботи, пов'язані із знаходженням людей в одній секції (захватці, дільниці) на поверхах (ярусах), над якими проводиться переміщення, установка і тимчасове закріплення елементів збірних конструкцій або обладнання.

При зведенні односекційних будівель або споруд одночасне виконання монтажних і інших будівельних робіт на різних поверхах (ярусах) допускається при письмовому розпорядженні головного інженера після здійснення заходів, що забезпечують безпечне провадження робіт, при наявності між ними надійних (обґрунтованих відповідним розрахунком на дію ударних навантажень) міжповерхових перекриють.

Отже, якщо в графіку провадження робіт закладене поєднання декількох процесів в одній секції, повинен бути прикладений відповідний розрахунок і перелік заходів, що забезпечують безпеку праці.

Монтаж конструкцій можна вести декількома потоками: установка підмурків, колон, підкранових балок, ферм і плит перекриття. При цьому необхідно дотримуватися, а отже, планувати в календарному плані порядок провадження робіт для забезпечення стійкості конструкцій, що монтуються.

Роботи, які мають специфічний характер, необхідно включити в номенклатуру робіт з метою забезпечення на об'єкті безаварійних і безпечних умов праці створення умов для нормального санітарно-гігієнічного обслуговування працюючих.

Наприклад, розробка траншей і котлованів з вертикальними стінками вимагає організації відповідних інвентарних кріплень. Монтаж конструкцій виконується тільки після установки, випробування і технічного огляду крана.

Роботи по устаткуванню інвентарних кріплень повинні бути відображені в сітьовому графіку з оцінкою часу і ресурсів, необхідних для їх виконання.

4.2. Основні інженерні рішення з охорони праці в будівельних генеральних планах

Будівельні генеральні плани розробляються у складі ПОБ і ПВР.

Склад і зміст цих документів визначений у ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва.

Вимоги безпеки при розробці ПОБ і ПВР регламентовані ДБН А.3.2-2-2009. «ССБТ. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення».

Питання безпеки праці також визначені в таких нормативних документах: ДБН В.1.2-12-2008. «Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки».

ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.

НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.

НАПБ А.01.001:2014. Правила пожежної безпеки в Україні.

ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.

ДБН В.1.2-7-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.

ДСТУ Б В.1.1-36:2014 . Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпечкою.

4.3. Небезпечні зони

Небезпечна зона – простір, у якому на працівника можлива дія небезпечного та/чи шкідливого виробничого чинника (ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять).

Постійні небезпечні зони (поблизу від неізольованих струмоведучих частин; від неогороджених перепадів за висотою на 1,3 м і більше; в місцях переміщення машин і обладнання або їх частин і робочих органів; в місцях, над якими відбувається переміщення вантажів вантажопідіймальними кранами; в місцях де зберігаються шкідливі речовини в концентраціях вище гранично допустимих), щоб уникнути доступу до них сторонніх осіб, повинні бути огорожені згідно до ДСТУ Б В.2.8-43:2011. Огородження інвентарних будівельних площ і ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови.

Тимчасові або потенційно небезпечні зони (ділянки території поблизу будівлі, що будується, поверхи будівель та споруд в одній захватці, над якими відбувається монтаж або переміщення вантажів) облаштовуються сигнальними огороженням, тобто пристроями, що попереджують про небезпечні виробничі фактори.

Перед початком робіт в умовах дії виробничого ризику необхідно визначити небезпечні для працівників зони, в яких постійно діють або можуть діяти небезпечні фактори, пов'язані або не пов'язані з характером виконуваних робіт.

Згідно ДБН А.3.2-2-2009 такі фактори поділяються на дві групи – постійно і потенційно діючі небезпечні виробничі фактори.

До зон постійно діючих небезпечних виробничих факторів відносяться:

- місця поблизу неізольованих струмопровідних частин електроустановок;
- місця поблизу неогороджених перепадів по висоті 1,3 м і більше;
- місця, де можливе перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

До зон потенційно діючих небезпечних виробничих факторів відносяться:

- ділянки території поблизу будівлі чи споруди, що зводиться;
- поверхи (яруси) будинків, споруд в одній будівельній ділянці, де виконуються роботи, над якими здійснюється монтаж (демонтаж) конструкцій чи устаткування;
- зони переміщення будівельно-дорожніх машин, обладнання або їхніх частин, робочих органів;
- місця, над якими переміщуються вантажі кранами.

Розміри небезпечних зон встановлюються згідно з додатком ДБН А.3.2-2-2009.

Місця тимчасового або постійного перебування робітників мають бути розташовані за межами небезпечних зон.

Зони з постійно діючими небезпечними виробничими факторами повинні мати захисне огороження згідно з ДСТУ-Н Б А.3.2-16:2015 Настанова щодо влаштування суцільних захисних огорожень при зведенні каркасно-монолітних будівель і ДСТУ Б В.2.8-43:2011; зони з потенційними небезпечними виробничими факторами повинні мати сигнальне огороження та визначені знаками безпеки, що відповідають вимогам ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) (с 01.07.2019).

Перед початком виконання робіт у місцях, де діють або можуть виникнути небезпечні виробничі фактори, не пов'язані з характером виконуваної роботи, відповідальному виконавцю робіт необхідно видати наряд-допуск на виконання робіт підвищеної небезпеки.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт в небезпечних зонах слід здійснювати організаційно-технічні заходи, що передбачені ПВР і забезпечують безпеку працюючих.

До виконання робіт з підвищеною небезпекою (згідно НПАОП 0.00-2.01-05) та робіт, де є потреба у професійному доборі, тобто до виконання робіт в умовах дії небезпечних виробничих факторів, пов'язаних з характером роботи, допускаються особи, що не мають медичних протипоказань, пройшли медичні огляди і визнані придатними до виконання цих робіт, а також пройшли спеціальне навчання безпечним методам і прийомам праці, відповідні

інструктажі з безпеки праці, стажування на робочому місці, перевірку знань з питань безпеки праці.

Особи, що виконують зазначені види робіт, повинні носити сигнальні жилети.

Розрахунки розмірів меж небезпечних зон з урахуванням впливу всіх можливих зовнішніх факторів наводяться у пояснювальній записці до ПВР.

Експлуатація будівель і споруд і їх окремих частин, які знаходяться поблизу будівель, що будуються або реконструюються, допускається при наступних умовах: якщо перекриття верхнього поверху будівель, що експлуатуються не знаходяться в небезпечній зоні поблизу будівлі, що будується (реконструюється), де можливе падіння предметів чи переміщення вантажів вантажопідйомними машинами (небезпечна зона визначається в залежності від висоти можливого падіння предмета до перекриття верхнього поверху будівлі, що експлуатується). При цьому віконні і дверні прорізи будівлі, що експлуатується, чи її окремих частин, що попадають в зону можливого падіння предметів, повинні бути закриті захисними огороженнями, а входи і виходи з будівлі, що експлуатується, повинні бути влаштовані за межами небезпечної зони.

Тимчасовими вважаються небезпечні зони, які виникають на період тривалістю до однієї робочої зміни.

Постійні і тимчасові небезпечні зони повинні бути позначені інвентарними огороженнями, виконаними у відповідності до вимог ДСТУ Б В.2.8-43:2011 та ДСТУ-Н Б А.3.2-16:2015.

Огородження за функціональним призначенням згідно до ДСТУ Б В.2.8-43:2011 підрозділяються на наступні види:

- захисно-охоронні – запобігають доступу сторонніх осіб на територію будівельних майданчиків і забезпечують охорону матеріальних цінностей;
- захисні – запобігають доступу сторонніх осіб на територію будівельних майданчиків і ділянок з небезпечними і шкідливими виробничими факторами;
- сигнальні – попереджують про границі територій і ділянок виконання робіт з небезпечними і шкідливими виробничими факторами (тимчасові небезпечні зони).

За конструктивним рішенням огороження можуть бути панельними, панельно-стійковими і стійковими, а також суцільними чи розрідженими (відстань в просвіті між деталями заповнення полотна панелей в межах 80...100мм). Але слід пам'ятати, що це не стосується захисно-охоронних огорожень, які виконуються тільки суцільними. Крім того, огороження можуть виконуватись з добірними елементами (козирком, тротуаром, поручнями, підкосами) та без них.

Однією із технічних вимог, які висовують до конструкцій огорожень, є необхідність їх виконання збірно-розбірними з уніфікованими елементами, з'єднаннями і деталями кріплень.

Висота захисно-охоронних огорожень (з козирком і без нього) територій будівельних майданчиків повинна бути не менше 2,0 м; захисних з козирком – 2,0 м; захисних огорожень ділянок виконання робіт – 1,2 м; висота стояків сигнальних огорожень – 0,8 м.

Панелі огорожень повинні мати прямокутну форму. Їх довжини

уніфіковані і становлять 1,2; 1,6; 2,0 м. Відстані між стійками сигнальних огорожень не повинні перевищувати 6,0 м.

ДСТУ-Н Б А.3.2-16:2105 встановлює вимоги до запобіжних огорожень, які призначені для запобігання падінню людей з висоти при виконанні різних видів будівельних робіт.

По функціональному призначенню огороження розподіляються на захисні, страхувальні, сигнальні; по місцю встановлення відносно межі робочого місця поблизу перепаду по висоті – на внутрішні і зовнішні; по способам кріплення огороження до елементів будівлі – на опорне і навісне.

Захисні огороження розраховуються на міцність і стійкість до почергового впливу як горизонтального так і вертикального рівномірно розподіленого навантаження 400 Н/м (40 кгс/м), прикладених до поручня. В місцях для перебування не більше 2 чол. допускається приймати в якості нормативного зосереджене навантаження 400 Н (40 кгс), почергово прикладене як горизонтально, так і вертикально в будь-якому місці по довжині поручня.

Страхувальні огороження розраховуються на міцність і стійкість до дії горизонтально зосередженого навантаження не менше 700 Н (70 кгс), прикладеного в будь-якій точці огороження (по висоті) в середині прольоту, а страхувальні зовнішні, крім того, розраховуються на міцність до дії вантажу масою 100 кг, який падає з висоти 1,0 м від рівня робочого місця в середині прольоту.

Як для захисного, так і для страхувального огороження висота огороження повинна бути не менше 1,1 м, сигнальних – від 0,8 до 1,1 м включно. При цьому під терміном «висота огороження» слід розуміти відстань від рівня робочого місця до самої низької точки верхнього горизонтального елемента.

Довжина однієї секції захисного чи страхувального огороження не повинна перевищувати 6,0 м, а сигнального – 12,0 м.

Захисні внутрішні огороження встановлюються без обмеження вказаних відстаней.

В останні роки на будівництві застосовуються сітчасті огороження, що виготовляються із синтетичних сіткополотен. До синтетичних сіткоматеріалів висуваються додаткові вимоги: сіткополотна зберігають в місцях, що виключають їх забруднення, вплив високої температури, попадання на них прямих сонячних променів. Роботи з відкритим вогнем повинні проводитись на відстані від них не менше ніж 15 м.

Експлуатація огорожень із синтетичними матеріалами допускається при температурі навколишнього середовища від –40 до +40 °С.

Сигнальні огороження виконуються у вигляді канату, не розрахованого на навантаження, на якому розміщуються знаки з кроком до 6,0 м.

Поверхні елементів заповнення захисних і страхувальних огорожень фарбуються жовтою сигнальною фарбою. Фарбування огорожень виконується згідно ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd

2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) (с 01.07.2019). Сигнальні огороження тимчасових небезпечних зон повинні складатися із одного горизонтального елемента (каната, мотузки, дерев'яного бруска), закріпленого на стійках з максимальним кроком 6,0 м.

Небезпечні зони на будівництві можуть бути як стабільними, так і рухомими, в залежності від машин і механізмів, що застосовуються, і видів робіт, що виконуються.

Стабільні зони повинні мати огороження висотою 1,0 м, рухомі – переставні огороження чи охоронятись сигнальником в період виконання робіт.

Інвентарні огороження будівельних майданчиків ділянок виконання БМР повинні позначатись знаками безпеки і надписами згідно ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) (с 01.07.2019). Відстань між знаками не повинна перевищувати 30 м.

При виконанні БМР у вказаних небезпечних зонах слід здійснювати організаційно-технічні заходи, що забезпечують безпеку працюючих.

Границі небезпечних зон, в межах яких можливе виникнення небезпеки у зв'язку із падінням предметів з висоти, згідно ДБН А.3.2-2-2009, приведені на рис.4.1 та в табл. 4.1.

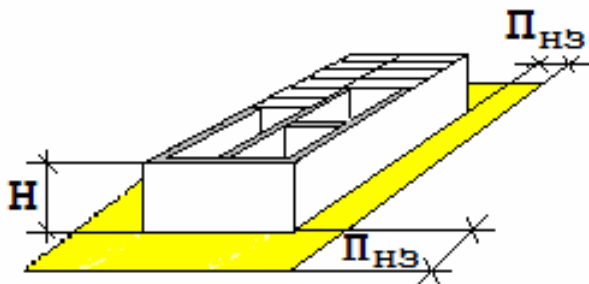


Рис. 4.1. Границі небезпечних зон, в межах яких можливе виникнення небезпеки у зв'язку із падінням предметів з висоти

Таблиця 4.1

Межі небезпечних зон в залежності від висоти падіння предмета (конструкції), м

Висота можливого падіння предмету, м	У місцях, над якими виконується переміщення вантажів кранами (від горизонтальної проекції траєкторії переміщення максимальних габаритів вантажів у випадку його падіння)	Поблизу від будівлі або споруди, що будується (від її зовнішнього периметру)
до 10	від 0 до 4	від 1,5 до 3,5
від 10 до 20	від 4 до 7	від 3,5 до 5
від 20 до 70	від 7 до 10	від 5 до 7
від 70 до 120	від 10 до 15	від 7 до 10
від 120 до 200	від 15 до 20	від 10 до 15
від 200 до 300	від 20 до 25	від 15 до 20
від 300 до 450	від 25 до 30	від 20 до 25

Знаходження в небезпечних зонах людей, які не приймають участь у виконанні будівельних робіт, не допускається.

Границі небезпечних зон (рис.4.2), в межах яких можливе ураження електричним струмом визначаються згідно ДБН А.3.2-2-2009 і приведені в табл. 4.2.

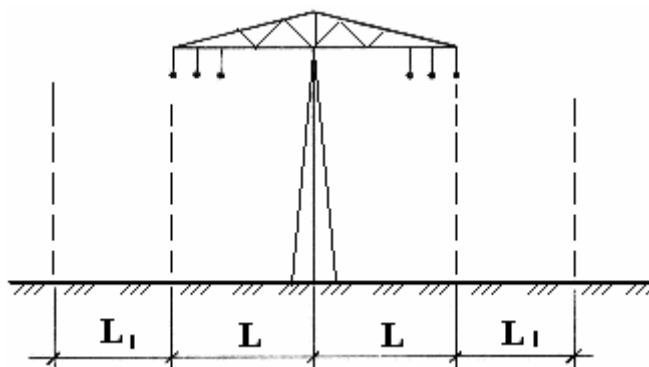


Рис. 4.2. Схема визначення розміру охоронних зон
(L – відстань від осі опори ЛЕП до осі крайнього проводу;
 L_1 – відстань від осі крайнього проводу до границі охоронної зони)

Таблиця 4.2

Межі небезпечних зон в межах, де існує небезпека ураження електричним струмом

Відстань від неогороджених неізолюваних частин електроустановки (електроустаткування, кабелю і дроту) або від вертикальної площини, що утворюється проекцією на землю найближчого дроту повітряної лінії електропередачі, що знаходиться під напругою, м

Напруга, кВ	Відстань, м
до 1	1,5
від 1 до 20	2
від 35 до 110	4
від 150 до 220	5
330	6
від 550 до 750	9
800 постійного струму	9

Площа, що визначена даними границями, називається **охоронною зоною**.

Встановлення і робота стрілових кранів на відстані ближче 30 м від крайнього проводу лінії електропередачі чи повітряної електромережі напругою понад 36 В може проводитись тільки по наряду-допуску, який визначає безпечні умови такої роботи.

Перед початком роботи будівельних машин (стрілових вантажопідійомних кранів, екскаваторів і т.п.) в охоронній зоні повітряної лінії електропередачі (ЛЕП) повинно забезпечуватись зняття напруги з повітряної ЛЕП.

Охоронною зоною (L_1) вздовж повітряних ЛЕП (ДБН В.2.5-16-99) є ділянка землі і простору, яка знаходиться між вертикальними площинами, що проходять через паралельні прямі, котрі віддалені від крайніх проводів (при не відключеному їх положенні) на деяку відстань, в залежності від напруги, що проходить по ЛЕП (рис. 4.2).

Будівельно-монтажні роботи в охоронній зоні діючої повітряної ЛЕП слід виконувати під безпосереднім керівництвом інженерно-технічного працівника, який відповідає за безпеку виконання робіт, при наявності письмового дозволу організації – власника лінії і наряду-допуску, що визначає безпечні умови робіт

і який видається у відповідності до ДБН А.3.2-2-2009 (Додаток И).

При обґрунтованій неможливості зняття напруги з повітряної ЛЕП роботу будівельних машин в охоронній зоні ЛЕП дозволяється проводити із дотриманням вказаних правил виконання БМР і наступних положень.

Охоронна зона прокладених в ґрунті електрокабелів (рис.4.3) – поверхня ґрунту, обмежена двома паралельними прямими, розташованими по обидва боки від крайніх кабелів на відстані 1,0 м. Якщо кабель прокладено під тротуаром, габарити охоронної зони будуть обмежені 0,6 м в сторону будівель і споруд і 1,0 м – в сторону проїзної частини вулиці (дороги).

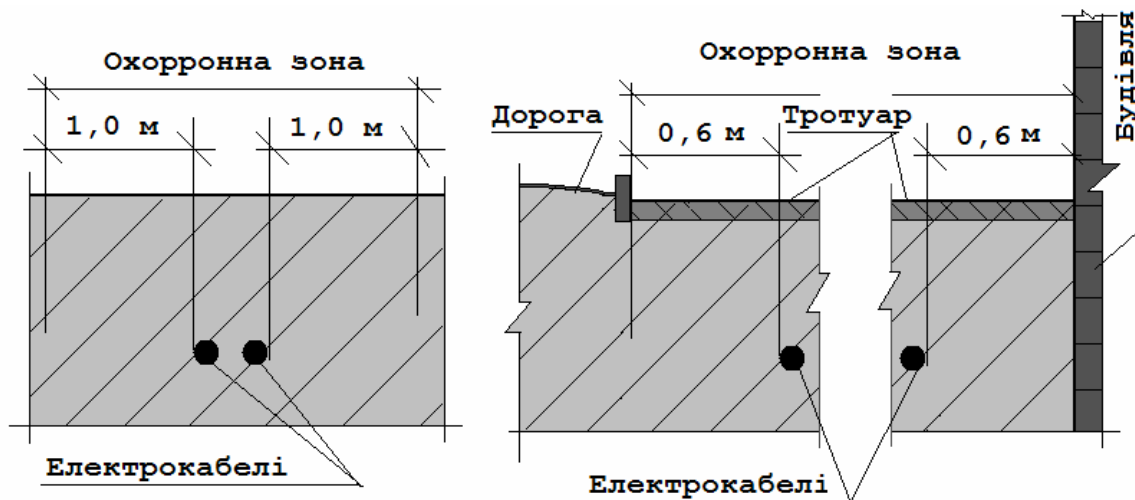


Рис. 4.3. Охоронна зона прокладених в ґрунті електрокабелів

Таблиця 4.3

Границі охоронних зон вздовж повітряних ЛЕП	
Для лінії напругою, кВ	Відстань L_1 , м
до 1	2
від 1 до 20 включно	10
35	15
110	20
150	25
220	25
330	30
400	30
500	30
750	40
800 (постійного струму)	30

Відстань від підйомної частини чи частини будівельної машини, що видвигається, в будь-якому її положенні до вертикальної площини, яка утворюється проекцією на землю найнижчого проводу і знаходиться під напругою повітряної ЛЕП, визначається за табл. 4.2.

Машиніст вантажопідйомної машини повинен мати кваліфікаційну групу по безпеці праці не нижче другої.

Корпуси вантажопідйомних машин, за виключенням машин на гусеничному ході, повинні бути заземлені переносним заземлюванням.

Значення граничнодопустимих концентрацій шкідливих речовин в повітрі робочої зони встановлені ГОСТ 12.1.005-88. Перевищення їх створює небезпеку для людини і визначає границі небезпечної зони.

Поблизу рухомих частин і робочих органів машин границі небезпечних зон визначаються відстанню до 5,0 м, якщо інші підвищені вимоги відсутні в паспорті машини чи інструкції заводу-виробника.

Для запобігання доступу сторонніх осіб будівельний майданчик в населених пунктах чи на території діючих підприємств повинен мати огороження, конструкція якого повинна задовольняти вимогам ДСТУ-Н Б А.3.2-16:2015.

Огороження, які примикають до місць проходу людей, обладнуються суцільним захисним козирком.

Біля в'їзду на будівельний майданчик встановлюється схема руху транспортних засобів, а на узбіччі доріг і проїздів – добре видимі дорожні знаки.

Швидкість руху автотранспорту поблизу місць виконання робіт не повинна перевищувати 10 км/год на прямих ділянках і 5 км/год – на поворотах.

В місцях перетину на будівельному майданчику автомобільних доріг з рейковими коліями влаштовують суцільні настили (переїзди) з контррейками, укладеними в рівень з головками рейок.

Переїзди обладнують світловою сигналізацією і шлагбаумами.

Входи у будівлі (споруди), що будуються, обладнують, як правило, зі сторони, протилежній розміщенню баштових кранів, в окремих випадках – з їх торців. Входи захищають зверху суцільним навісом шириною не менше ширини входу з вильотом на відстань не менше розміру небезпечної зони.

Ширина проходів до робочих місць і на робочих місцях повинна бути у просвіті не менше 0,6 м, а висота – не менше 1,8 м.

Для підйому і спуску працівників на робочі місця, розташовані на висоті (глибині) 25 м і більше, слід застосовувати пасажирські або вантажопасажирські підйомники (ліфти).

Драбини чи скоби, що використовуються для підйому чи спуску робітників на робочі місця, розташовані на висоті (глибині) більше 5,0 м, повинні бути обладнані пристроями для закріплення запобіжного поясу (канату з вловлювачами та ін.).

Переносні драбини перед експлуатацією випробовують статичним навантаженням 120 кг, прикладеним до сходинки, розташованої по середині прольоту драбини, яка знаходиться в експлуатаційному стані. Дерев'яні драбини випробовують кожні півроку, металеві – один раз на рік.

Між штабелями (стелажами) на складах передбачають проходи шириною не менше 1,0 м і проїзди, ширина яких визначається габаритами транспортних засобів і навантажувально-розвантажувальних механізмів, що обслуговують склад, плюс 1,0 м.

Переміщення, встановлення і робота машин поблизу виїмок (котлованів, траншей, канав і т.п.) з незакріпленими укосами дозволяється тільки за межами призми обвалення ґрунту на відстані, встановленої проектом виконання робіт

(ПВР). При відсутності відповідних вказівок в ПВР допустиму відстань по горизонталі від основи укосу виїмки до найближчих опор машин (рис.4.4 і 4.5) слід приймати згідно табл.4.4 (НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання, Дод. 1).

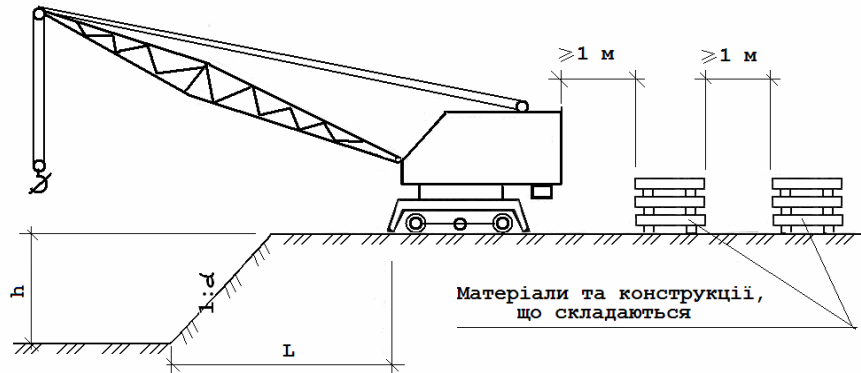


Рис. 4.4. Схема визначення відстані до опори машини

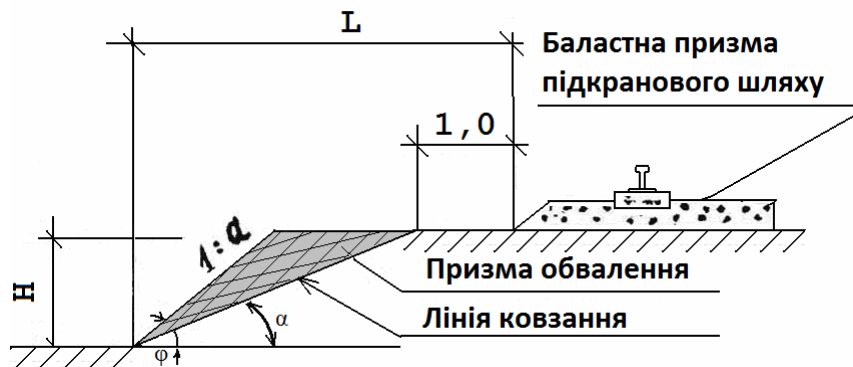


Рис. 4.5. Схема визначення відстані до баластної призми підкранового шляху

Таблиця 4.4

Найменша допустима відстань від основи укосу котловану (канави) до найближчих опор вантажопідіймального крана, мобільного підйомника

Глибина котловану (канави), м	Відстань від основи укосу до найближчої опори* для ненасипного ґрунту, м				
	піщаного і гравійного	супіщаного	сумлінного	глинистого	лесового сухого
1	1,5	1,25	1,0	1,0	1,0
2	3,0	2,4	2,0	1,5	2,0
3	4,0	3,6	3,25	1,75	2,5
4	5,0	4,4	4,0	3,0	3,0
5	6,0	5,3	4,75	3,5	3,5

Примітка: * Найближча опора – край виносної опори самохідного стрілового крана, мобільного підйомника або край основи укосу баластної призми вантажопідіймального крана, що переміщується крановими коліями.

При глибині виїмки більше 5 м в складних гідрогеологічних умовах вирішення питання про встановлення машини повинно мати інженерне обґрунтування, яке спирається на визначення поверхні ковзання і призми обвалення в конкретних умовах (вони визначаються по методиці рівностійкого укосу).

При глибині виїмки до 5,0 м мінімальна допустима відстань від верхньої будови колії, опори крану, гусениці, колеса до основи незакріпленого укосу може бути визначена за наближеною формулою:

$$l = 1,2 \cdot a \cdot h + 1$$

де: a – коефіцієнт закладання укосу (приймається за даними НПАОП 0.00-1.80-18);
 h – глибина виїмки, м.

Якщо розглядаються результати визначення відстані від верхньої будови колії до основи укосу виїмки по табл.4.4 і наближеній формулі, то приймається більше значення.

При вирішенні задачі розміщення найближчих до виїмки опор вантажопідйомних чи інших машин намагаються знайти таке положення опор, яке було б поза призмою обвалення, що визначається кутом внутрішнього тертя (рис.4.5). Тому в табл. 4.4 дана відстань по горизонталі від основи укосу виїмки (a не від верхньої бровки укосу, положення якої визначається кутом укосу, до найближчої опори машини).

При улаштуванні рейкового шляху баштового крану поблизу виїмки з незакріпленими укосами відстань від основи укосу до баластної призми підкранового шляху може бути визначена із співвідношення:

$$l = 1,5h + 0,4 \text{ (м)} - \text{для піщаних і супесчаних ґрунтів};$$

$$l = h + 0,4 \text{ (м)} - \text{для глинистих ґрунтів}.$$

4.3.1. Встановлення кранів на будівельно-монтажних майданчиках

Предметом особливої уваги, з точки зору забезпечення безпечних умов праці на будівельних майданчиках, є вантажопідймальні крани, тому що вони, з однієї сторони, багато в чому визначають «обличчя» будівництва, а з іншої – являють собою потенційне джерело небезпеки.

Одним з ключових моментів являється правильне встановлення машин на будівельних майданчиках відносно виїмок, матеріалів і конструкцій, що складуються, будівель і споруд, що будуються, а також взаємне розміщення декількох кранів у випадку необхідності одночасної їх експлуатації при спорудженні одного об'єкту.

Діючими нормами і правилами встановлено, що відстань по горизонталі між елементами будівель і споруд, що будуються, конструкціями і матеріалами, що складуються, і частинами кранів повинна бути не менше 700 мм при висоті від рівня землі до 2 м і не менше 400 мм при висотах більше 2 м.

Для баштових кранів небезпечною є зона переміщення вантажів (п. 7.1.6 ДБН А.3.2-2-2009).

Для кранів з поворотною баштою і числом проміжних секцій більше двох відстань по горизонталі на всіх рівнях приймається не менше 800 мм у зв'язку з можливим відхиленням від вертикалі башти і стрілового поліспасти.

Відстань по вертикалі від консолі противаги чи самої противаги у випадку його розміщення під консоллю до майданчиків, на яких можуть

знаходяться люди, повинна бути не менше 2 м, а до майданчиків, можливість появи людей на яких виключена – не менше 0,5 м; відстань від стріли самохідного крана до елементів будівель і споруд – не менше 1 м (рис. 4.6 – рис. 4.9).

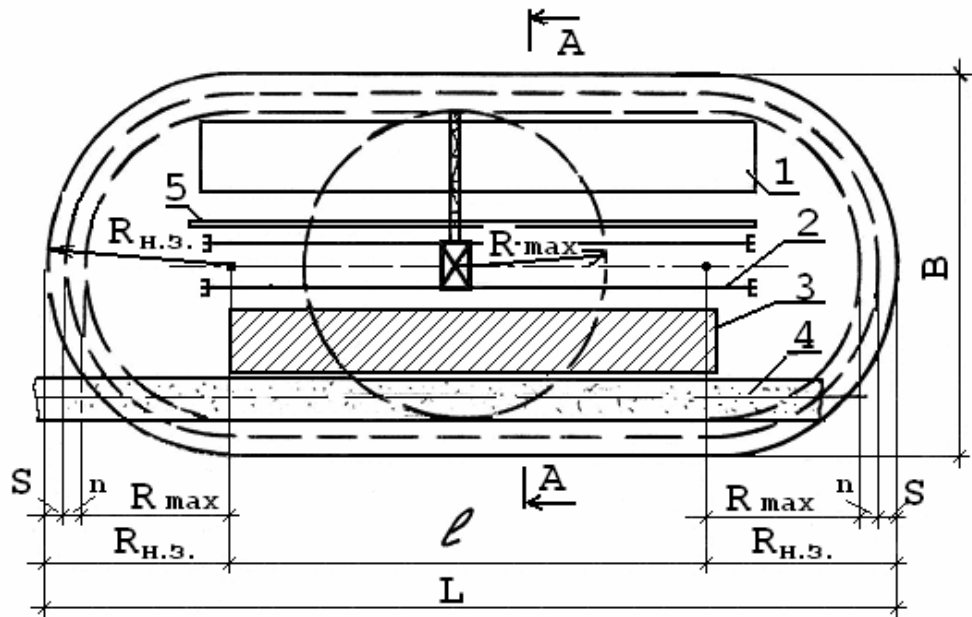


Рис. 4.6. Габарити небезпечної зони в плані при роботі баштового крана (1 – об'єкт, що будується; 2 – підкрановий шлях; 3 – майданчик для складування; 4 – автомобільна дорога; 5 – огороження підкранового шляху БК)

Небезпечні та монтажні зони при роботі стрілових кранів на будгенпланах визначаються відносно однієї стоянки. При цьому визначаються в монтажній зоні шляхи автотранспорту, місця складування елементів конструкцій і інших матеріалів, що передбачені для використання під час виконання робіт краном з цієї стоянки.

Відстань між рухомими частинами стрілового самохідного крана, між вантажами, що переміщуються і змонтованими елементами будівель, споруд, обладнання повинно бути по горизонталі також не менше 1 м. Відстань від рухомих частин крана до будь-яких предметів, які знаходяться на будівельному майданчику, по вертикалі повинна бути не менше 0,5 м, між вантажами, що переміщуються і елементами конструкцій будівель чи обладнання – 1,0 м.

Габарити небезпечної зони в плані:

$$\text{довжина } L = 2R_{\text{неб.з.}} + l; \text{ ширина } B = 2R_{\text{неб.з.}} = 2(R_{\text{max}} + n + S);$$

де: $R_{\text{неб.з.}}$ – радіус небезпечної зони;

l – відстань між крайніми стоянками крана;

R_{max} – радіус максимального вильоту крюка;

n – максимальний габарит вантажу від крюка;

S – відстань по табл.1 ДБН А.3.2-2 -2009 в залежності від висоти падіння вантажу.

$l_{\text{стр.}} + C$ – виліт стріли;

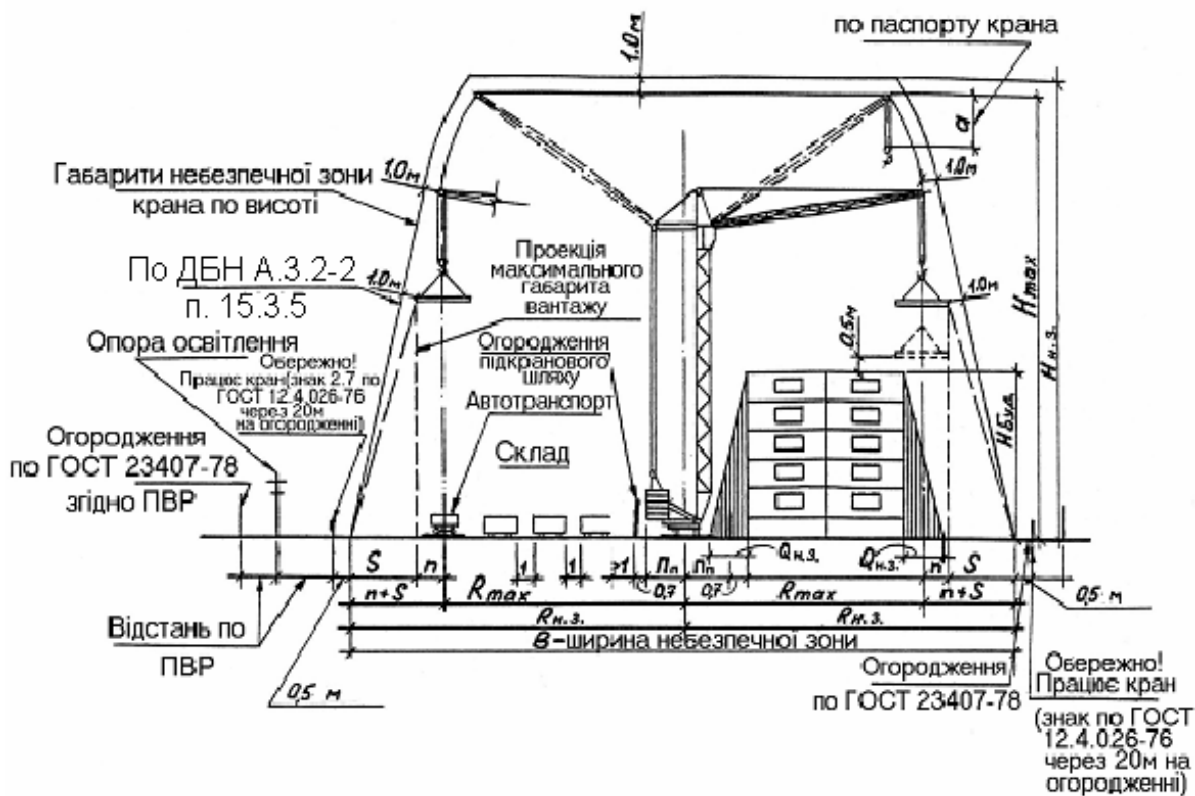


Рис. 4.7. Габарити небезпечних зон при роботі баштового крана (розріз А-А) ($R_{неб.з.}$ – радіус небезпечної зони; $H_{неб.з.}$ – висота небезпечної зони; n – максимальний габарит вантажу; $Q_{неб.з.}$ – розмір небезпечної зони будівлі, що споруджується (приймається по табл.1 ДБН А.3.2-2-2009); $П_n$ – габарит противаги крана; $H_{буд.}$ – висота будівлі; H_{max} – максимальна висота підйому стріли; a – мінімальна відстань від крюка до верху блока; 1,0 – ДБН А.3.2-2-2009 п. 15.3.5; 0,5 – мінімальна відстань переміщення вантажу над конструкціями, обладнанням і т.ін. (ДБН А.3.2-2-2009 п. 15.3.5); 0,7 – відстань від виступаючих частин крана до огороження підкранового шляху або конструкцій будівлі (при висоті до 2,0 м та 0,4 м - при висоті більше 2,0 м)

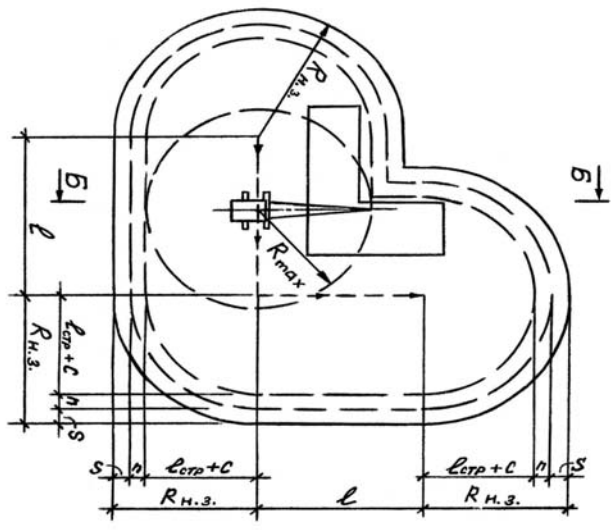
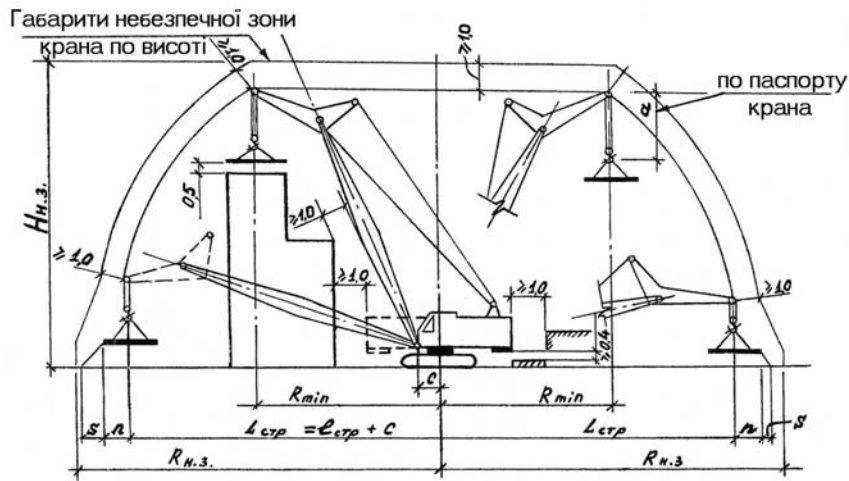


Рис. 4.8. Потенційні габарити небезпечної зони при роботі стрілового (гусеничного, пневмоколісного, автомобільного) крана (по Б-Б див. рис.4.7) $l_{стр.} + C$ – виліт стріли;



C

Рис. 4.9. Небезпечна зона при роботі стрілових кранів (розріз по Б-Б)

Одновременна робота декількох баштових кранів на одному підкрановому шляху дозволяється у таких випадках:

- встановлення обмежувачів пересування кранів, які дозволяють забезпечувати їх зупинку на відстані не менше 5 м між вантажами, що переміщуються, чи елементами конструкцій кранів;
- розбивання протяжних будівель чи споруд на захватки таким чином, щоб протягом однієї зміни суміжні зони роботи були б розділені однією із захваток, при цьому відстань між елементами, що монтуються, чи вантажами, що переміщуються, повинна бути більше 5 м.

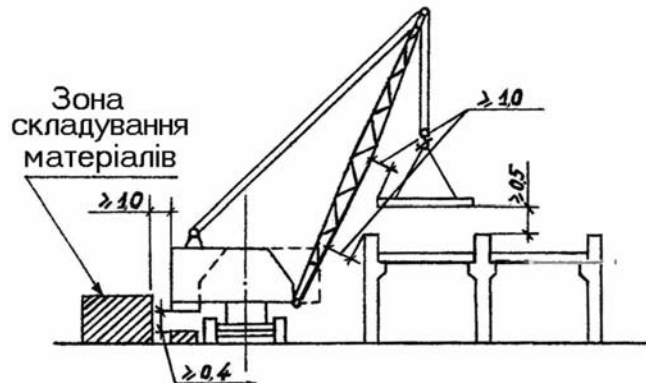


Рис. 4.10. Схема розміщення стрілового крана відносно зони складування і конструкцій, що монтуються

Якщо монтаж будівель чи споруд виконується кранами, розміщеними з протилежних сторін, то при цьому виникає небезпека зіткнення вантажів що транспортуються, або стріл кранів (рис. 4.11 – рис. 4.13). Для запобігання зіткнень передбачають:

- обмеження вильотів стріл кранів і їх кутів повороту;
- одночасне обмеження вильотів і кутів поворотів стріл кранів;
- роботу кранів на різних захватках (ділянках).

Ці ж рішення використовують при розміщенні кранів на майданчику між двома паралельно розміщеними будівлями чи спорудами, що будуються (реконструюються).

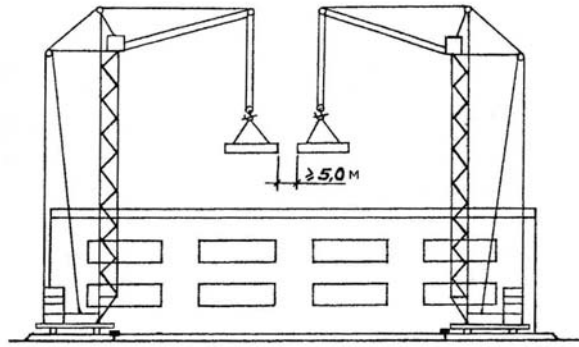


Рис. 4.11. Схема роботи баштових кранів на одному підкрановому шляху

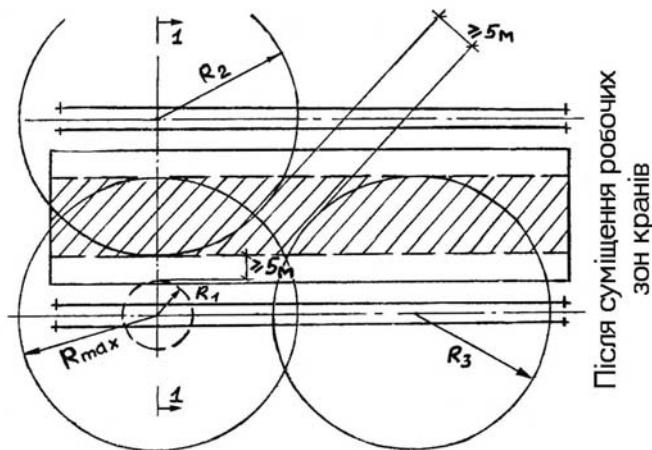


Рис. 4.12. Схема розміщення баштових кранів в плані при роботі на різних підкранових шляхах

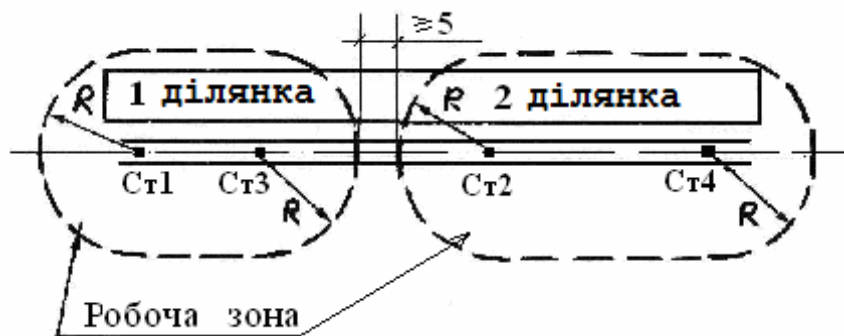


Рис. 4.13. Схема організації роботи баштових кранів на суміжних ділянках

Підйом і переміщення вантажу одночасно декількома кранами (рис. 4.14 і рис. 4.15) допускається лише в окремих випадках.

Якщо для цього використовуються стрілові крани, то робота повинна виконуватись у відповідності із розробленим спеціалізованою організацією проекту виконання робіт чи технологічною картою, в яких приводяться схеми стропування і переміщення вантажу, послідовність виконання операцій, вимоги до стану шляхів руху та інші матеріали і вказівки по забезпеченню безпечного підйому і переміщення вантажу.

При підйомі і переміщенні вантажу декількома кранами (рис. 4.16 і рис. 4.17) схема їх завантаження повинна бути такою, щоб у будь-якій момент проведення цих операцій навантаження, що приходить на кожен із кранів, не

перевищувало його вантажопідйомності. Роботи в цьому випадку повинні виконуватись під безпосереднім керівництвом особи, відповідальної за безпечне переміщення вантажів кранами, чи спеціально призначеного інженерно-технічного робітника. Машиністи і сигнальник повинні знаходитись в зоні прямої видимості. Якщо це здійснити неможливо, встановлюється двосторонній радіо- чи телефонний зв'язок. Використання проміжних сигнальників не допускається.

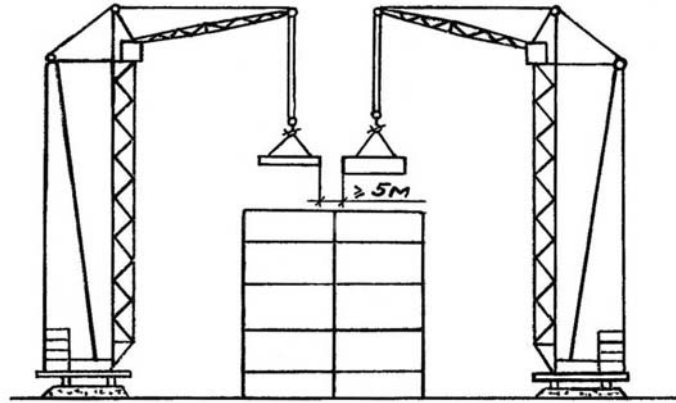


Рис. 4.14. Схема одночасного монтажу конструкцій будівлі двома баштовими кранами (розріз 1-1 до рис. 4.10)

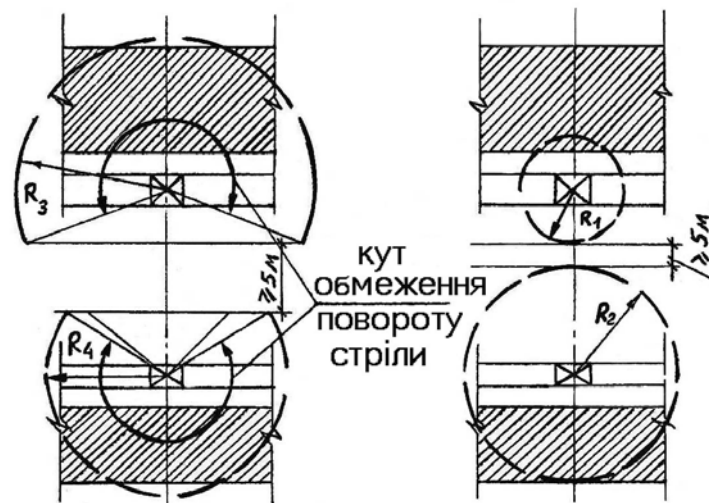


Рис. 4.15. Схема обмежень при спільній роботі декількох баштових кранів

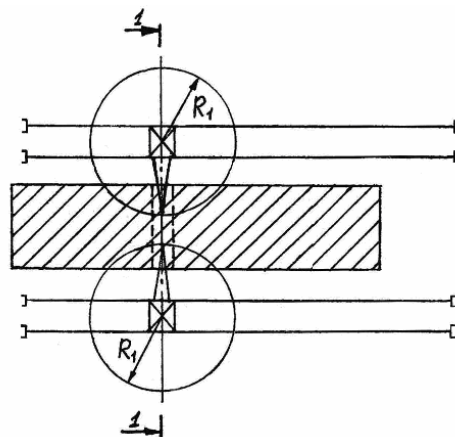


Рис. 4.16. Схема розміщення в плані баштових кранів при монтажі ними одного елемента покриття

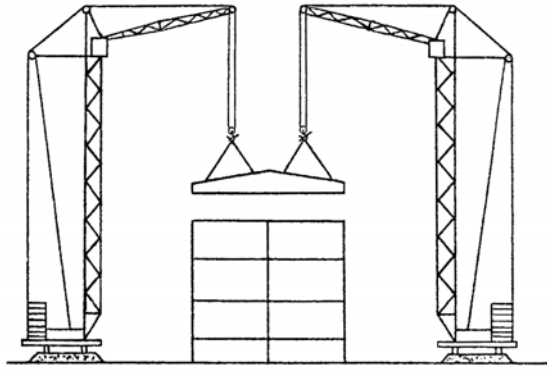


Рис. 4.17. Схема спільного монтажу елемента покриття двома кранами (розріз 1-1 до рис. 4.16)

Викладені вище обмеження діють і у випадках одночасної роботи на будівельному майданчику баштових і самохідних стрілових кранів.

4.3.2. Визначення розмірів небезпечних зон при роботі кранів, підйомників та інших будівельних машин

Небезпечною зоною при роботі вантажопідйомної машини вважається простір, в якому можуть перемішуватись машини і вантажі, із урахуванням максимально можливого відльоту останніх у випадку їх падіння.

Отже, розміри небезпечної зони залежать від технічних характеристик крана (виліт крюка, висота підйому крана), розмірів конфігурації шляхів його переміщення, від габаритів вантажів, що переміщуються.

У випадку встановлення кранів в прольотах цехів під перекриттям визначається небезпечна зона по висоті.

Для баштового крана довжина небезпечної зони в плані (див. рис. 4.6 і рис. 4.7):

$$L = 2R_{\text{неб.з.}} + l, \text{ (м)} \quad (4.1)$$

де $R_{\text{неб.з.}}$ – радіус небезпечної зони;

l - відстань між крайніми стоянками крану.

Ширина небезпечної зони в плані:

$$B = 2 R_{\text{неб.з.}} \quad (4.2)$$

В свою чергу $R_{\text{неб.з.}}$ залежить від максимального вильоту крюка $L_{\text{стр}}^{\text{max}}$, габариту виступаючої за межі вісі підвісу частини конструкції n і дальності відльоту предметів, конструкцій, вантажів при можливому їх падінні S , яка приймається по табл.1 в залежності від висоти падіння вантажу:

$$R_{\text{неб.з.}} = L_{\text{стр}}^{\text{max}} + n + S \quad (4.3)$$

Для стрілових кранів (автомобільних, гусеничних, колісних) розмір небезпечної зони визначається в залежності від довжини стріли, вильоту крюка, висоти підйому (падіння) вантажу, максимальних габаритів конструкцій, що

піднімаються (див. рис. 4.6 і рис. 4.7), тобто для них справедливі формули (4.2), (4.3).

Але слід пам'ятати, що можливе і падіння стріли. В даному випадку небезпечна зона буде визначатись сумою довжини стріли $L_{стр}$ і відстанню від вісі обертання крана до вісі шворня стріли C , що приймається по паспорту крана, збільшеним на 5 м, чи на максимальний габарит виступаючої за межі вісі підвісу частини конструкції:

$$R_{неб.з.} = L_{стр.} + 5,0 = l_{стр.} + C + 5,0 \quad (4.4)$$

або:

$$R_{неб.з.} = L_{стр.} + n = l_{стр.} + C + n \quad (4.5)$$

Таким чином, для стрілових самохідних кранів небезпечною зоною вважається площа кола, що описується радіусом $R_{неб.з.}$.

При роботі вантажного (вантажопасажирського) підйомника також існує небезпечна зона – площа, в межах якої можливе падіння вантажів, що піднімаються.

Розміри зони в плані обмежуються конструктивними розмірами підйомника $S_{під.}$ і страхувальною площею $S_{стр.}$ (рис. 4.18), габарити яких залежать від висоти підйому вантажу і визначається із умови:

$$L_{від} = \frac{H}{4}, \quad (4.6)$$

де $L_{від}$ – величина відльоту вантажу при його падінні з висоти H . Але в будь якому випадку розмір повинен бути не менше 3,5 м.

Таким чином, розмір небезпечної зони при роботі підйомника дорівнює сумі площ вантажонесучого органа і страхувальної площі:

$$S_{неб.з.}^{під} = S_{під.} + S_{стр.} \quad (4.7)$$

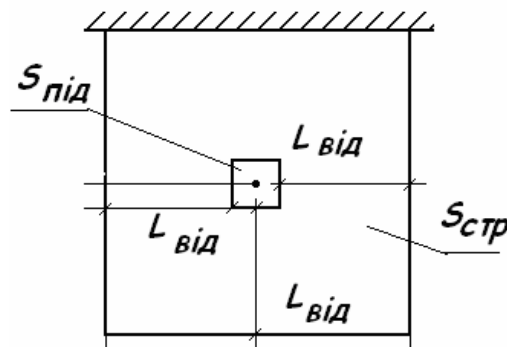


Рис. 4.18. Схема визначення небезпечної зони вантажного підйомника

Із збільшенням висоти підйому вантажів пропорційно збільшується і страхувальна площа, а відповідно і розмір небезпечної зони.

Габарити небезпечної зони крана по висоті показані на рис. 4.5. Вони необхідні при проектуванні встановлення кранів поблизу існуючих будівель і споруд, а також в прольотах цехів і під перекриттями.

Небезпечні зони виникають і при розробці ґрунту. В даному випадку *небезпечною зоною слід вважати:*

- при роботі екскаваторів – границі їх дій із врахуванням розмірів призми обвалення;
- при ритті глибоких траншей і котлованів – границі призми обвалення ґрунту;
- для тимчасових і постійних енергетичних мереж – простір, в межах якого можливе торкання проводів з конструкціями машин, механізмів і їх робочими органами;
- для високовольтних ліній електропередачі – охоронна зона, границі якої приймаються згідно до ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпека. Загальні вимоги (ГОСТ 12.1.013-78, MOD), а також ДБН А.2.3-2-2009, табл. Д.2;
- при виконанні вибухових робіт – площа, обмежена радіусом дії повітряної хвилі.

Небезпечна зона при розробці ґрунту екскаватором з прямою лопатою (рис. 4.19). Величина її визначається габаритами фронту роботи машини, збільшеним на 1,0 м по формулі, м:

$$R_{\text{неб.з.}} = r_{\text{max}} + b, \quad (4.8)$$

де: r_{max} – найбільший радіус копання (приймається по паспорту машини);

b – відстань від верхньої границі забою до границі призми обвалення ґрунту, збільшеної на 1,0 м.

Для екскаваторів інших типів розмір небезпечної зони визначають по формулі, м:

$$R_{\text{неб.з.}} = l_{\text{стр.}} + 5,0, \quad (4.9)$$

де $l_{\text{стр.}}$ – довжина вильоту стріли екскаватора.

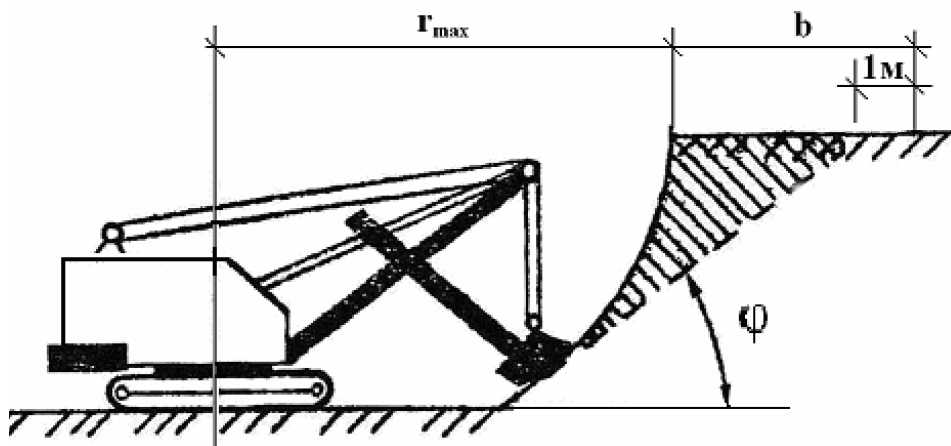


Рис. 4.19. Розміри небезпечної зони при розробці ґрунту екскаватором з прямою лопатою

Обвалення ґрунту при виконанні земляних робіт по риттю траншей і котлованів можливе у випадку його пересування, виникнення додаткових навантажень, впливу вібрацій, розробки підкопом, відсутності кріплень укосів там, де вони необхідні і т.д. Риття котлованів і траншей з вертикальними стінками без кріплень в нескельних і не мерзлих ґрунтах вище рівня ґрунтових вод і при відсутності поблизу підземних споруд згідно ДБН А.3.2-2-2009 допускається на глибину не більше 1,0 м – в насипних, піщаних і великоуламкових ґрунтах; 1,5 м – в суглинкових і глинах.

Риття котлованів і траншей з укосами без кріплень в нескельних ґрунтах вище рівня ґрунтових вод (з урахуванням капілярного підняття) чи у ґрунтах, осушених з допомогою штучного водопониження, допускається при глибині виїмки і крутості укосів згідно табл. 4.5.

При напластуванні різних видів ґрунту крутість укосів визначають по найбільш слабкому виду ґрунтів.

Крутість укосів виїмок глибиною більше 5,0 м в усіх випадках і глибиною менше 5,0 м при складних гідрологічних умовах і видах ґрунтів, не передбачених таблицею, встановлюється у відповідності із спеціально розробленим проектом.

Таблиця 4.5

Нормативна крутість укосу

Види ґрунтів	Крутість укосу (відношення його висоти до закладання) при глибині виїмки, м, не більше / Найбільша крутість укосу (град.)		
	1,5	3,0	5,0
насипні неуцільнені	1:0,67 / 56	1:1 / 45	1:1,25 / 38
піщані і гравійні	1:0,5 / 63	1:1 / 45	1:1 / 45
супсь	1:0,25 / 76	1:0,67 / 56	1:0,85 / 48
суглинок	1:0 / 90	1:0,5 / 63	1:0,75 / 53
глина	1:0 / 90	1:0,25 / 76	1:0,5 / 63
леси і лесоподібні	1:0 / 90	1:0,5 / 63	1:0,5 / 63

Примітки: 1. При нашаруванні різних видів ґрунту крутість укосів призначають за найменш стійким видом стосовно обвалення укосу.

2. До не злежаних насипних відносяться ґрунти з давниною відсипання до двох років для піщаних, до п'ятьох років для пілувато-глинистих ґрунтів.

4.3.3. Визначення небезпечних зон під час розробки мерзлих та скельних ґрунтів, руйнуванні будівель і споруд

Розробка мерзлих ґрунтів, руйнування будівель і споруд пов'язані з виникненням небезпечних зон. Виконання цих робіт здійснюється наступними методами:

- ударним обладнанням (клин-баба, шар-баба, дизель-молот та ін.);
- за допомогою вибухівки (накладними та заглибленими зарядами).

4.3.3.1. Розробка мерзлого та скельного ґрунту ударним навантаженням

При руйнуванні мерзлих ґрунтів наведеними вище методами для

запобігання травмування робітників шматками ґрунту, що розлітається, забороняється їх знаходження в радіусі до 5,0 м при розробці ґрунтів з використанням ударного обладнання і 50 м при використанні вибухівки.

Розглянемо умови розробки мерзлих ґрунтів з використанням ударного обладнання.

При використанні цього методу слід ураховувати, що на дальність і траєкторію відльоту шматків ґрунту великий вплив має геометрична форма робочого органу машини.

Максимальна дальність розльоту шматків мерзлого ґрунту вагою до 1 кг розраховується за формулою:

$$L_{\max} = \frac{V_o^2 \cdot \sin(2 \cdot K \cdot \alpha_{\min} + 2 \cdot \beta)}{g} \quad (4.10)$$

де: V_o - максимальна швидкість відльоту уламків, ($V_o^2 = 10 \dots 18$ м/с);

K - експериментальний коефіцієнт ($K = 0,63$);

α_{\min} - кут прикладання робочого органу ($\alpha_{\min} = 65 \dots 90^\circ$);

β - експериментальний коефіцієнт ($\beta = 72^\circ$);

g - прискорення вільного падіння ($g = 9,8$ м/с²).

Максимальну висоту розльоту шматків мерзлого ґрунту H_{\max} при початковому куті розльоту шматків ґрунту, що дорівнює:

$$\alpha_1 = K_\alpha + \beta \quad (4.11)$$

можна визначити за формулою:

$$H_{\max} = \frac{V_o^2 \cdot \text{tg}^2 \alpha_1}{2 \cdot g} \quad (4.12)$$

Схема розробки ґрунту ударним навантаженням наведена на рис. 4.20.

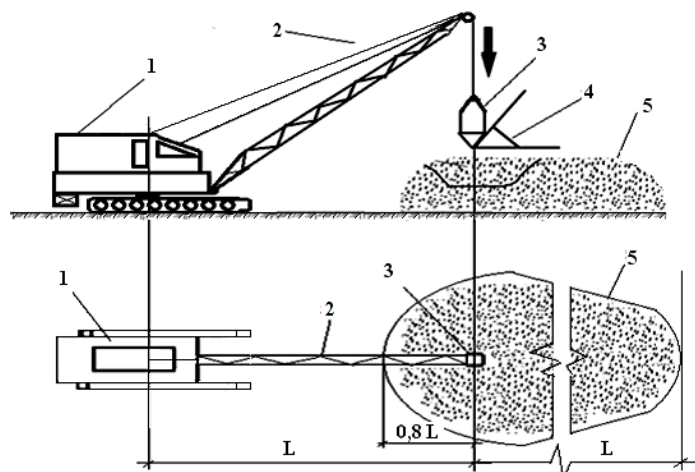


Рис. 4.20. Схема розробки ґрунту ударним обладнанням (за допомогою клин-баби)
 (1 – екскаватор; 2 – стріла екскаватора; 3 – робочий орган – клин-баба;
 4 – кут робочого органу, 5 – масив ґрунту, L – довжина вильоту стріли)

Небезпечна зона при розробці ґрунту механічним способом-ударним навантаженням повинна бути огорожена. Якщо за умовами роботи обмежити

небезпечну зону неможливо, для запобігання розльоту шматків ґрунту встановлюють захисні сітки, висота яких, а також їх віддалення від місця виконання робіт, можуть бути прийняті відповідно до табл. 4.6.

Таблиця 4.6

Висота захисних сіток при розробці ґрунту механічним способом

Відстань від місця падіння робочого органу до розташування захисних сіток, м	Висота захисних сіток, м, при падінні робочого органу під кутом, град.		
	80	70	65
4	1,0	1,5	1,8
6	1,0	2,0	2,5
8	1,5	3,0	3,5
10	1,8	3,2	4,0
12	1,4	3,4	4,0
14	1,0	2,8	3,8
16	1,0	2,5	3,5

4.3.3.2. Розробка мерзлих та скельних ґрунтів за допомогою вибухівки

При використанні вибухівки для розроблення мерзлих і скельних ґрунтів застосовують накладні і заглиблені заряди (малого або глибокого закладання).

Вибухові роботи повинні виконуватись згідно до вимог НПАОП 0.00-1.66-13. Правила безпеки при поводженні з вибуховими матеріалами промислового призначення.

На рис. 4.21 та рис. 4.22 наведені схеми розміщення вибухових зарядів при розробці мерзлих і скельних ґрунтів.

Безпечні відстані при розпушенні ґрунту за допомогою вибухівки визначаються згідно табл.4.7.

Таблиця 4.7

Межі небезпечних зон при рихленні ґрунту за допомогою вибухівки

Види робіт		Мінімальний радіус небезпечної зони, м
вибухові роботи способами:	зовнішніх зарядів (10 кг)	300
	шпурових	200
	рукавів	200
	рукавів на косогорах в напрямку вниз по схилу	300
	свердловинних	200 по проекту
	подрібнення габаритних кусків	400

4.3.3.3. Розробка ґрунту накладними зарядами

Розміри небезпечних зон при розпушенні ґрунтів за накладними зарядами встановлюються в залежності від кількості вибухової речовини, що підривається одночасно (згідно табл. 4.8).

При виконанні вибухових робіт радіус небезпечної зони визначається розльотом шматків ґрунту під впливом повітряної ударної хвилі. Її розмір розраховується за формулою:

$$R_6 = 10 \cdot \sqrt{g}, \quad (4.13)$$

де: R_6 – безпечна відстань до об'єкту, що руйнується (м);
 g – маса заряду вибухівки (кг).

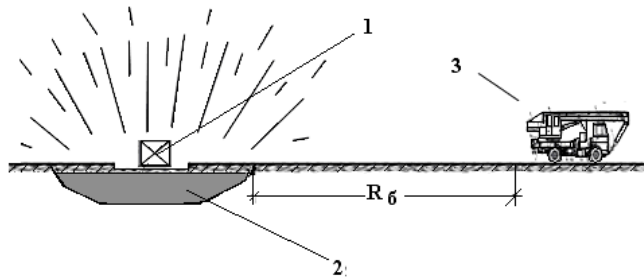


Рис. 4.21. Розробка мерзлих і скельних ґрунтів накладними зарядами з використанням вибухівки (1 - заряд вибухівки; 2-область розробки ґрунту; 3-будівельна техніка; R_6 - безпечна відстань)

Таблиця 4.8

Розміри небезпечних зон при розпушенні ґрунтів накладними зарядами

Маса вибухової речовини, що підривається одночасно, кг	1	2	5	10	20	50	100
Радіус зони можливого руйнування повітряною ударною хвилею, м	30	45	70	100	145	215	300

4.3.3.4. Розробка ґрунту заглибленими зарядами

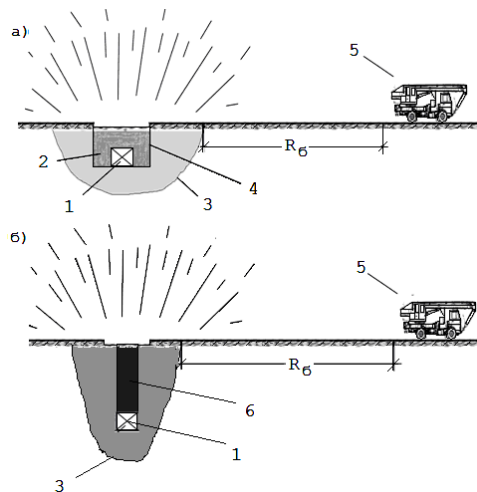


Рис. 4.22. Розробка мерзлих і скельних ґрунтів з використанням вибухівки: а - заглибленими зарядами малого закладання; б - заглибленими зарядами глибокого закладання (буровибуховий спосіб) (1 – заряд вибухівки; 2 – забивка (волога тирса, пісок); 3 – область розробки ґрунту; 4 – шурф; 5 – будівельна техніка; б – свердловина для закладання вибухівки; R_6 – безпечна відстань)

Розробка ґрунту заглибленими зарядами можлива двома способами:

- зарядами малого закладання;
- зарядами глибокого закладання (буро вибуховий спосіб).

Під час розробки ґрунту цими методами радіус небезпечної зони визначається за формулою 4.14:

$$R_6 = 1250 \cdot r_3 \cdot \sqrt{\frac{f}{1+r_{\text{заб}}}} \cdot \frac{d}{a}, \quad (4.14)$$

де R_6 – радіус небезпечної зони (м);

r_3 – коефіцієнт заповнення вибуховою речовиною;

f – коефіцієнт міцності порід за шкалою проф. М.М. Протодядьконова;

d – діаметр отвору для закладання вибухівки;

a – відстань між зарядами у ряду або між рядами.

Коефіцієнт заповнення вибуховою речовиною чисельно дорівнює відношенню висоти заряду у свердловині l_3 до глибини свердловини L :

$$r_3 = \frac{l_3}{L} \quad (4.15)$$

Небезпечні зони в даному випадку тимчасові, тому виставляються охоронні пости з розрахунку 1 чол. на кожні 25 м зони, що охороняється.

Згідно НПАОП 0.00-1.66-13 визначено мінімальний радіус безпечного перебування людей від місця вибуху – 200 м.

4.4. Руйнування будівель і споруд

Небезпечні зони виникають також при руйнуванні будівель і споруд. Виконувати ці роботи одночасно на декількох рівнях по вертикалі заборонено. При цьому будівельні машини і механізми слід розміщувати поза зоною обвалювання.

Можливі варіанти руйнування будівель та споруд та безпечні відстані показані на рис. 4.23.

У випадку застосування для розбирання будівель способу «завалення» довжина робочих канатів повинна в 3 рази перевищувати висоту будівлі.

При обваленні будівель та споруд за допомогою клин-баби чи шар-баби небезпечна зона, знаходження в якій недопустимо, визначається висотою будівлі.

Залучення баштових кранів для використання ударного обладнання при розробці скельних та мерзлих ґрунтів, руйнуванні будівель і споруд заборонено.

Особливості руйнування будівель і споруд за допомогою вибухівки визначаються наступними факторами:

- радіусом розльоту шматків конструкцій будівлі чи споруди;
- силою дії повітряно-ударної хвилі.

Будівельні машини виводяться за межі небезпечної зони і розвертаються до місця роботи тильною стороною, так як окремі шматки, що розлітаються, можуть пошкодити скління кабіни та корпус машини. Машиністи під час робіт повинні знаходитись в укритті.

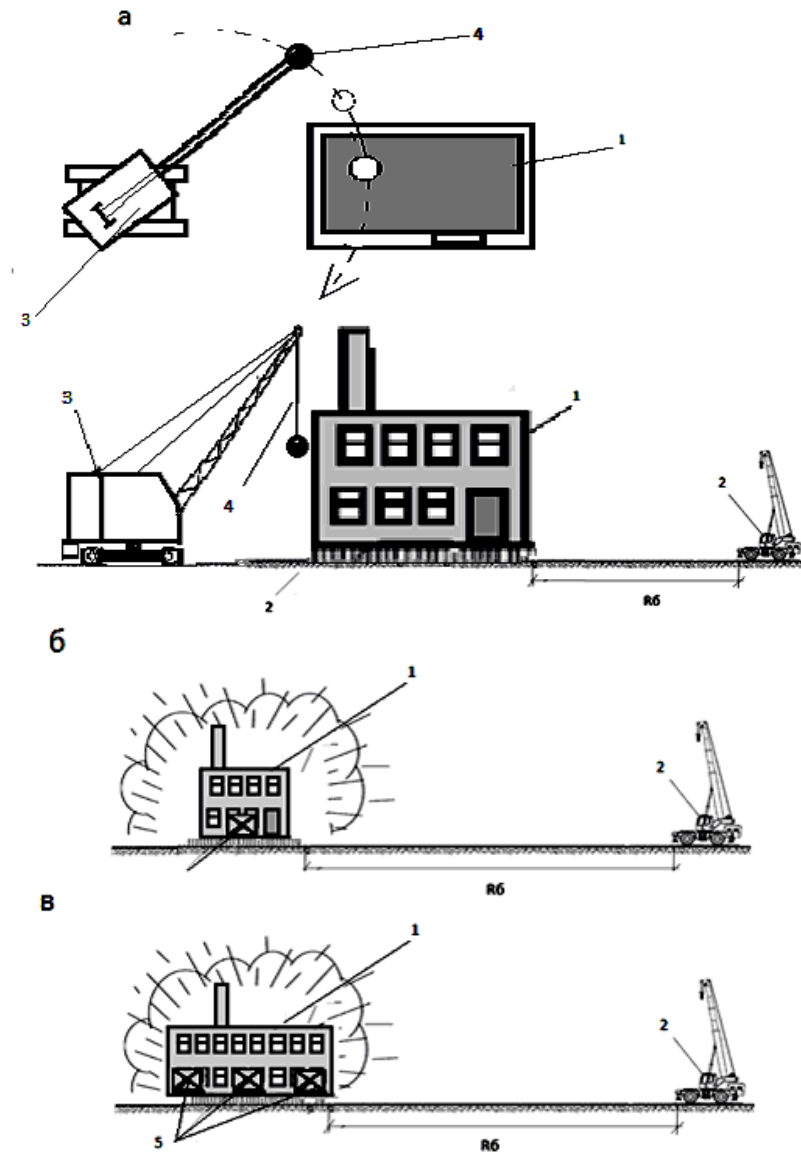


Рис. 4.23. Схема руйнування будівель і споруд:
а – механічним способом (за допомогою шар-баби); *б* – за допомогою одного заряду вибухівки; *в* – за допомогою декількох зарядів вибухівки
 (1 – споруда, що підлягає знесенню, 2 – будівельна техніка; 3 – бульдозер;
 4 – робочий орган бульдозера (шар-баба); 5 – заряд вибухівки)

Таблиця 4.9

**Значення коефіцієнта пропорційності k_{σ}
 в залежності від ступеня інтенсивності руйнувань і умов вибуху**

Ступінь інтенсивності руйнувань	Умови вибуху	k_{σ}
1	Заряд на поверхні землі, ушкодження відсутні	50...150
2	Випадкове ушкодження скління	20...30
3	Повне руйнування скління, часткове ушкодження рам, дверей, порушення штукатурки	6...8
4	Руйнування внутрішніх перегородок, рам, дверей, а також сараїв	3...4
5	Пролонг крупних цегляних стін, ушкодження залізниць і мостів	1.5

Для будівель і споруд небезпечна зона при їх руйнуванні за допомогою вибухівки може бути визначена за формулою:

$$R_6 = k_6 \cdot \sqrt{g}, \quad (4.16)$$

де R_6 – відстань, на якій вибухова хвиля втрачає здатність наносити ураження заданої інтенсивності;

k_6 – коефіцієнт пропорційності, який приймається за табл. 4.9.

Систему штучного освітлення будмайданчика вибирають у відповідності з ДБН В.2.5-28:2108 Природне і штучне освітлення, ДСТУ Б А.3.2-15:2011 Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків (ДСТУ Б А.3.2-15:2011); ДСТУ Б А.3.2-13:2011; ДСТУ 8828:2019. При цьому необхідно враховувати наступні вимоги:

- забезпечення достатньої видимості на робочих місцях і рівномірного освітлення будівельного майданчика;

- виключення сліпучої дії джерела освітлення;

- використання електробезпечних і пожежобезпечних джерел освітлення.

Дані про розрахунки по штучному і природному освітленню представлені в розділі «Освітлення робочих місць і дільниць виробництва».

На об'єктному будгенплані для тимчасового зберігання матеріалів і конструкцій необхідно указати відкриті, напівзакриті та закриті склади. Найбільш травмонебезпечні відкриті склади, розташовані в зоні дії монтажного крана.

4.5. Складування конструкцій

Складські майданчики повинні мати схил $2...5^\circ$ для водовідведення, а також підсипку щебенем або піском ($5...10$ см). Їх площі і розміри визначають, виходячи з необхідного запасу матеріалів, що складуються, і конструкцій.

При складуванні збірних елементів необхідно враховувати, що однойменні конструкції, деталі і матеріали доцільніше розташовувати по їх захватках. Штабеля з важкими елементами потрібно розташовувати ближче до крана, а більш легкі в глибині складу. Матеріали і вироби складують з урахуванням їх маси і здатності деформуватися під впливом маси вантажу, що лежить вище, забезпечення їх стійкості і зручності строповки і розстроповки. У кожному штабелі зберігають тільки однорідні елементи, між штабелями потрібно передбачити проходи шириною не < 1 м і проїзди, ширина яких залежить від габаритів транспортних коштів і вантажно-розвантажувальних механізмів. Відстань від штабелів до брівок котлованів і траншей визначають для кожного виду розрахунком на стійкість укосу, при цьому воно повинне бути не меншим 1 м.

Матеріали, що містять шкідливі і вибухонебезпечні розчинники, необхідно зберігати в герметично закритій тарі.

Вантажно-розвантажувальні роботи проводять, як правило, механізованим способом згідно ДБН А.3.2-2:2009 ССБП. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення і Правил охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт (Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.01.2015 № 21. Зареєстровано в

Міністерстві юстиції України 03 лютого 2015 р. № 124/26569).

У переліку технологічного оснащення передбачаються інвентарні або спеціальні вантажозахватні пристрої і тара згідно ДСТУ Б В.2.8-40:2011 Оснащення монтажне для тимчасового закріплення та вивірювання конструкцій будинків. Класифікація і загальні технічні вимоги (ГОСТ 24259-80, MOD).

Способи складування залежать від призначення конструкцій і деталей, методів строповки і монтажу (укладання). Положення і спосіб спирання виробів і конструкцій не повинні спричиняти перенапруження матеріалу.

Матеріали і вироби, прилади і обладнання при зберіганні їх на будівельному майданчику потрібно укласти таким чином:

- цегла в пакетах на піддонах не більш ніж в два яруси, в контейнерах в один ярус, без контейнерів висотою не більше за 1,7 м;

- палі – ярусами висотою не більше за 2 м, розсортовані по марках і направлені вістрям в одну сторону;

- фундаментні блоки і блоки стін підвалів в штабель на підкладках і прокладках висотою не більше за 2,6 м; стінові панелі в касети або піраміди; перегородочні панелі в касети вертикально; плити перекриттів в штабель висотою не більше за 2,2 м на підкладках і прокладках; блоки сміттепроводів в штабель висотою не більше за 2,5 м (рис. 4.24);

- санітарно-технічні і вентиляційні блоки в штабель висотою не більше за 2,5 м на підкладках і прокладках;

- залізобетонні кільця – в штабель з перев'язкою висотою до 2,2 м;

- ригелі, колони в штабель висотою до 2 м на підкладках і прокладках;

- плиткові матеріали в стопи висотою до 1 м.

Інші матеріали і вироби складують з урахуванням наступних вимог:

- дрібносортний метал на стелажах висотою не більше за 1,5 м;

- нагрівальні прилади у вигляді окремих секцій або в зібраному вигляді в штабель висотою не більше за 1 м;

- великогабаритне і важке обладнання і його частини в один ряд на підкладках;

- скло в ящиках і рулонний матеріал вертикально в один ряд і на підкладках;

- бітум в щільну тару, що забезпечить відсутність його розтікання, або в спеціальні ями з пристроєм надійного обгороджування;

- теплоізоляційні матеріали в штабель висотою до 1,2 м із зберіганням в закритому сухому приміщенні;

- сходові марші ребрами вгору, штабелями не більше 6 рядів, прокладки і

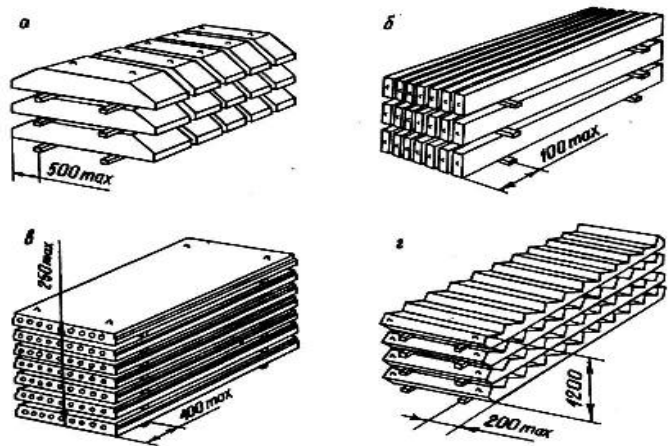


Рис. 4.24. Складування залізобетонних конструкцій

підкладки розташовують вздовж маршів на відстані 0,15 м від їх країв;

- сходові майданчики штабелями не більше 4 рядів на підкладках і прокладках на відстані 0,3 м від торців;

- карнизні плити штабелями в 5-6 рядів;

- віконні і дверні блоки в спеціальних контейнерах у вертикальному положенні, розсортованими за типами, розмірами і сортами;

- паркетні вироби в опалювальних приміщеннях, розсортованими в пачках, укладеними в штабель висотою до 1,5 м;

Труби, металоконструкції, великосортний і листовий метал складається таким чином:

- труби діаметром до 300 мм в штабель висотою до 3 м на підкладках і прокладках з кінцевими упорами проти скочення; труби діаметром більше за 300 мм в штабель висотою до 3 м в сідло без прокладок;

- труби чавунні в штабель висотою до 1 м;

- чорні прокатні метали (листова сталь, швелери, двотаврові балки, бортова сталь) в штабель висотою до 1,5 м з підкладками і прокладками.

Для зручної строповки металу на всю ширину штабеля укладають прокладки висотою не менше за 12 см, що забезпечує вільне введення в зазор між рядами вантажозахватного пристосування.

Технологічне обладнання і деталі до нього необхідно складувати, як інші збірні конструкції, відповідно до послідовності їх монтажу, на інвентарні дерев'яні прокладки перетином 20x16 або 10x15 см. Сипучі матеріали (пісок, гравій, щебінь та інш.) в штабелях повинні мати укуси крутістю, відповідною куту природного укусу даного типу матеріалу або обгороджування у вигляді міцних підпірних стінок (табл. 4.10).

Таблиця 4.10

Найбільш поширені сипучі матеріали і кути їх природного укусу

Матеріали	Значення кута відкосу	
	в стані спокою	при переміщенні вантажу
Гіпс дрібношматковий	40	28
Глина суха, дрібношматкова	50	35
Гравій округлий	30 - 45	21 - 30
Вапняк дрібношматковий	40 - 45	28 - 30
Крейда порошкоподібна суха	40	28
Тирса	39	27
Пісок сухий	30 - 35	21 - 24
Цемент сухий	40	28
Шлак кам'яновугільний	35 - 50	24 - 35
Щебінь сухий	35 - 45	24 - 30

Пилоподібні матеріали (цемент, алебастр і інш.) необхідно зберігати в силосах, бункерах і інших закритих ємкостях, вживаючи заходів проти розпилення в процесі навантаження і вивантаження. Робітники можуть опускати в бункери і в силос тільки в спеціальній люльці за допомогою лебідки, використовуючи спеціальні засоби індивідуального захисту і при наявності наряду-допуску, підписаного головним інженером будівельно-

монтажної організації.

При обладнанні складських майданчиків, навісів, закритих складів необхідно виходити з того, що ширина проходів для безпечного виконання вантажно-розвантажувальних робіт між штабелями розглянутих вище матеріалів, конструкцій і деталей повинна бути не менше за 1 м.

4.6. Зберігання отруйних, легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин

Засоби зберігання отруйних, легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин повинні забезпечувати підвищені вимоги безпеки. У іншому випадку можливі професійні отруєння і нещасні випадки при їх навантаженні, вивантаженні, транспортуванні і використанні. Як правило, отруйні речовини дозволяється зберігати тільки в окремих, закритих, добре сухих, затемнених приміщеннях, що провітрюються, віддалених від житла, столових, питних колодязів, водоймищ. На входах і в самих приміщеннях вивішуються попереджувальні написи і спеціальні знаки. Склади для зберігання кислот, як правило, забезпечуються нейтралізаторами.

Кислоти (соляна, сірчана, карболова і ін.) необхідно транспортувати і зберігати в скляних і обплетених бутлях, що розташовуються в один ряд. Кошики для упаковки бутлів повинні мати ручки для зручного перенесення і безпеки вантажно-розвантажувальних робіт.

Нітрофарби та інші лакофарбові матеріали з шкідливими домішками зберігають в герметично закритій тарі. Зовнішню поверхню тари і робочий посуд з-під лаків і фарб необхідно ретельно очищати. Фенол необхідно тримати в скляний посуд або в сталеві бочки.

Хлорне вапно зберігають в стандартній тарі, що щільно закривається в сухому закритому приміщенні, що провітрюється окремо від мастильних масел, балонів зі стислим газом, при температурі на складі в межах +10...+20 °С.

Бензол зберігають тільки в металевій герметично закритій тарі під навісом або в приміщенні, обладнаному притоко-витяжною вентиляцією.

Горючі і легкозаймисті рідини (гас, бензин та ін.), а також мастильні матеріали потрібно зберігати в приміщеннях з вогнетривких конструкцій або заглибленими в землю з дотриманням правил пожежної безпеки. Забороняється зберігати і переносити летючі і легкозаймисті рідини у відкритій тарі.

Етилірований бензин належить зберігати, перевозити, видавати і отримувати відповідно до «Правил техніки безпеки для підприємств автомобільного транспорту».

Якщо в одному приміщенні зберігаються різні токсичні речовини, тара повинна мати бірки, забарвлені в різні кольори.

Балони зі стислим газом (киснем, ацетиленом, пропан бутаном і ін.) зберігають у вертикальному положенні в закритих приміщеннях, що провітрюються, захищених від дії сонячних променів і осадків і ізольованих від джерел відкритого полум'я і місць зварювання. Щоб уникнути випадкового утворення вибухонебезпечної суміші, балони для кожного газу забарвлюються в конкретний загальноприйнятий колір.

Розділ 5. ВИРОБНИЧА САНІТАРІЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ І БУДІВЕЛЬНИХ МАЙДАНЧИКАХ

5.1. Санітарно-побутове забезпечення працюючих

Санітарно-побутове забезпечення працюючих полягає в улаштуванні виробничо-побутових будівель і приміщень для зберігання одягу, особистої гігієни, відпочинку, обігріву і охолодження працюючих, догляду за спецодягом, взуттям і засобами індивідуального захисту, медичного обслуговування і громадського харчування.

Розрахунок необхідних площ виробничо-побутових приміщень при розробці ПОБ рекомендується проводити в такій послідовності:

- визначають початкові дані, що характеризують діяльність будівельної організації (річну програму робіт, склад і чисельність працюючих, структуру будівельно-монтажних робіт, що виконуються, наявність або проекти типових інвентарних будівель і споруд);

- вибирають нормативні показники санітарно-побутового, медичного і громадського обслуговування працюючих;

- встановлюють нормативну потребу в площах і обладнанні;

- вибирають типи інвентарних будівель або їх проекти, обчислюють необхідну їх кількість.

Для розрахунку потреби в приміщеннях застосовують таку методику.

Визначають загальне число працюючих за формулою:

$$N = \Pi / \Pi_1, \quad (5.1)$$

де: Π – вартість річної програми робіт;

Π_1 – нормативне річне вироблення на одного працюючого.

Кількість працюючих чоловіків і жінок:

$$N_{\text{чол}} = 0,7 \cdot N; \quad N_{\text{жін}} = 0,3 \cdot N.$$

При цьому, за категоріями вони розподілені таким чином:

- загальна кількість робочих:

$$N_p = k_p \cdot N; \quad (5.2)$$

- інженерно-технічних працівників (ІТП):

$$N_H = k_{\text{службовців}} \cdot N; \quad (5.3)$$

- МОП і охорони:

$$N = k_c \cdot N, \quad (5.4)$$

де: k_p , k_H , k_c – відповідно нормативні коефіцієнти категорій працівників за галузями і видами будівництва (табл. 5.1).

k_H – нормативний коефіцієнт складу найбільшої зміни, яке приймається рівним 0,7-0,88.

Очікуване число працюючих у найбільшій зміні:

$$N_{ж}^{pc} = k_n \cdot N_{ж} \quad (5.5)$$

де: k_n – нормативний коефіцієнт складу найбільшої зміни, яке приймається рівним 0,7-0,88.

Таблиця 5.1

Нормативні коефіцієнти категорій працівників

Галузь або вигляд будівництва	Робітники	ІТП	Службовці	МОП і охорона
Промислове	0,826 - 0,856	0,11 - 0,127	0,031 - 0,038	0,009 - 0,015
Промислове в умовах міста	0,787	0,134	0,043	0,036
Енергетичне ТЕС, АЕС	0,846	0,117	0,029	0,08
Житлово-цивільне	0,85	0,08	0,05	0,02
Інженерні комунікації і споруди в умовах міста	0,789 - 0,837	0,123 - 0,171	0,028 - 0,041	0,001 - 0,006

Визначають необхідні площі і обладнання виробничо-побутових приміщень і-го вигляду:

$$A_{м}^i = k_i^m \cdot N_{м}^{pc}; \quad A_{ж}^i = k_i^ж \cdot N_{ж}^{pc} \quad (5.6)$$

де: k_i – нормативний показник потреби за видами приміщень і обладнань (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Нормативні показники потреби в площах і обладнанні виробничо-побутових приміщень

Номенклатура приміщень	Площа на 1 особу, м ²	Обладнання
гардеробна	0,9	1 подвійна шафа
приміщення для обігріву, відпочинку і їжі	1	-
умивальні	0,05	1 кран на 15 чол.
приміщення для особистої гігієни жінок*	0,18	1 кабіна на 15-100 жінок
душова	0,43	1 сітка на 12 чол.
туалет**	0,07	1 унітаз на 15 чоловік або 15 жінок 2 унітази на 70 чоловік або 30 жінок 4 унітази на 70 жінок 6 унітазів на 130 чоловік 8 унітазів на 150 жінок 10 унітазів на 250 чоловік
сушильна	0,2	-
їдальня	0,6	1 місце на 4 чол.
медичний пункт	20 м ² на 300-500 чол.	-
виконробська	0,48	-
диспетчерська	7 м ² на організацію	-
кабінет охорони праці	20 м ² на 100 чол.	-

Примітки: * При 15-100 працюючих жінок гігієнічна кабіна розміщується в жіночому туалеті площею 1,76 м²;

** При роботі не більше за 10 чол. в зміну допускається почергове обслуговування чоловіків і жінок.

При розробці розрахунку проекту провадження робіт (ППР) потреби виробничо-побутових приміщень проводиться за календарним графіком провадження робіт і графіком руху робочої сили, які точно визначають склад працюючих, їх знаходження на будівельному майданчику за часом будівництва. При цьому розрахункове число працюючих приймають за часом знаходження на будівництві об'єкта максимального комплексного складу.

Приклад. Визначити потребу у виробничо-побутових приміщеннях будівельної організації, що виконує об'єкт житлово-цивільного будівництва в освоєних районах з річною програмою $\Pi = 3$ млн. грн.

Рішення. Визначаємо нормативне річне вироблення на одного працюючого $\Pi_1 = 16000$ грн. Тоді загальне число працюючих:

$$N = 3\,000\,000 / 16\,000 = 188 \text{ чол.}$$

Застосовуючи нормативні коефіцієнти категорій працівників по галузях і видах будівництва, розраховуємо число працюючих:

$$N_p = 0,85 \cdot 188 = 160 \text{ осіб}; \quad N_n = 0,08 \cdot 188 = 15 \text{ осіб}; \quad N_c = 0,07 \cdot 188 = 13 \text{ осіб.}$$

Очікуване число жінок і чоловіків:

$$N_{\text{ж}}^p = 0,3 \cdot 160 = 46 \text{ осіб}; \quad N_{\text{м}}^p = 0,7 \cdot 160 = 112 \text{ осіб.}$$

Причому в найбільшій зміні буде:

$$N_{\text{ж}}^{pc} = 0,88 \cdot 48 = 42 \text{ осіб}; \quad N_{\text{м}}^{pc} = 0,88 \cdot 112 = 98 \text{ осіб.}$$

Користуючись табл. 5.2, визначаємо необхідні площі виробничо-побутових приміщень і обладнання в них:

- гардеробні для жінок – $0,9 \cdot 48 = 43 \text{ м}^2$, для чоловіків – $0,9 \cdot 112 = 101 \text{ м}^2$, в яких повинно бути 160 подвійних шафи;

- приміщення для обігріву, відпочинку і харчування – $1 \cdot (42 + 98) = 1 \cdot 140 = 140 \text{ м}^2$;

- умивальні для жінок – $0,05 \cdot 42 = 2 \text{ м}^2$ і 3 крани, для чоловіків $0,05 \cdot 98 = 5 \text{ м}^2$ і 6 кранів;

- приміщення для особистої гігієни жінок – $0,18 \cdot 42 = 8 \text{ м}^2$, 1 кабіна;

- душова для жінок – $0,43 \cdot 42 = 18 \text{ м}^2$ з 4 сітками, для чоловіків $0,43 \cdot 98 = 42 \text{ м}^2$ з 8 сітками;

- туалети для жінок – $0,07 \cdot 42 = 3 \text{ м}^2$, 2 унітазу, для чоловіків – $0,07 \cdot 98 = 7 \text{ м}^2$, 2 унітазу;

- сушильні для жінок – $0,2 \cdot 42 = 8 \text{ м}^2$, для чоловіків – $0,2 \cdot 98 = 20 \text{ м}^2$;

- столова – $0,6 \cdot 188 = 113 \text{ м}^2$ з 47 чотирьохмісними столами;

- виконробська – $0,48 \cdot 28 = 13 \text{ м}^2$;

- диспетчерська – $1 \cdot 7 = 7 \text{ м}^2$;

- кабінет з охорони праці – 20 м^2 .

Таким чином, загальна площа виробничо-побутових приміщень повинна бути 550 м^2 . Розраховану необхідність у виробничо-побутових приміщеннях можна задовольнити підбором необхідного числа інвентарних будівель.

Виробничо-побутові приміщення повинні розташовуватися

комплексними групами поблизу зон найбільшої концентрації працюючих і стояти від місць провадження робіт на відкритому повітрі або в не опалювальному приміщенні на відстані не більше за 500 м (відстань по вертикалі враховується з коефіцієнтом 5), а в північній будівельно-кліматичній зоні не більше за 300 м.

Об'єкти містечок повинні стояти від бункерів, бетонорозчинних і сортувальних вузлів і інших об'єктів, що виділяють пил, шкідливі пари і газу, з підвітряної сторони на відстані не менше за 50 м. Містечка не повинні розміщуватися біля відкритих траншей і котлованів, залізничних шляхів або небезпечних зон роботи монтажних та інших будівельних машин. Побутові приміщення допускається розташовувати групами з числом не більше за 10. Відстань між побутовими будиночками в одній групі повинна бути не менше за 1 м, а між групами не менше за 18 м.

Найменші відстані від осі залізничних шляхів до санітарно-побутових будівель і споруд приймають 6 м. Відстань від краю проїжджої частини автомобільної дороги до будівлі повинна бути: при відсутності в'їзду в будівлю і при довжині будівлі до 20 м не менше за 1,5 м, більше 20 м – 3 м, при наявності в'їзду в будівлю – 8-12 м.

5.2. Профілактика запиленості і загазованості повітря виробничого середовища

Для забезпечення чистоти повітряного середовища в робочій зоні (простір висотою до 2 м над рівнем підлоги або майданчика, на яких знаходяться місця постійного або тимчасового перебування працюючих) передбачають звичайно ряд заходів знепилювання:

- встановлюють вловлювачі пилу, що висить в повітрі при сухому помелі матеріалів;

- застосовують пневматичне транспортування отриманого продукту;

- забезпечують відсмоктування (аспірацію) пилу з-під укриття в місцях її утворення, наприклад, у шнекових каменедробарках в місцях подачі каменя в зів, на стрічкових транспортерах у місцях перевантаження сипучих матеріалів з одного транспортера на інший і т. д. Утворюване при аспірації розрідження повітря в укритті, сполученому з повітроводом витяжною вентиляцією, не дозволяє забрудненому повітрю поступати в повітря робочої зони. Відсоси від обладнання і апаратури виконують конструктивно вбудованими, зблокованими з пусковим пристроєм основного обладнання.

Перед викидом в атмосферу або в робоче приміщення запилене повітря піддають попередньому очищенню.

Універсальних пилозатримуючих пристроїв, придатних для будь-яких видів пилу і для будь-яких початкових концентрацій, не існує. Кожне з цих пристроїв придатний для певного виду пилу, початкової концентрації і необхідної міри очищення.

Розрахунок вентиляції. У залежності від способу переміщення повітря

вентиляція може бути *природною і механічною*, а від способу організації повітрообміну – *місцевою і загальнообмінною*.

Місцева притічна вентиляція служить для подачі чистого повітря до певного робочого місця для забезпечення нормалізації повітряного середовища. Найчастіше її застосовують для зниження температури в гарячих цехах літом або попередження впливу холодних потоків повітря зимою. Місцева витяжна вентиляція забезпечує видалення перегрітого або забрудненого повітря від місць його утворення, що виключає поширення шкідливих виділень по приміщенню і забруднення повітря.

Загальнообмінну вентиляцію влаштовують, коли шкідливі виділення утворюються у всьому об'ємі приміщення. При цьому повітрообмін в приміщенні забезпечується більш або менш рівномірно.

На практиці застосовують змішану вентиляцію, тобто місцеву, і загальнообмінну, а також природну і механічну.

При розрахунку повітрообміну враховують об'єм приміщення V , кількість шкідливостей, що виділяється Q_{BP} , їх концентрацію в повітрі g , кількість повітря, що подається G_B , вміст в ньому шкідливості g_B , а також час t .

При розрахунку концентрація шкідливості, що допускається, звичайно буває заданою величиною, а шуканою є G_B :

$$G_B = (Q_{BP} / g_2 - g_1) - V (g_2 - g_1) / t \cdot (g_2 - g_0). \quad (5.7)$$

При тривалій роботі вентиляційної установки і нерівномірному безперервному виділенні шкідливості можна допустити, що тоді:

$$G_B = (Q_{BP} / g_2 - g_1). \quad (5.8)$$

Якщо зовнішнє повітря не містить шкідливості, то:

$$G_B = Q_{BP} / g_2. \quad (5.9)$$

У тому випадку, коли загальнообмінна вентиляція призначена для видалення надлишків тепла, об'єм припливного повітря G_{PP} , м³/Г, визначають за формулою:

$$G_{PP} = Q_T / [(t_{yx} - t_{pp}) \cdot \gamma_{pp} \cdot c], \quad (5.10)$$

де: Q_T – надлишок тепла, Дж;

t_{yx} – температура повітря, що йде з приміщення;

t_{pp} – температура припливного повітря, °С;

γ_{pp} – щільність припливного повітря, кг/м³;

c – теплоємність повітря, кДж/(кг·К).

Якщо загальнообмінна вентиляція призначена для видалення шкідливих виділень у вигляді газів, пари або вологи, необхідний об'єм припливного повітря повинен визначатися за формулою:

$$G_{PP} = Q_{BP} / (g_{yx} - g_{pp}), \text{ м}^3/\text{Г}, \quad (5.11)$$

де $g'_в$ і $g''_в$ – концентрація шкідливих виділень в повітрі, що видаляється з приміщення, і припливному повітрі, г/м³.

Якщо кількість шкідливих виділень, що утворюються, k_p незначна або не може бути точно визначена, то загальнообмінну вентиляцію розраховують за крайностями повітрообміну – відношенню об'єму повітря, що проходить через приміщення G , до об'єму V цього приміщення:

$$k_p = G / V.$$

Для надходження повітря в приміщення передбачають обладнання припливних отворів в нижній зоні стін будівлі. При цьому враховують, що повітря поступає також через відкриті ворота виробничого приміщення і через нижню частину вікон в стінах по периметру будівлі. Необхідну кількість повітря $G^H_{пр}$ розраховують за формулами:

- коли повітрообмін визначають теплонадлишковими:
при наявності місцевих витяжних установок:

$$G^H_{пр} = [(G_{пр} - G_M) \cdot (t_{рз} - t_n) / \Delta t_{нм}] + G_M \quad (5.12)$$

при відсутності місцевих витяжних установок:

$$G^H_{пр} = G_{пр} \cdot (t_{рз} - t_n) / \Delta t_{нм}, \quad (5.13)$$

де: G_M – кількість припливного повітря, що відшкодовує повітря, видалене місцевими витяжними установками, м³/ч;

$(t_{рз} - t_n)$ – перепад між температурою в робочій зоні і температурою зовнішнього повітря;

$\Delta t_{нм}$ – перепад температур робочої зони, що нормується, і зовнішнього повітря;

- коли повітрообмін визначають газовиділенням при відсутності місцевих витяжних установок:

$$G^H_{пр} = G_{пр} \cdot (k_{рз} - k_n) / (k^H_{рз} - k_n), \quad (5.14)$$

де: $k_{рз}$ і k_n – фактична середня концентрація газу відповідно в робочій зоні і в зовнішньому повітрі, мг/л;

$k^H_{рз}$ – гранично допустима концентрація газу в робочій зоні мг/л.

Уточнені площі припливних $F^H_{пр}$ і витяжних $F^H_{внт}$ аераційних отворів для забезпечення необхідного повітрообміну визначають приблизно за формулами:

$$F^H_{пр} \approx F_{пр} \cdot (G^H_{пр} / G^{\phi}_{пр})^{3/2}, \quad (5.15)$$

$$F^H_{пр} \approx F_{внт} \cdot (G^H_{пр} / G^{\phi}_{пр})^{3/2}, \quad (5.16)$$

де: $F_{пр}$ і $F_{внт}$ – фактичні площі при випробуванні відповідно аераційних відкритих припливних і витяжних отворів, м²;

$G^{\phi}_{пр}$ і $G^H_{пр}$ – відповідно фактична і необхідна кількість припливного повітря, м³/год.

Площі необхідних припливних $F_{\text{пр}}$ і витяжних $F_{\text{вит}}$ аераційних отворів для забезпечення необхідного повітрообміну визначають за формулами:

$$F_{\text{пр}}^H = G_{\text{пр}}^H / [3600\mu \sqrt{2g \cdot h_{\text{ниж}} \cdot (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) \cdot \gamma_{\text{н}}}], \quad (5.17)$$

$$F_{\text{вит}}^H = G_{\text{ух}}^H / [3600\mu \sqrt{2g \cdot h_{\text{верх}} \cdot (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) \cdot \gamma_{\text{в}}}], \quad (5.18)$$

де: μ – коефіцієнт витрати відповідного аераційного отвору;

$G_{\text{пр}}^H$ і $G_{\text{ух}}^H$ – необхідна кількість (по масі) повітря, що надходить та виходить з приміщення, кг/год.;

$\gamma_{\text{н}}$ і $\gamma_{\text{в}}$ в – щільність зовнішнього повітря і повітря, що виходить з приміщення, відповідна розрахунковим значенням температур цього повітря, кг/м³;

$h_{\text{ниж}}$ і $h_{\text{верх}}$ – відстань від центра відповідно нижнього (припливного) і верхнього (витяжного) отвору до центральної зони, м.

Місцева вентиляція. При розрахунку систем місцевої витяжної вентиляції визначають об'єм повітря, що видаляється від робочих місць, втрати тиску по довжині траси повітропроводів, споживану потужність вентилятора.

Загальні втрати тиску в трубопроводах $P_{\text{общ}}$ складаються з опору тертя $P_{\text{тр}}$ і місцевих опорі $P_{\text{м}}$:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{тр}} + P_{\text{м}}. \quad (5.19)$$

Опір на подолання сил тертя при переміщенні повітря по трубопроводах визначають за формулою:

$$P_{\text{тр}} = \lambda \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho / 2d, \quad (5.20)$$

де: l , d – відповідно довжина і діаметр поперечного перетину трубопроводу, м;

v – швидкість рушення повітря, м/с;

ρ - щільність повітря при заданому тиску і температурі, кг/м³;

λ - коефіцієнт тертя повітря об стінки трубопроводу, що залежить від числа Рейнольдса (режиму рушення повітря) і шорсткості стінок трубопроводу. Для ламінарного режиму рухів ($Re < 2300$) $\lambda = 64/Re$, для перехідного режиму $\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$. Для турбулентного режиму λ залежить тільки від шорсткості трубопроводів і визначається за спеціальними графіками або таблицями.

Втрати тиску в місцевих опорах визначають за формулою:

$$P_{\text{м}} = \zeta \cdot v^2 \cdot \rho / 2 \quad (5.21)$$

де: ζ – коефіцієнт місцевого опорі, приймають за довідковими даними.

При переході з одного поперечного перерізу F_1 на інший F_2 коефіцієнт місцевого опорі перераховують таким чином:

$$\zeta_2 = \zeta_1 \cdot (F_2 / F_1)^2, \quad (5.22)$$

де: ζ_2 – шуканий коефіцієнт місцевого опорі для площі поперечного перерізу F_2 ;

ζ_1 – відомий коефіцієнт місцевого опорі для перерізу F_1 .

Існує декілька способів розрахунку втрат тиску в трубопроводах вентиляційних систем, з яких найбільш застосовні три способи.

Спосіб питомих втрат. Загальні втрати тиску на ділянці трубопроводів визначають за формулою:

$$\Delta P = R \cdot l + \sum R_m, \quad (5.23)$$

де: R – втрати на подолання тертя, що приводяться на 1 м довжини трубопроводу (питомі втрати). Па, приймаються за таблицями, приведених в довідниках по вентиляції;

l – довжина трубопроводу, м;

$\sum R_m$ – втрати тиску в місцевих опорах, Па.

Повні втрати тиску в системі трубопроводів визначають шляхом підсумовування втрат на окремих ділянках.

Спосіб динамічного тиску. При цьому способі втрати тиску на подолання сил тертя замінюється еквівалентними втратами в місцевих опорах:

$$\lambda \cdot l \cdot v^2 \cdot \rho / 2d = \xi' \cdot v^2 \cdot \rho / 2, \quad (5.24)$$

де: ξ' – умовний коефіцієнт місцевого опору, $\xi' = \lambda \cdot l / d$.

Повні втрати тиску на ділянці визначають як суму втрат в місцевих опорах:

$$\Delta P = (\xi' + \sum \xi) \cdot v^2 \cdot \rho / 2, \quad (5.25)$$

де: $\sum \xi$ – сумарний коефіцієнт місцевого опору на ділянці.

Спосіб еквівалентних довжин. При цьому способі втрати тиску в місцевих опорах умовно замінюють рівновеликими втратами на прямолінійних ділянках:

$$\sum \xi \cdot v^2 \cdot \rho / 2 = \lambda \cdot l' \cdot v^2 \cdot \rho / 2d, \quad (5.26)$$

де: l' – еквівалентна (приведена) довжина ділянці, що замінює місцевий опір, м.

З приведеної рівності визначають величину:

$$l' = \sum \xi \cdot d / \lambda. \quad (5.27)$$

Повні втрати тиску на ділянці визначають за формулою:

$$\Delta P = (l - l') \lambda \cdot v^2 \cdot \rho / 2d. \quad (5.28)$$

При розбіжності сумарної величини втрат у відгалуженні з величиною втрат в магістральному трубопроводі, що недопустимо, необхідно розрахунком пов'язати відгалуження по втратах тиску. При цьому можливі два рішення:

1. Зміна діаметра відгалуження при незмінній витраті повітря і довжини відгалуження. У цьому випадку новий діаметр трубопроводу визначають з співвідношення:

$$D = d_1 \cdot (P_1 / P)^{0,2}, \quad (5.29)$$

де: P – втрата тиску у відгалуженні, Па;

P_1 – розрахункова втрата тиску, Па;

d і d_1 – відповідно шуканий і прийнятий діаметри відгалуження, м.

2. Зміна витрати повітря шляхом зміни діаметра відгалуження при незмінній втраті тиску. Новий діаметр відгалуження знаходять з співвідношення:

$$D = d_1 \cdot (q / q_1)^{0,4}, \quad (5.30)$$

де: q і q_1 – відповідно необхідна і прийнята витрата повітря, м³/г.

Вплив домішок твердих часток на втрати тиску в трубопроводах пневмотранспортних і аспіраційних установок вираховують формулами:

- для горизонтальної ділянки:

$$P_{\text{см.г}} = P_0 \cdot (1 + K \cdot \mu); \quad (5.31)$$

- для вертикальної ділянки:

$$P_{\text{см.г}} = P_0 \cdot (1 + K \cdot \mu) + l \cdot v, \quad (5.32)$$

де: K – коефіцієнт опору тертя руху аеросуміші в трубопроводах, приймають за дослідними даними;

μ – масова концентрація суміші, кг/м³;

v – об'ємна концентрація суміші, кг/м³;

l – висота вертикальної ділянки, м.

Потужність, споживана вентилятором, який обслуговує вентиляційну мережу:

$$N = L \cdot P \cdot K / (3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2), \quad (5.33)$$

де: L – продуктивність вентилятора, м³/год;

P – загальні втрати тиску у вентиляційній системі, Па;

K – коефіцієнт запасу;

η_1 – ККД вентилятора, береться за довідковими даними;

η_2 – ККД передачі від електродвигуна до вентилятора, якщо робоче колесо вентилятора насажене на вал електродвигуна, то $\eta_2 = 1$.

Аспірація при завантаженні і транспортуванні сипучих матеріалів.

Виділення пилу з обладнання у виробниче приміщення відбувається внаслідок підвищеного тиску в обладнанні, механічних імпульсів, що з'єднуються частками пилу або конвективних потоків.

Для локалізації джерел виділення пилу застосовують аспіраційні установки, які включають в себе укриття або місцевий відсос – аспіраційну мережу, пиловловлюючий пристрій і вентилятор.

У будівельній індустрії аспіраційні системи застосовуються для знепилювання процесів транспортування сипучих матеріалів стрічковими

конвеєрами (пісок, цемент, гіпс, вапно і т.д.) – звичайно при пересипці їх з одного конвеєра на інший, а також при завантаженні і розвантаженні різних ємкостей.

Основною задачею при розрахунку аспіраційних систем для процесу транспортування є правильне визначення кількості повітря, яке необхідно видаляти від аспіраційного обладнання. Звичайно воно складається з об'єму повітря, що вноситься в укриття поступаючим матеріалом L_M і об'єму повітря, що засмоктується в укриття через нещільність $L_{вс}$:

$$L_{об} = L_M + L_{вс}, \text{ м}^3/\text{Г.} \quad (5.34)$$

Перший доданок може бути знайдений з формули:

$$L_M = 0,04 \cdot K_y \cdot Q_M \cdot V_K^2, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5.35)$$

де: K_y - коефіцієнт, що характеризує конструкцію укриття. Для укриттів конвеєрів і для укриттів, в які матеріали завантажуються за допомогою протікання. $K_y=3$:

Q_M - об'єм матеріалу, що завантажується в одиницю часу, $\text{м}^3/\text{год}$;

V_K - кінцева швидкість руху матеріалу при сході його з точки в укриття, м/с .

Вона знаходиться з формули:

$$V_K = 4 \sqrt{H \cdot (1 - 1,2 f \cdot \text{ctg}\alpha)}, \text{ м/с}, \quad (5.36)$$

де: H - висота падіння матеріалу в завантажувальному стіканні, м ;

f - коефіцієнт тертя матеріалу, що перевантажується з стікання. Приймається за довідковими даними (табл. 5.3);

α - кут нахилу стікання, град.

Таблиця 5.3

Коефіцієнт тертя різних матеріалів

Матеріал	Коефіцієнт тертя	Матеріал	Коефіцієнт тертя
Гіпс	0,61-0,78	Руда залізна	0,57-0,84
Глина	0,75-1,00	Мідна	0,57-0,84
Глинозем порошкоподібний	0,42-0,54	Марганцева	0,57-0,84
Гравій	0,75-0,84	Сіль пивоварна	0,49
Земля ґрунтова	0,75-1,00	Сіль кальціонована	0,56-0,70
Земля формовочна	0,46-0,71	Торф	0,51-0,75
Вапняк	0,56-1,00	Вугілля кам'яне	0,29-0,84
Камінь	0,58-0,84	Цемент	0,45-0,65
Кокс	0,47-0,53	Шлак	0,40-1,19
Кріоліт	0,55-0,70	Щебінь	0,40-0,74
Нефеліновий концентрат	0,52-0,68	Фтористий алюміній	0,58
Пісок	0,46-0,80		

Другий доданок формули визначається з виразу:

$$L_{вс} = 3600 \cdot F_n \cdot V_{вс}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5.37)$$

де: F_n – сумарна площа нещільності в укритті, м^2 ;

V_{bc} – швидкість всмоктування повітря в укриття через нещільність, м/с.

Для бункерів $V_{bc} = 1$ м/с; для укриттів конвеєрів $V_{bc} = 1,3$ м/с; для ємних укритть дробильного обладнання $V_{bc} = 2$ м/с.

Приклад. Розрахувати об'єм аспіраційного повітря, яке необхідно видаляти від укриття конвеєра з метою знепилювання процесу завантаження піску на стрічковий конвеєр. На конвеєр з бункера подається 80 т/год. піску, що має щільність 2600 кг/м³. Завантажувальне стікання встановлюється під кутом 60° до горизонту. Відстань між бункером і конвеєром дорівнює 3 м. Сумарна площа нещільності в укритті стікання рівна $V_n = 0,5$ м². Коефіцієнт тертя піску об матеріал стікання рівний $f = 0,46$.

Рішення: 1. Визначаємо за формулою швидкість рушення піску по стіканню:

$$V_k = 4 \sqrt{3(1 - 1,2 \cdot 0,46 \cdot 0,5774)} = 5,7 \text{ м/с.}$$

2. Визначаємо об'єм повітря, що засмоктується в укриття рухомим матеріалом:

$$L_m = 0,04 \cdot 3 \cdot 80 \cdot 5,72 / 2,6 = 120 \text{ м}^3/\text{год.}$$

3. Визначаємо об'єм повітря, що засмоктується в укриття через нещільність:

$$L_{bc} = 3600 \cdot 1,3 \cdot 0,5 = 2340 \text{ м}^3/\text{год.}$$

4. Розраховуємо загальну кількість аспіраційного повітря, яку необхідно видаляти, з укриття:

$$L_{bc} = 120 + 2340 = 2460 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Аспірація дробильного обладнання. При роботі дробарок всередині їх корпусів створюється знижений тиск, зумовлений рухом робочих органів і матеріалу, що дробиться. Під дією надмірного тиску в приміщення дробильних цехів може поступати значна кількість запиленого повітря.

Для роторних дробарок необхідний об'єм відсмоктуваного повітря може бути підрахований за формулою:

$$L_{bc} = 3600 \cdot K_a \cdot n \cdot l (R_1^2 - R_2^2), \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5.38)$$

де: K_a – аеродинамічний коефіцієнт, що залежить від типу подрібнювача. Для роторної дробарки $K_a = 4,6$;

n – число оборотів ротора в секунду, 1/с;

l – ширина ротора дробарки, м;

R_1, R_2 – найменший і найбільший радіуси ротора дроблення, взяті відповідно по основі і по вершині, м.

Приклад. Визначити об'єм повітря, який необхідно видаляти від роторної дробарки З-643, що має наступну характеристику:

- швидкість обертання ротора $n = 585$ об./хв. (9,75 об/с);
- ширина ротора $l = 0,75$ м;
- найбільший радіус ротора дроблення (відстань від осі обертання до кінця бив) $R_2 = 0,49$ м;
- найменший радіус ротора (до основи бив) $R_1 = 0,37$ м;
- величина аеродинамічного коефіцієнта $K_a = 4,6$.

Рішення. Підставляючи дані в формулу, отримаємо шукану кількість повітря:

$$L = 3600 \cdot 4,6 \cdot 9,75 \cdot (0,49^2 - 0,37^2) = 12240 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Знепилювання фрезерувальних агрегатів. Останнім часом на підприємствах будіндустрії знаходить застосування різальна технологія, при якій проводиться механічна обробка стінових панелей з легкого газобетону на спеціальних фрезерувальних агрегатах. Звичайно одна верхня барабанна фреза вирівнює поверхню плити, а дві бічні фрези виконують її торцівку. При цьому розміри плити з високою точністю доводяться до стандартних розмірів, що зрештою підвищує якість виробів і прискорює монтаж виробів.

При операціях фрезерування утворюється значна кількість пилу, для видалення якої встановлюються місцеві відсоси від фрез. Повітря що видаляється від фрез аспіраційною системою, перед викидом з цеху очищається до необхідних меж. Нижче дається приклад розрахунку такої установки.

Приклад. На фрезерувальному агрегаті проводиться механічна обробка стінових панелей з газобетону трьома фрезами: верхньою і двома бічними. Від верхньої фрези відсмоктуючого повітря в об'ємі $5500 \text{ м}^3/\text{год}$, від кожної бічної фрези $3000 \text{ м}^3/\text{год}$. Концентрація пилу в повітрі, що видаляється, $C_n = 1200 \text{ мг}/\text{м}^3$. Потрібно підібрати пиловловлювачі для очищення повітря, що викидається в атмосферу.

Рішення. 1. Визначимо загальні витрати повітря, відсмоктуючого від фрезерувального агрегату:

$$Q_{об} = 5500 + 2 \cdot 3000 = 11500 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

2. Визначимо допустимий вміст пилу в повітрі, що викидається в атмосферу, за формулою. Величину коефіцієнта K прийемо рівну 0,8.

$$C_k = (160 - 4 \cdot 11500) \cdot 0,8 = 91,0 \text{ мг}/\text{м}^3.$$

3. Необхідна міра очищення повітря від пилу складе:

$$\eta = 100 (C_n - C_k) / C_n = 100 (1200 - 91) / 1200 = 97 \%$$

4. Як перший рівень очищення, приймаємо два циклони ЦН-15 діаметром 600 мм, встановлених паралельно. За довідником приймаємо $\eta_{ц} = 85\%$.

Як другий рівень очищення вибираємо рукавний фільтр ФВК-30 із загальною фільтруючою поверхнею до 30 м². Міру очищення повітря в фільтрі приймаємо $\eta_{ф} = 95\%$.

Загальна ефективність двоступеневого очищення визначається за формулою:

$$\eta_{об} = [1 - (1 - 0,85) \cdot (1 - 0,95)] \cdot 100 = 99,25\%.$$

Така ефективність очищення повітря від пилу задовольняє вимоги, що пред'являються, оскільки за нашими розрахунками вона повинна бути не нижчою за 97%.

5. Підраховуємо гідравлічний опір циклонів. При діаметрі 600 мм умовна швидкість повітря в плані циклону складе:

$$W_{ц} = 5750 / (3600 \cdot 3,14 \cdot 0,6^2 / 4) = 3,39 \text{ м/с.}$$

Гідравлічні втрати в циклоні при коефіцієнті опору $\zeta = 160$ визначаємо за формулою:

$$P_{ц} = 160 \cdot 3,39^2 \cdot 1,23 / 2 = 1136 \text{ Па.}$$

Опір рукавного фільтру приймаємо за довідковими даними рівними, 2000 Па. Тоді загальний опір двоступеневої повітроочисної установки рівний:

$$P_{сб} = 1136 + 2000 = 3136 \text{ Па.}$$

5.2.1. Визначення необхідного повітрообміну для гаража стоянки

Приклад. Визначити необхідний повітрообмін для гаража стоянки, що розрахований на одночасне знаходження 15 автомобілів. Максимальна кількість машин, що виїжджають на протязі години з гаража – 12, вертаються в гараж у кінці робочого дня – 8. Тривалість виїзду машини із гаража 3 хв., тривалість в'їзду з установкою на місце стоянки 1 хв; $B = 5$ кг/год; $P = 6\%$.

Рішення. Розрахунок використовується для максимальної кількості машин, у даному разі виїжджаючих. Кількість газу CO, який виділяється автомобілями W_{CO} (кг/год.), визначається за формулою:

$$W_{CO} = 15B \cdot \frac{P}{100}, \quad (5.39)$$

де: B – витрата палива на одну автомашину, кг/год.;

P – процентний вміст CO у вихлопних газах карбюраторних двигунів.

Підставляючи початкові дані в цю формулу, отримаємо:

$$W_{CO} = 15 \cdot 5 \cdot \frac{6}{100} = 4,5 \text{ кг/год.}$$

Повітрообмін L (м³/год.) для розчинення забрудненого повітря до допустимої концентрації CO визначимо за формулою:

$$L = \frac{W_{CO} \cdot t \cdot n_A \cdot 10^6}{K_1 \cdot 60}, \quad (5.40)$$

де: t – тривалість виділення газів автомобілем, хв. (для прикладу прийmemo $t=5$ хв. з урахуванням розігріву);

n_A – найбільше число автомобілів, що виділяють гази на протязі години;

$K_1 = 200$ г/м³ – значення, що приймається при роботі у загазованій атмосфері не більше 10-15 хв, що звичайно спостерігається у гаражах.

Для цих умов:

$$L = \frac{4,5 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 10^6}{200 \cdot 60} = 13500 \text{ м}^3/\text{Г о д.}$$

При нерівномірному виїзді автомобілів із гаража на протязі години приймають для розрахунку відрізок часу, за який із гаража виходить найбільша кількість машин.

Припустимо, що у 10-хвилинний відрізок часу ($t = 10$ хв.) вибуло і прибуло 5 автомобілів, тоді

$$L = \frac{4,5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 10^6}{200 \cdot 60} = 9375 \text{ м}^3/\text{Г о д.}$$

5.3. Освітлення робочих місць і дільниць виробництва

Сприятливі умови зорового сприйняття є важливими чинниками, які сприяють підвищенню продуктивності праці і зниженню рівня виробничого травматизму і професійних захворювань.

Даний розділ містить методику розрахунків і алгоритми методичної послідовності рішення таких задач:

- проектування системи штучного освітлення виробничих приміщень;
- проектування прожекторного освітлення будівельного майданчика (об'єкта).

Алгоритми рішення перерахованих задач із залученням програми «EUREKA» приведені у відповідних підрозділах.

5.3.1. Нормування освітленості робочих місць

Нормативна освітленість не є однаковою для всіх виробничих процесів і залежить від характеру роботи (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Величина освітлення для різних видів робіт

Цех	Назва приміщень, дільниць, робочих місць, операцій	Робоча поверхня	Освітлення				КЕО, %	
			Комбіноване			Загальне	Суміщеня	Природне
			Загальне + місцеве	Загальне	Загальне			
зварювальний	зварка металів					2	10	
	менше 0.06 мм	зона зварки	2500	-	750	1,5	7	
	0.06-0.5 мм	те ж	2000	-	500	1,5	7	
	0.5-1.5 мм	те ж	1000	-	300	1,2	5	
	контроль зварювального з'єднання (шва)	зона контролю	2000	-	500	1,5	7	
механічний	управління механізованими і автоматизованими процесами	установка	1000	-	300	1,2	5	
	заготівельний цех	на рівні 0,8м від підлоги	-	-	150	0,9	4	
	механічні, ремонтно-механічні металорізальні станки	обробка деталі	2000	200	500	1,5	7	
збиральний	дільниця зборки	виріб	-	-	200	0,9	4	
	зборка великих виробів	те ж	750	150	300	0,9	4	
	підготовка виробів до фарбування	виріб	1000	-	300	1,2	5	
	склади, приміщення для лакофарбових матеріалів	те ж	-	-	30	0,2	1	
	фарбовиготовельний відділ	те ж	500	-	200	0,9	4	
	підготовка виробу до фарбування	виріб	1000	-	300	1,2	5	
	при безкамерному фарбуванні розпилювачем або щіткою дрібних деталей	виріб	1000	-	300	1,2	5	
	великі вироби	те ж	500	-	200	0,9	4	
	фарбувальні відділи і дільниці при фарбуванні в камерах або в закритих дільницях	у проходах між камерами на рівні підлоги	-	-	75	0,2	1	

5.3.2. Штучне освітлення

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на наступні види: робоче, аварійне, евакуаційне і охоронне.

Джерела світла поділяються на теплові і газорозрядні.

До теплових джерел світла відносяться лампи розжарювання, до газорозрядних – люмінесцентні, дугові ртутні високого тиску ДЛР, металогалогенних ДРІ, дугові ксенонові трубчасті лампи ДКсТ, натрієві лампи ДНА, світлодіодні та ін.

У табл. 5.5 приведена порівняльна характеристика різних освітлювальних пристроїв.

Характеристика освітлювальних пристроїв

Тип ламп	Опис і світність на одиницю споживаної потужності
Лампа розжарювання	Вакуумна колба з вольфрамовою спіраллю, що нагріта до білого світіння. Віддає 8-10 люмен на ват.
Галогенна лампа під стандартний патрон E27	Колба заповнена парами бромю або йоду. Галогени перешкоджають осіданню випарувалися атомів вольфраму на колбі і тим самим допомагають підвищити температуру спіралі, одночасно збільшивши термін служби лампи. Світловіддача досягає 12-15 люмен на ват.
Компактний люмінесцентний світильник з перетворювачем живлення в цоколі	Класична люмінесцентна лампа з вбудованим в цоколь компактним блоком живлення. Світловіддача досягає 50-70 лм/Вт.
Світлодіодний світильник	Об'єднані в одному корпусі світлодіоди, розпаяні на жорсткій підкладці, і перетворювач живлення. Світловіддача сучасних led-світильників перевищує 100-120 лм/Вт.

У табл. 5.6 приведені дані про величину світлового потоку ламп розжарювання загального призначення, розрахованих на напругу 220 В.

Таблиця 5.6

Характеристики ламп розжарювання загального призначення

Потужність, Вт	Тип ламп	Світловий потік, лм	Потужність, Вт	Тип ламп	Світловий потік, лм
15	В	105	150	Г	2000
25	В	220	150	Б	2100
40	Б	400	200	Г	2800
40	БК	460	200	Б	2920
60	Б	715	300	Г	4600
60	БК	790	500	Г	8300
100	Б	1350	750	Г	13100
100	БК	1450	1000	Г	18600

При маркуванні ламп застосовуються наступні позначення: В – вакуумна, Г – газонаповнена, Б – біспіральна газонаповнена, БК – біспіральна криптонова.

Промисловістю випускаються люмінесцентні лампи п'яти типів: поліпшеного спектрального складу ЛДЦ; денні ЛД; білі ЛБ; холодно-білі ЛХБ і тепло-білі ЛТБ.

Значення світлового потоку люмінесцентних ламп низького тиску напруги 220 В приведені в табл. 5.7.

У табл. 5.8 приведені основні технічні характеристики дугових ртутних ламп.

Для освітленості території заводів, відкритих складів застосовують лугові ксенонові трубчасті лампи ДКСТ. Їх потужність досягає 50 кВт. У табл. 5.9 дані технічні характеристики ксенонових ламп.

Для освітлення приміщень виробничих, громадських та інших будинків в даний час використовують також світлодіодні світильники, світлові

характеристики яких наведені в табл. 5.10.

Таблиця 5.7

Світловий потік найбільш поширених люмінесцентних ламп

Тип ламп	Світловий потік, лк, при потужності Вт					
	15	20	30	40	65	80
ЛДЦ	500	820	1450	2 100	3 050	3 546
ЛД	590	920	1640	2 340	3 570	4 070
ЛХБ	675	935	1720	2 600	3 820	4 440
ЛБ	760	1180	2100	3 000	4 550	5 220

Таблиця 5.8

Характеристика дугових ртутних ламп високого тиску

Тип лампи	Потужність, Вт	Напруга на лампі, В	Струм лампи, А		Світловий потік, лм
			робочий	пусковий	
ДРЛ 80	80	115	0,80	1,68	3 200
ДРЛ 125	125	125	1,25	2,60	5 600
ДЛР 250	250	130	2,15	4,50	11 000
ДЛР 400	400	135	3,25	7,15	19 000
ДЛР 700	700	140	5,45	12,00	35 000
ДЛР1000	1000	145	7,50	16,50	50 000

Таблиця 5.9

Характеристики ксенонових ламп

Тип ламп	Потужність, Вт	Напруга, В	Струм лампи, А	Світловий потік, лм	Строк служби, год.
ДАст-5 000	110	5 000	41	98 000	300
ДКсТ-10 000	220	10 000	46	260 000	750
ДКсТ-20 000	380	20 000	56	694 000	500
ДКсТ-50 000	380	50 000	140	2 230 000	500

Таблиця 5.10

Світлові характеристики світлодіодних ламп

Потужність світлодіодної лампи, Вт	Світловий потік, лм
3	250
5	400
8	700
14	1 300
22	2 100

5.3.3. Світлотехнічні розрахунки

Метод коефіцієнта використання. В своїй суті світлотехнічний розрахунок по цьому методу полягає у визначенні величини світлового потоку ламп, що забезпечує необхідну величину освітленості конкретного виробничого приміщення.

Розрахунок виконується з формули:

$$\Phi_p = E_n \cdot k \cdot S \cdot z / n_c \cdot n_d \cdot \eta, \quad (5.41)$$

де: E_n – освітленість, що нормується, лк;
 k – коефіцієнт запасу (табл. 5.11);
 S – освітлена площа, m^2 ;
 z – поправочний коефіцієнт (1,1 - 1,2);
 n_c – число світильників, одиниць;
 n_l – число ламп в світильнику, одиниць;
 Φ_p – розрахунковий світловий потік лампи, лм;
 η – коефіцієнт використання світлового потоку.

При розташуванні світильників, близькому до оптимального, коефіцієнт z приймається рівним:

- 1,15 для ламп розжарювання і ДРЛ;
- 1,1 для люминисцентних ламп (при розташуванні світильників у вигляді ліній, що світять).

Таблиця 5.11

Коефіцієнт запасу К

№ п/п	Освітлювальні об'єкти	При лампах	
		газорозрядні	накалювання
1	Виробничі приміщення з повітряним середовищем, що містить 10 мг/м ³ пилюки, диму і кіптяви:		
	а) при темній пилюці б) при світлій пилюці	2,0 1,8	1,7 1,5
2	Виробничі приміщення з повітряним середовищем, що містить від 5 до 10 мг/м ³ пилюки і кіптяви:		
	а) при темній пилюці б) при світлій пилюці	1,3 1,6	1,5 1,4
3	Виробничі приміщення з повітряним середовищем, що містить не більш 5 мг/м ³ пилюки, диму і кіптяви. Допоміжні помешкання з повітряним середовищем і помешкання суспільних і житлових будинків	1,5	1,3
4	Території (площадки) промислових підприємств з повітряним середовищем, що містить:		
	а) більш 5 мг/м ³ пилюки, диму і кіптяви б) 0,5 мг/м ³ і менше пилюки, диму і кіптяви	1,5 1,5	1,3 1,3
5	Вулиці, площі, дороги, території суспільних будинків, житлових районів і виставок, парки, бульвари	1,5	1,3

Примітки: 1. Коефіцієнти запасу k встановлені з урахуванням регулярного очищення світильників, що використовуються для освітлення об'єктів, вказаних в п. 1, не рідше двох разів в місяць; в п. 2 – не рідше за один раз в місяць; в п.п. 3 і 4а – не рідше за один раз в 3 місяці; в п.п. 4б і 5 – не рідше за один раз в 6 місяців.

2. У приміщеннях з особливим режимом по очищенню повітря при використанні світильників, що обслуговуються знизу, коефіцієнти запасу k можуть бути знижені до 1,3 при розрядних і до 1,5 при лампах розжарювання.

Коефіцієнт використання світлового потоку η показує, яка частина світлового потоку світильника падає на робочу поверхню. Величина коефіцієнта η залежить від значень коефіцієнтів відображення стелі ρ_p , стін ρ_z , розрахункової поверхні ρ_r і індексу приміщення i . Значення коефіцієнтів відображення ρ представлені в табл. 5.12.

Значення коефіцієнтів відбиття ρ (ДСТУ В.2.5-28:2018)

Вид поверхні	Позначення	Коефіцієнт відбиття
Стеля	ρ_c	0,7 ÷ 0,9
Стіни	$\rho_{ст}$	0,5 ÷ 0,8
Підлога	$\rho_{п}$	0,2 ÷ 0,4
Робоча поверхня	$\rho_{рп}$	0,2 ÷ 0,7

Індекс приміщення і обчислюється за формулою:

$$i = A \cdot B / h_p (A + B), \quad (5.42)$$

де: A і B – відповідно довжина і ширина приміщення, м;

$AB = S$ – площа приміщення, м²;

h_p – висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею, м.

Для цехів з великою протяжністю $i_p = B / h$.

Величину коефіцієнта використання світлового потоку η визначають (%) від потоку лампи по потоках нижньої Φ_n і верхній Φ_v напівсфери:

$$\eta = \Phi_n \cdot \eta_n + \Phi_v \cdot \eta_v, \quad (5.43)$$

де: η_n – коефіцієнт використання нижньої напівсфери (табл. 5.14);

η_v – те ж верхньої напівсфери (табл. 5.13).

Число світильників n_c вибирається, виходячи з умови рівномірної освітленості по всій площі приміщення. Відповідно до розрахункової схеми (рис. 5.1) розміщення світильників над розрахунковою поверхнею h_p і відстані L між світильниками:

$$h_p = H - h_n - h_c,$$

де: H – висота приміщення, м;

h_n – відстань від підлоги до розрахункової поверхні, м;

h_c – звіс, м;

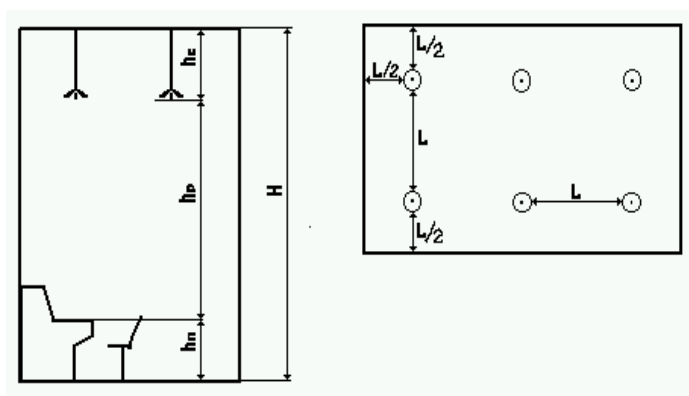


Рис. 5.1. Схема розміщення світильника
а - приміщення в розрізі; б – те ж в плані

Розмір звісу h_c звичайно приймається рівним від 0,5 до 0,7 м. Висота розрахункової поверхні h_p частіше за все приймається в межах від 0,8 до 1 м.

Для різних типів світильників визначені найвигідніші відносини відстані L між світильниками до висоти підвісу світильників над розрахунковою поверхнею $\lambda = L / h_p$. Найвигідніше значення в залежності від типу кривої сили світла для найбільш поширених світильників приведені в табл. 5.16.

Таблиця 5.13

Коефіцієнт використання світлового потоку верхньої напівсфери $\rho_v, \%$

Індекс приміщення l	Світильники															
	Стельові							Підвісні								
	Коефіцієнт відбитка стелі $\rho_{п}, \%$															
	70			50		30		70			50		30			
	Коефіцієнт відбитка стін $\rho_c, \%$															
	50		30		50		30		10		50		30		10	
	Коефіцієнт відбитка розрахункової поверхні $\rho_p, \%$															
30		10		30		10		10		30		10		10		
0,5	26	25	20	19	17	13	6	19	18	15	14	11	9	4		
0,6	30	28	24	23	20	16	8	24	22	18	18	14	11	5		
0,7	34	32	28	27	22	19	10	27	26	22	21	16	13	6		
0,8	38	36	31	30	24	21	11	31	29	25	25	18	16	7		
0,9	40	38	34	33	26	23	12	34	32	28	28	20	18	8		
1,0	43	41	37	35	28	25	13	37	35	32	30	22	20	9		
1,1	46	43	39	37	30	26	14	40	37	34	33	24	21	11		
1,25	49	46	42	40	32	28	15	43	41	38	36	26	24	12		
1,5	54	49	47	44	34	31	17	48	44	42	40	29	26	14		
1,75	57	52	51	47	36	33	18	52	48	46	43	31	29	15		
2,0	60	54	54	50	38	35	19	55	50	56	46	33	31	16		
2,25	62	56	57	52	39	37	20	58	52	53	49	35	33	17		
2,5	64	58	59	54	40	38	21	60	54	55	51	36	34	18		
3,0	68	60	63	57	42	40	22	64	57	59	54	39	36	20		
3,5	70	62	66	59	43	41	23	67	60	62	56	40	39	21		
4,0	72	64	68	61	45	42	24	69	61	65	58	42	40	22		
5,0	75	66	72	64	46	44	25	73	64	69	62	44	42	24		

Відстань від крайніх світильників або рядів світильників до стіни приймається в межах **(0,3 - 0,5) L** в залежності від наявності поблизу стін робочих місць.

Світильники з лампами розжарювання і дугові ртутні лампи розташовуються по вершинах квадратних, прямокутних, ромбоподібних або трикутних полів з відношенням сторін не більше за 1,5. Світильники з люмінесцентними лампами в приміщеннях рекомендується встановлювати рядами, паралельно довгій стороні приміщення або стінці з вікнами. З метою забезпечення рівномірності освітлення вздовж ряду або подвоюють число світильників у країв ряду, або подвоюють число ламп в крайніх світильниках. Відстань від кінця ряду, на якому необхідно подвоювати освітленість, повинно складати **(0,3-0,5) L**.

Таблиця 5.14

Коефіцієнт використання світлового потоку нижньої напівсфери $\rho_{\text{с}}, \%$

Індекс приміщення	Типова крива																																			
	рівномірна М									косинусна Д									глибока Г																	
	Коефіцієнт відбиття стелі $\rho_{\text{п}}, \%$																																			
	70			50			30			70			50			30			70		50		30													
l	Коефіцієнт відбиття стін $\rho_{\text{с}}, \%$																																			
	50			30			10			50			30			10			50			30			50		30		10							
																			Коефіцієнт відбиття розрахункової поверхні $\rho_{\text{р}}, \%$																	
30			10			10			30			10			10			30			10			30			10		10							
0,5	28	28	21	21	19	15	36	35	30	30	30	34	28	25	58	57	53	57	53	53	57	53	57	53	57	53	49									
0,6	35	34	27	26	31	24	43	42	35	34	40	33	28	68	65	62	65	62	60	64	60	64	60	64	60	57										
0,7	44	39	32	31	39	31	48	47	41	38	45	38	33	74	69	68	74	69	68	64	69	64	69	64	61											
0,8	49	46	38	36	43	36	54	51	45	43	49	43	37	78	73	72	78	73	72	69	72	69	72	69	66											
0,9	51	48	40	39	46	39	57	55	48	46	52	46	41	81	76	75	81	76	75	72	75	72	75	72	70											
1,0	54	50	43	41	48	41	60	57	52	50	55	49	45	84	78	78	84	78	75	77	75	77	74	72	70											
1,25	59	55	49	46	53	45	69	63	60	56	61	55	50	90	83	84	90	83	84	79	82	79	82	79	76											
1,5	64	59	53	50	56	49	75	69	67	62	67	61	55	94	86	88	94	86	88	83	85	82	85	82	79											
1,75	68	62	57	53	60	53	79	72	71	66	70	65	60	97	88	92	97	88	92	85	86	85	86	85	82											
2,0	73	65	61	56	63	56	83	75	75	69	73	68	64	99	90	95	99	90	95	88	88	87	88	87	84											
2,25	76	68	65	60	66	59	86	77	79	73	76	71	66	101	92	97	101	92	97	90	90	88	90	88	85											
2,5	79	70	68	63	68	61	89	80	82	75	78	73	69	103	93	99	103	93	99	91	91	89	91	89	87											
3,0	83	75	73	67	72	65	93	83	86	79	81	77	73	105	94	102	105	94	102	93	91	91	91	91	81											
3,5	87	78	77	70	75	68	96	86	90	82	83	80	76	107	95	104	107	95	104	94	94	93	94	93	90											
4,0	91	80	81	73	78	72	99	88	93	84	85	83	79	109	96	105	109	96	105	94	94	94	94	94	91											
5,0	95	83	86	77	80	75	105	90	98	88	88	85	81	111	97	108	111	97	108	96	96	96	96	95	92											

Таблиця 5.15

Значення λ для світильників із типовими кривими сили світла в нижній напівсфері

Типова крива і символ значення в шифрі світильника	λ	Типова крива і символ позначення в шифрі світильника	λ
концентрована k	0,6	полуширока Л	1,6
глибока Г	0,9	рівномірна М	2,0
косинусна Д	1,4		

Таблиця 5.16

Коефіцієнт використання світлового потоку η , %

Індекс приміщення ι	Тип світильника																	
	У			УЗ			ППР, НСРО1, НСПО9			ППД-200			Шм			См-3000		
	Коефіцієнт відбиття стелі ρ_p																	
	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
	Коефіцієнт відбиття стен ρ_c																	
50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	
0,5	22	20	17	19	15	12	18	12	9	24	20	17	15	13	8	15	11	9
0,6	32	26	23	27	22	19	23	25	11	30	24	20	19	16	12	19	14	11
0,7	39	34	30	32	28	25	27	19	15	36	30	26	23	20	16	22	16	14
0,8	44	38	34	35	31	28	31	23	18	41	36	32	26	22	18	25	18	16
0,9	47	41	37	37	33	30	33	25	19	43	38	34	28	24	20	28	20	18
1,0	49	43	39	38	35	31	35	26	20	44	39	36	30	26	22	30	22	19
1,1	50	45	41	40	36	32	37	28	22	45	41	38	32	27	23	32	23	21
1,25	52	47	43	42	38	34	40	30	24	47	42	39	34	29	24	35	26	23
1,5	55	50	46	44	40	36	42	32	25	51	45	42	36	31	26	38	28	25
1,75	58	53	48	46	42	39	45	35	27	53	49	45	38	33	28	40	30	27
2,0	60	55	51	48	44	40	47	37	29	55	51	47	40	35	30	42	31	29
2,25	62	57	53	49	45	42	49	39	31	57	53	49	42	36	31	45	33	30
2,5	64	59	55	51	47	44	50	40	32	58	54	51	43	38	33	47	35	32
3,0	60	62	58	53	49	46	53	43	35	61	56	54	45	40	36	49	37	33
3,5	68	64	61	55	51	48	55	45	36	63	58	56	48	41	38	51	39	36
4,0	70	66	62	56	52	49	57	47	38	64	60	57	49	43	40	53	41	38
5,0	73	69	64	57	53	51	59	49	40	65	62	58	52	46	43	55	42	40

Примітка: коефіцієнт відображення розрахункової поверхні ρ_p прийнятий рівним 10%.

Точковий метод використовують при розрахунках загального і місцевого освітлення горизонтальних, вертикальних і похилих рівномірно освітлених поверхонь. Цей метод використовують для визначення освітленості будь-якої точки поверхні при відомих світлорозподілу, розташуванні і світловому потоку ламп світильника.

При розрахунку освітленості горизонтальної поверхні від точкового джерела з використанням кривих світлорозподілу світильника визначають тангенс кута падіння світлового потоку від кожного джерела в розрахункову точку:

$$\operatorname{tg}\alpha = d / h_p, \quad (5.44)$$

де: d – відстань від розрахункової точки до проекції осі симетрії світильника на площину, їй перпендикулярну і що проходить через розрахункову точку, м;
 h_p – висота підвісу світильника над розрахунковою точкою, м.

Це дозволяє знайти кут α и \cos^3 . По кривій розподілу сили світла заданого світильника визначають силу світла I_α умовної лампи для знайденого кута. Дані розподілення деяких світильників представлені в табл. 5.15.

Таблиця 5.17

Світлорозподіл світильників

Типи світильників	Сила світла I , кд, у напрямку α , град									
	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85
Люмінесцентні лампи										
ОД	242	241	230	215	190	158	119	76	40	10
ОД	242	241	241	237	216	183	139	93	40	10
ОДОР	208	205	192	173	148	118	82	50	25	10
ОДОР	208	208	208	205	198	157	104	70	25	10
ПВЛМ	139	135	125	115	104	84	63	44	22	6
ПВЛМ	139	139	138	135	128	118	110	100	85	66
Лампи накаливання										
ППД-100	177	178	190	190	172	160	137	114	44	7
ППД-200	177	178	190	190	172	160	137	114	44	7

Примітка: У світильниках типу ОД, ОДОР і ПВЛМ розташування характерних площин приймати поперечним.

Далі розраховують освітленість горизонтальної поверхні від кожного світильника з умовною лампою при світловому потоці ламп, рівну 1000 лк:

$$E_\Gamma = I_\alpha \cdot \cos^3 \alpha / h_p^2. \quad (5.45)$$

Сумарна умовна освітленість горизонтальної поверхні в контрольній точці рівна сумі освітленості, що створюється джерелами світла:

$$\sum e_\Gamma = e_{\Gamma 1} + e_{\Gamma 2} + e_{\Gamma 3} \dots + e_{\Gamma n}. \quad (5.46)$$

Після цього визначають освітленість горизонтальної поверхні в контрольній точці:

$$E_\Gamma = \Phi \mu \sum e_\Gamma / 1000k, \quad (5.47)$$

де: μ – коефіцієнт додаткової освітленості, що враховує дію видалених джерел і відображеного світла;

k – коефіцієнт запасу.

Для розрахунку освітленості E_θ на похилій поверхні використовують формулу:

$$E_\theta = E_p (\cos \theta + l \sin \theta / h_p), \quad (5.48)$$

де: θ – кут нахилу розрахункової площини по відношенню до площини, перпендикулярної осі симетрії світильника.

5.3.4. Проектування штучного освітлення

Фактично рішення цього завдання полягає в розрахунку параметрів світлотехнічної установки конкретного виробничого приміщення, виборі типу і потужності світлових приладів, світильників і визначенні місць їх раціональної установки.

Рішення задачі включає наступні етапи:

- нормування освітленості виробничого приміщення в темний час доби;
- визначення допоміжних величин, які входять у формули для розрахунку світлового потоку лампи;
- розрахунок світлового потоку лампи;
- вибір технічних характеристик світлотехнічної установки.

Таблиця 5.18

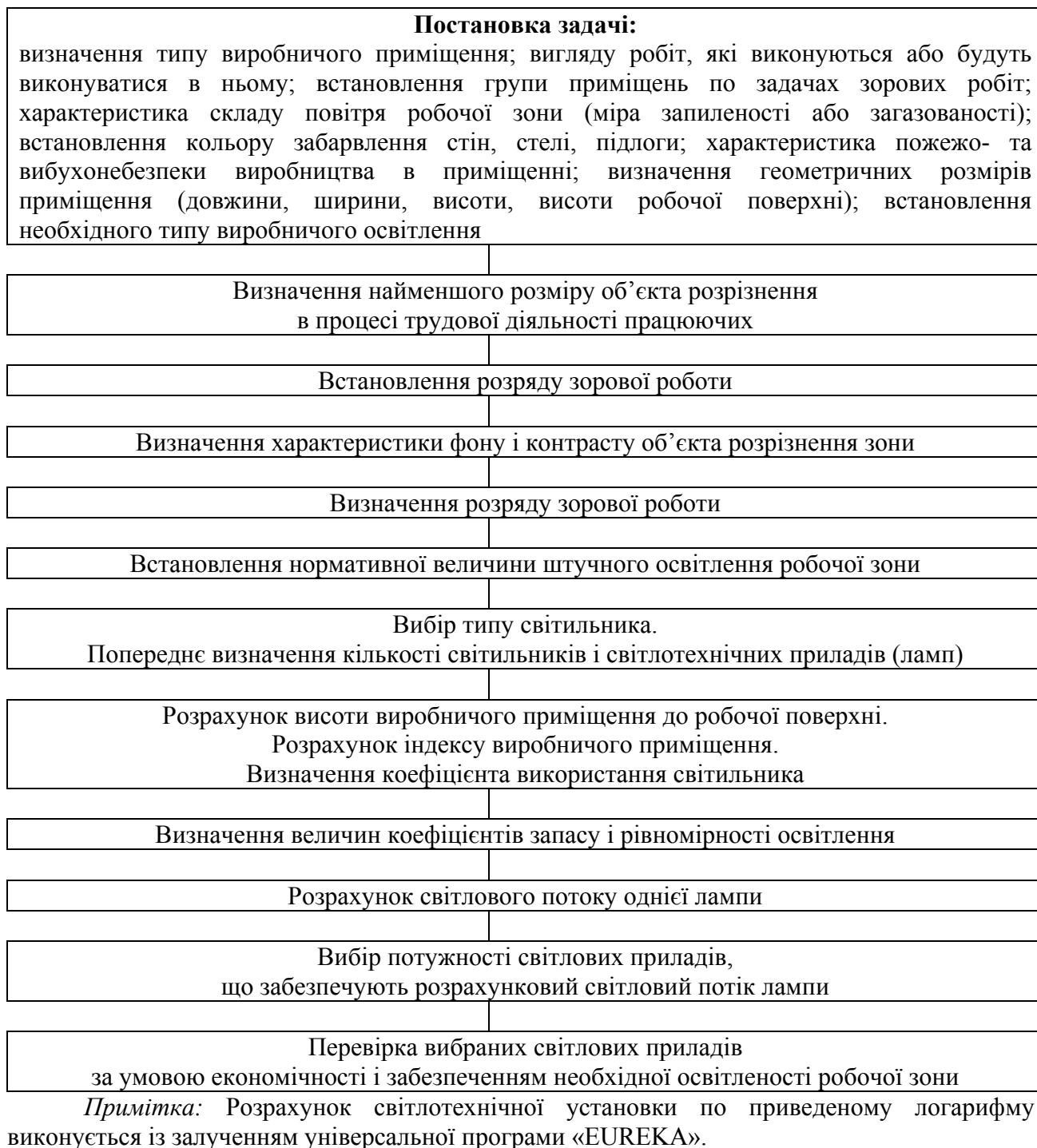
**Коефіцієнт використання світлового потоку α , %
(світильники з люмінесцентними лампами)**

Індекс приміщення l	Тип світильника																	
	ОД			ОДР і ПВЛ-6			ОДО			ОДОР			ШОД			ПВЛМ, ДОР, ЛДОР, ЛСПО6, ЛСПО2		
	Коефіцієнт відбиття стелі ρ_p , %																	
	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
	Коефіцієнт відбиття стін ρ_c , %																	
50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	
0,5	30	25	20	28	24	21	29	21	19	26	20	17	22	16	14	25	19	14
0,6	34	29	25	32	27	24	32	26	22	30	24	20	28	21	18	29	22	18
0,7	38	33	29	35	30	27	26	29	25	34	28	23	32	24	21	33	26	22
0,8	42	36	33	38	33	29	40	33	28	37	31	36	36	27	24	36	30	25
0,9	45	39	35	41	36	32	42	36	31	40	33	28	38	30	27	40	33	28
1,0	47	42	38	44	38	34	46	38	33	42	35	30	41	32	29	43	36	30
1,1	50	44	40	46	41	36	48	41	36	45	37	33	43	34	31	45	38	32
1,25	53	48	43	48	44	39	51	44	38	48	40	35	46	37	34	47	40	35
1,5	57	52	47	52	47	43	54	48	42	51	43	38	50	40	37	51	44	38
1,75	60	54	51	54	50	46	59	51	45	54	46	41	53	43	40	54	47	42
2,0	62	57	54	56	52	49	61	53	47	56	48	43	55	45	42	56	49	44
2,25	54	59	56	58	54	51	63	55	49	58	50	45	57	47	44	58	51	46
2,5	65	60	57	60	65	52	65	56	50	59	51	46	59	48	45	60	53	48
3,0	67	63	60	62	58	55	67	59	53	61	53	48	61	50	48	62	65	50
3,5	69	65	62	63	59	57	69	61	55	63	55	50	63	52	50	63	56	51
4,0	70	66	64	64	61	58	70	63	56	64	56	51	65	54	51	64	58	53
5,0	72	69	66	65	62	60	72	65	58	66	58	53	67	56	53	67	60	56

Примітка: коефіцієнт відображення розрахункової поверхні ρ_p прийнятий рівним 10 %.

Для правильного рішення такого завдання необхідне виконання ряду послідовних етапів, які викладені у вигляді наступного алгоритму.

Блок-схема алгоритму



Отримані дані розрахунку світлового потоку однієї лампи порівнюються з величиною світлового потоку, що формується вибраними світловими приладами для виконання наступної умови:

$$10\% < \Phi_{\phi} < 20\%, \quad (5.49)$$

де: Φ_{ϕ} – фактична величина світлового потоку однієї лампи, що отримується при використанні вибраних світлових приладів;

10%, 20% - відхилення фактичної величини світлового потоку від розрахункового значення.

Якщо приведена умова не виконується, необхідно зробити перерахунок даних. Перерахунок може бути проведений таким чином:

- перераховується величина світлового потоку однієї лампи, при зміні кількості світлових приладів, що встановлюються;

- перераховується величина фактичного світлового потоку при зміні типу вибраних світлових приладів, що характеризуються відмінним від вибраного світловим потоком.

Виходячи з отриманих результатів проводиться конкретизація вибору типу і потужності ламп, а також типу світильника. Причому, при виборі типу світильника, необхідно враховувати склад повітря робочої зони, а також міру пожежовибухонебезпеки виробництва в приміщенні, для якого проектується світлотехнічна установка (тобто вибрати світильник звичайної конструкції, в пиловологозахистному або герметичному виконанні).

Результатом роботи над такою задачею є ескіз розміщення світильників у виробничому приміщенні і характеристика світлотехнічної установки, тип, потужність і необхідна кількість ламп; тип, кількість світильників, геометричні параметри розміщення світильників в приміщенні.

Приклад. У приміщенні арматурного цеху заводу планується встановити світильники типу ППД-200 (значення $\lambda=1,6$). Приміщення має розміри: $A=36\text{м}$, $B=12\text{м}$, $H=3,5\text{м}$. Висота робочої поверхні $h_n=0,8\text{м}$, звіс світильника $h_c=0,6\text{м}$. Запиленість повітря 6 мг/м^3 темним пилом. Приміщення має побілену стелю, бетонні стіни, темну робочу поверхню. Потрібно визначити потужність джерел світла, загальну встановлену потужність освітлювальної установки, необхідні для забезпечення освітленості, що нормується $E_n=100\text{ лк}$.

Рішення. Визначаємо висоту підвісу світильників над робочою поверхнею:

$$h_p = 3,5 - 0,8 - 0,6 = 2,1\text{ м.}$$

Тоді індекс приміщення буде рівний:

$$i = 36 \cdot 12 / 2,1 \cdot (36 + 12) = 4,3.$$

Для заданих умов коефіцієнти відображення стелі, стін і розрахункової поверхні складають: $\rho_n=0,7$; $\rho_c=0,5$; $\rho_p=0,1$. За цим даними знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=0,64$ (табл. 5.16).

Найвигідніше значення відношення $\lambda=L/h_p=1,6$ відстані між світильниками L до розрахункової висоти їх підвісу h_p для заданого світильника знаходимо за табл. 5.13. Висота підвісу світильника $h_p = 2,1\text{ м}$ дає нам відстань між світильниками $L=1,6 \cdot 2,1=3,36\text{ м}$. Для розрахунків приймаємо $L = 3,0\text{ м}$. Приймавши відстань від світильників до стін $L/2 = 1,5\text{ м}$, ми можемо по кутах квадрата зі стороною $L=3,4\text{м}$ розмістити і вмістити $n_c=48$ світильників.

Схема розміщення світильників представлена на рис. 5.2.

Приймаємо величину поправочного коефіцієнта $z = 1,15$. За табл. 5.9 знаходимо, що величина коефіцієнта запасу для заданої запиленості повітря металевим пилом при використанні ламп розжарювання повинна бути прийнята $K = 1,5$.

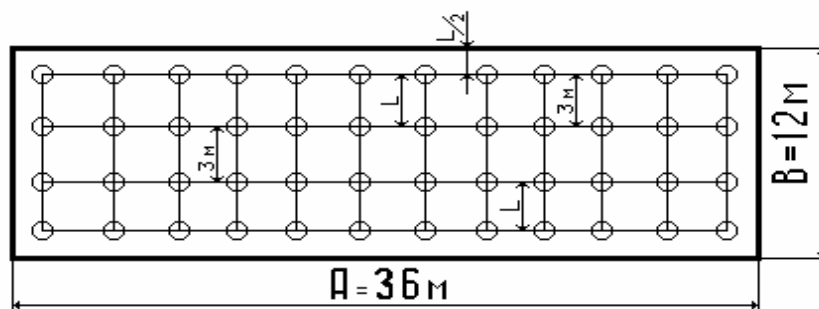


Рис. 5.2. Схема розміщення світильників

Величина світлового потоку Φ_p однієї лампи, необхідна для створення освітленості, що нормується $E_n = 100$ лк, буде рівна:

$$\Phi_p = 100 \times 36 \times 12 \times 1,5 \times 1,15 / 0,64 \times 48 = 1725 \text{ лм.}$$

Потужність ламп для заданого напруження мережі визначаємо за табл. 5.5. Найбільш близька до розрахункової величини світлового потоку лампа розжарювання типу Г-220 потужністю $P_{\text{л}} = 150$ Вт, $\Phi_{\text{л}} = 2000$ лм. Фактичний світловий потік лампи відрізняється від розрахункового менш ніж на 15%. Визначаємо розрахункову величину освітленості, що формується при використанні вибраних ламп типу Г-220:

$$E = E_n = \Phi_{\text{л}} / \Phi_p = 100 \cdot 2000 / 1725 = 115 \text{ лк.}$$

Отримана величина **E** задовольняє умову поставленої задачі.

Потужність освітлювальної установки $P_{\text{оу}}$ складе:

$$P_{\text{оу}} = I_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} = 48 \cdot 150 = 7200 \text{ Вт.}$$

Приклад. Приміщення з розмірами $A = 48$ м, $B = 12$ м освітлюється світильниками типу ОДОР з двома лампами типу ЛБ-80. Коефіцієнт запасу $k=1,5$, коефіцієнт $Z=1,2$; коефіцієнт відображення стелі, стін і розрахункової поверхні відповідно рівні $\rho_n = 50\%$; $\rho_c = 30\%$; $\rho_p = 10\%$. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею $h_p = 3,8$ м. Визначити методом коефіцієнта використання світлового потоку необхідне число світильників, якщо нормована освітленість $E_n = 200$ лк.

Рішення. Визначимо індекс приміщення:

$$i = 48 \cdot 12 / 3,8 \cdot (48 + 12) = 2,5.$$

За табл. 5.12 визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку $\rho=51\%$. Враховуючи, що світловий потік люмінесцентної лампи типу ЛБ-80 (табл. 5.7) рівний 5220 лк, визначаємо необхідне число світильників:

$$n_c = E_n \cdot k \cdot S \cdot z / \Phi \cdot n_{\text{л}} \cdot \eta = 200 \cdot 1,5 \cdot 576 \cdot 1,15 / 5220 \cdot 2 \cdot 0,51 = 37 \text{ шт.}$$

Розрахунок штучного освітлення точковим методом. Фактично рішення цього завдання застосовується для розрахунку локалізованого або місцевого освітлення, а також для перевірки параметрів світлотехнічної установки – розрахунку освітленості в необхідній точці (або точках)

конкретного виробничого приміщення.

Рішення задачі включає наступні етапи:

- уточнення типу світильників, встановлених (або що встановлюються) у виробничому приміщенні;
- визначення необхідного комплексу технічних характеристик світильників світлотехнічної установки;
- розрахунок рівня освітленості в необхідній точці приміщення.

Для правильного рішення задачі по визначенню освітленості в заданій точці виробничого приміщення необхідне виконання наступного ряду послідовних етапів, які викладені у вигляді наступного алгоритму:

Постановка задачі: Визначення типу світильників; типу і потужності ламп, які встановлені в світильниках; визначення висоти підвісу і відстані між світильниками, L
Визначення геометричного положення точки виробничого приміщення, в якій розраховується освітленість
Встановлення розряду зорових робіт у виробничому приміщенні
Визначення характеристики фону і контрасту об'єкта розрізнення з фоном
Визначення розряду зорових робіт
Встановлення нормативної величини штучного освітлення робочої зони
Визначення коефіцієнта запасу; коефіцієнта додаткової освітленості, що створюється світильниками, видаленими від точки приміщення, яка цікавить; визначення умовної освітленості; встановлення перехідного коефіцієнта L
Розрахунок освітленості в необхідній точці

Примітка: Розрахунок точкової освітленості по приведеному алгоритму виконується із залученням універсальної програми «EUREKA».

Приклад. Визначити освітленість в точці А поверхні, що освітчується відповідно до плану розміщення світильників, зображеного на рис. 5.3:

- на горизонтальній поверхні;
- на похилій під кутом $\theta = 60^\circ$ до поверхні, яка освітлюється світильниками 4, 5 і 6.

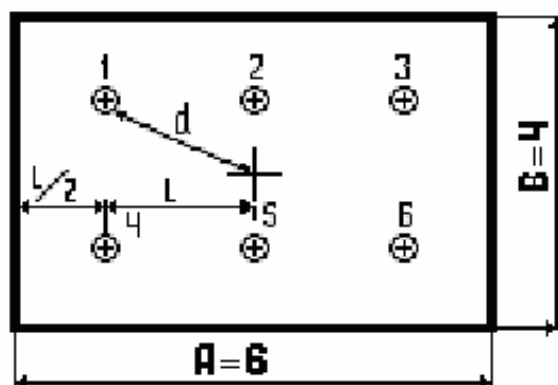


Рис. 5.3. Схема розміщення світильників

Приміщення розміром 4 x 6 м освітлюється світильниками типу ППД-200 з лампами потужністю 200 Вт. Відстань між світильниками одного ряду і між рядами $L = 2$ м. Висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею $h_p = 2,7$ м. Коефіцієнт додаткової освітленості $\mu = 1,1$.

Рішення. Визначаємо освітленість в точці А від світильника 1. Для цього визначаємо відстань від розрахункової точки А до цієї осі симетрії:

$$d = \sqrt{L^2 + (L/2)^2} = \sqrt{4+1} = 2,2 \text{ м}$$

Тангенс кута падіння α світлового променя в точці А від першого світильника буде рівно: $2,2 / 2,7 = 0,80$. Тоді кут падіння світлового променя в точку А від першого світильника рівний 380 , а $\cos^3 \alpha = 0,49$. У відповідності з табл. 5.17 сила світла I умовної лампи в напрямі кута $\alpha = 380$ становить 169 кД.

Освітленість горизонтальної поверхні від першого світильника з умовною лампою складає:

$$e_p = 166 \cdot \cos^3 41^\circ / 2,7^2 = 166 \cdot 0,49 / 7,3 = 11 \text{ лк.}$$

Така ж освітленість створюється третім, четвертим і шостим світильниками, оскільки точка А знаходиться в центрі прямокутника, утвореного світильниками. Освітленість, що створюється другим і п'ятим світильниками, розраховують аналогічно:

$$d = 1 \text{ м; } \operatorname{tg} \alpha = 1/2,7 = 0,27; \alpha = 21^\circ; I_{21}^0 = 190 \text{ кД;}$$

$$e_{r_2} = (190 \cdot \cos^3 21^\circ) / 2,7^2 = 21 \text{ лк; } \cos^3 21^\circ = 0,8.$$

Сумарну умовну освітленість в точці А від дії шести світильників визначимо за формулою:

$$\Sigma e_r = e_{r_1} + e_{r_2} + e_{r_3} + e_{r_4} + e_{r_5} + e_{r_6} = 11 + 21 + 11 + 11 + 21 + 11 = 86 \text{ лк.}$$

Фактична освітленість в точці А з урахуванням фактичного світлового потоку лампи $\Phi = 2920$ лм за допомогою ДБН В.2.5-28:2016:

$$E_r = 2920 \cdot 1,1 \cdot 8,6 / (1000 \cdot 1,3) = 21,2 \text{ лк.}$$

Висновок. Освітленість горизонтальної поверхні в точці А, та, що створюється четвертим і шостим світильниками, дорівнює 11 лк, а п'ятим світильником – 21 лк. Сумарна умовна освітленість в точці А горизонтальної поверхні від дії трьох джерел:

$$\Sigma e_r = e_{r_4} + e_{r_5} + e_{r_6} = 11 + 11 + 21 = 43 \text{ лк.}$$

Фактична освітленість горизонтальної поверхні від четвертого, п'ятого і шостого джерел складе:

$$E_r = 2920 \cdot 1,1 \cdot 45 / (1000 \cdot 1,3) = 111 \text{ лк.}$$

Тоді освітленість на похилій поверхні під кутом $\theta = 60^\circ$ буде рівна:

$$E_\theta = 111 (0,5 + 1,0 \cdot 0,86 / 2,7) = 91 \text{ лк.}$$

Приклад. Точковим методом перевірити освітленість в точці А арматурного цеху. Приміщення освітлене світильниками ОДОР 2 x 80 Вт (люмінесцентне освітлення).

Розрахункова висота підвісу світильника $h_p = 5$ м, відстань між рядами світильників $L = 6$ м, відстань між центрами ламп одного ряду 2,4 м. Відстань від розрахункової точки А до проекції осі світильника $d = 2,5$ м. Схема розміщення світильників представлена на рис. 5.4.

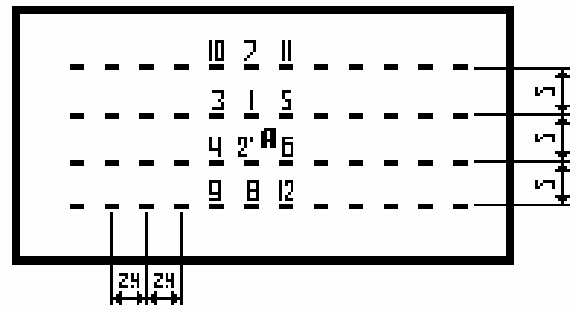


Рис. 5.4. Схема розміщення світильників

Рішення. Розрахунок виконується точковим методом для крапкових симетричних джерел світла, тому що відношення довжини ламп l_d і висоти підвісу h_p , $l_d / h_p = 1,5 / 5 < 0,6$. Розраховуємо освітленість у точці А від першого і другого світильників. Тангенс кута падіння світлового променя в точку А від першого (або другого) світильника дорівнює $tg\alpha = 2,5 / 5 = 0,5$. Кут падіння світлового променя в точці А від першого (або другого) світильника $\alpha = 260$; $\cos 3\alpha = 0,7$.

За табл. 5.17 визначаємо силу світла I для світильника ОДОР умовної лампи в напрямку $\alpha = 260$ дорівнює 170 кд.

Умовна освітленість від дії першого (або другого) світильника буде дорівнює:

$$e_{r1,2} = I_{\alpha 1,2} \cdot \cos 3\alpha / h^2 p = 175 \cdot 0,73 / 25 = 5,1 \text{ лк.}$$

Розрахунок освітленості від інших джерел світла виконується аналогічно і зводиться в табл. 5.19.

Таблиця 5.19

Результати розрахунків

Номера світильників	d, м	tg α	α	$\cos^3 \alpha$	I_{α}	e_r
1, 2	2,5	0,5	26	0,73	175	5,1
3, 4, 5, 6	3,46	0,66	31	0,63	140	3,5
7, 8	7,5	1,5	57	0,16	75	0,48
9, 10, 11, 12	7,85	1,57	58	0,15	72	0,43

Сумарна умовна освітленість від облічених світильників складе:

$$\Sigma e_r = 2 \cdot 5,1 + 4 \cdot 3,5 + 2 \cdot 0,48 + 4 \cdot 0,43 = 26,48 \text{ лк.}$$

У цьому випадку освітленість від віддалених джерел із 7 по 12 незначна і дорівнює 2,28 лк.

З огляду на те, що світловий потік лампи ЛБ-80 складає 5220 лм (табл. 5.6), приймаючи $\mu = 1,15$ і $k = 1,5$ по формулі, одержуємо фактичну освітленість у першій точці:

$$E_r = \phi \cdot \mu \cdot \Sigma e_r / 1000 = 2 \cdot 5220 \cdot 1,15 \cdot 26,5 / 1000 \cdot 1,5 = 210 \text{ лк.}$$

Приклад. Розрахувати необхідну кількість світлодіодних світильників для забезпечення комфортного освітлення приміщення площею 20 м²:

1. Розраховуємо величину світлового потоку для освітлення конкретного приміщення за формулою:

$$\Phi = E \cdot S \cdot Z, \quad (5.50)$$

де: E – стандартно прийнята норма освітленості в Люксах (Лк);

S – площа приміщення, м²;

Z – коефіцієнт висоти стель, до 2,7 м $Z = 1$, від 2,7 до 3 м $Z = 1,2$, від 3 до 3,5 м $Z = 1,5$, від 3,5 до 5,5 м $Z = 2$.

Що ж стосується норм освітленості, то дані показники можна взяти з табл. 5.1, 5.2 ДБН В.2.5-28:2016.

Таким чином, наприклад, для освітлення житлової кімнати площею 20 м² та висотою стель до 3 м знадобиться світловий потік в:

$$\Phi = 150 \cdot 20 \cdot 1,5 = 4500 \text{ Лм.}$$

Знаючи необхідну величину світлового потоку, можна визначити кількість необхідних світлодіодних ламп. Світловий потік кожної лампочки вказано в її технічні характеристики (табл. 5.10).

Кількість світлодіодних точок освітлення можна визначити, знаючи геометричні параметри приміщення та загальний світловий потік або світлові характеристики світлодіодної лампи.

Так, при виборі лампи потужністю 8 Вт для комфортного освітлення приміщення необхідно:

$$N = \frac{4500}{700} = 6,4 \approx 7 \text{ ламп.}$$

Таким чином, для нормального освітлення приміщення площею 20 м² необхідно 7 ламп потужністю 8 Вт.

Для прикладу можна вибрати лампочки потужністю в 12 і 14 Вт, величина світлового потоку яких дорівнює 1100 і 1250 Лм. Таким чином, в нашому прикладі знадобляться 3 лампочки в 12 і одна в 14 ВТ.

Слід врахувати, що вибираючи пристрої з більш низькою потужністю і, як наслідок, з низькими світловим потоком, номінальну величину слід збільшити.

В абсолютній більшості випадків світильники розташовуються на стелі. Чим вище стеля, тим більше світла розсіюється по дорозі до підлоги і робочих поверхонь, поглинається матеріалом стін, меблями і т. д.

Тому освітлення – світлодіодне і будь-яке інше – розраховується з урахуванням коефіцієнта поправки:

- для стелі висотою до 2,7 метра він дорівнює 1;
- при висоті стелі 2,7 - 3 м коефіцієнт приймається рівним 1,2;
- якщо висота стелі а 3 - 3,5 метра, норма освітленості зростає в 1,5 рази;
- в будинках з висотою стель 3,5-4,5 метри коефіцієнт поправки приймається рівним 2.

5.3.5. Розрахунок прожекторного освітлення

Прожекторне освітлення широко застосовується для освітлення будівельних майданчиків і інших об'єктів в темний час доби. При чому, за призначенням цей тип освітлення об'єкта може застосовуватися як для виконання робіт, так і з метою охоронного освітлення.

Найбільш поширеним методом є розрахунок по потужності прожекторної установки.

У процесі такого світлотехнічного розрахунку встановлюються наступні параметри прожекторній світлотехнічній установці: тип прожектора і потужність ламп, а також конструктивні параметри – висота установки прожектора і т.п.

Етапи рішення задачі розрахунку:

- нормування освітленості, яку необхідно забезпечити прожекторним освітленням;
- визначення величин допоміжних коефіцієнтів;
- розрахунок технічних характеристик установки;
- підбір світлотехнічних приладів.

Методично послідовність виконання розрахунку представляється у вигляді наступного алгоритму:

Постановка задачі: уточнення цілей проектування прожекторної установки – призначення, вид освітлення, що буде забезпечуватися установкою; визначення вигляду робіт, розряду зорових робіт, що виконується поза виробничим приміщенням; визначення розмірів об'єкта, що освітлюється
Встановлення освітленості горизонтальної поверхні, що нормується
Визначення значень додаткових величин, коефіцієнтів, що входять в формулу розрахунку кількості освітлювальних приладів (прожекторів)
Вибір типу джерел світла і освітлювальних приладів
Розрахунок кількості прожекторів
Розрахунок мінімальної висоти установки прожекторів. Розміщення освітлювальних приладів

Примітка: Рішення задачі розрахунку параметрів прожекторного освітлення на основі приведенного алгоритму реалізовується із залученням програми «EUREKA».

Кількість прожекторів n , що підлягає установці для створення на площі S необхідної освітленості $E_p = k \cdot E_n$, (де k – коефіцієнт запасу, E_n – освітленість, що нормується), розраховують по наступній формулі:

$$n = m \cdot E_p \cdot S / P_{\text{л}} \quad (5.51)$$

де: m - коефіцієнт, що враховує світлову віддачу джерел світла, к.п.д. прожектора і коефіцієнт використання світлового потоку (приймається за табл. 5.20);

$P_{\text{л}}$ - потужність лампи прожектора.

Орієнтовне значення коефіцієнта m

Джерело світла	Тип прожектора або світильника	Ширина освітлюємої площі, м	Значення m при розрахунковій освітленості, лк	
			0,5-1,5	2,0-30,0
ЛН	ПЗС, ПСМ	75-150	0,90	0,30
		175-300	0,50	0,25
Галогенні лн	ПКН, ИСУ	75-25	0,35	0,20
		150-350	0,20	0,15
Лампи типу ДРЛ	ПЗС, ПЗМ	75-250	0,25	0,13
		275-350	0,30	0,15
Лампи типу ДРИ	ПЗС, ПСМ	75-150	0,30	0,10
		175-350	0,16	0,06
Ксенонова лампа ДКсТ-20000	ОУКсН (Н=30м)	150-175	0,75	0,50
		200-350	0,50	0,40
Ксенонова лампа ДКсТ-20000	«АРЕВИК» (Н=30 м)	150-175	0,90	0,70
		200-250	0,70	0,50
Ксенонова лампа ДКсТ-20000	СКсН (Н=20-30 м)	100-150	0,55	0,45
		175-250	0,40	0,35

Приклад. Площа складу готової продукції 100 х 100 м, величина освітленості (що нормується згідно ГОСТ 12.1.046-86) $E_n = 2$ лк, $m = 0,45$. Для освітлення планується використати прожектор типу СКсН, джерело світла – ксенонова лампа ДКсТ-20000. Визначити необхідну кількість прожекторів.

Рішення. Кількість прожекторів визначаємо за формулою:

$$n = m \cdot E_p \cdot S / P_n = 0,45 \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot 10000 / 1000 = 1,17 \text{ шт.}$$

Приймаємо 2 прожектори, що встановлюються на торцях майданчика на максимально допустимій висоті (згідно табл. 5.21) 38 м.

Мінімально припустима висота установки прожектора і світильників прожекторного типу

Тип прожектора	Тип лампи	Максимальна сила світла	Максимально допустима висота установки прожекторів, м, при нормуємої освітленості, лк							
			ККД	0,5	1	2	3	5	10	30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПСМ-50-1	Г220-1000	120	35	28	22	20	17	13	7	6
ПСМ-50-1	ДРП-700	52	23	19	14	13	11	8	5	4
ПСМ-50-1	ДРП-400	19,5	14	11	9	8	7	5	3	3
ПСМ-50-2	ПЖ220-1000	640	60	50	40	35	30	25	17	13
ПСМ-40-1	Г220-500	70	25	21	17	15	13	10	5	4
ПСМ-40-2	ПЖ220-500	280	35	35	30	25	20	15	11	9
ПСМ-30-1	Г220-200	33	18	15	11	10	9	7	4	3
ПЗР-400	ДРП-400	19	14	11	8	8	7	5	3	3
ПЗР-250	ДРП-250	11	10	8	6	6	6	4	3	3
ПЗР-45	Г220-1000	130	35	29	22	20	18	13	7	6
ПЗР-45	ДРП-700	30	17	14	11	10	8	6	4	3
ПЗР-45	ДРП-400	14	12	10	7	7	5	4	3	3
ПЗР-45	ДРИ-700	600	-	65	50	45	40	30	16	13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ПЗР-35	Г220-500	50	22	18	14	13	11	8	6	4
ПЗМ-25	Г220-200	16	13	10	8	7	6	5	3	3
ПЗМ-35	Г220-500	40	20	16	12	11	10	7	4	4
ПЗМ-25	Г220-200	10	10	8	6	6	5	4	3	3
ПКН-1500-1	КГ220-1500	90	23	20	18	15	13	11	6	5
ПКН-1500-2	КГ220-1500	46	18	16	13	12	10	8	5	4
ОУКсН20000	ДКсТ-20000	650	50	42	38	33	30	20	15	11
ОУКсН50000	ДКсТ-50000	1300	70	50	46	40	36	30	30	30

5.4. Захист від вібрації

5.4.1. Розрахунок віброізоляції та віброгасильної основи

Методи вібраційного захисту відповідно до ДСТУ ISO 2631-1:2004 можуть бути колективні й індивідуальні.

Стосовно джерела порушення вібрації методи колективного захисту розподіляються на методи, що знижують параметри вібрації дією на джерело порушення (зміна конструкції машин, їх балансування, зміна частоти вібрації тощо), і методи, що знижують параметри вібрації на шляхах її поширення від джерела порушення (використання додаткових пристроїв, що вбудовуються в конструкцію машини або будівельні конструкції тощо) (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Методи та засоби колективного захисту від вібрації.

В інженерній практиці захист робочих місць від вібрації в основному забезпечується застосуванням віброізоляції, віброгасильної основи і динамічних гасителів вібрації.

Ефективність віброізоляції оцінюється коефіцієнтом передачі μ . Він показує, яка частина динамічної сили, що збуджує систему, передається через віброізолятори на основу:

$$\mu = F_0 / F = K \cdot x / F, \quad (5.52)$$

де: F – динамічна сила, що збуджує систему, Н;

F_0 – динамічна сила, передана на основу через віброізолятор, Н;

K – жорсткість віброізолятора, Н/м;

x – амплітуда вібропереміщення, мм.

Ефективність віброізоляції залежить від співвідношення частоти порушення і власної частоти коливань системи. Віброізолятори знижують передачу динамічних сил на об'єкт, що захищається за умови (рис. 5.6)

$$f / f_0 > \sqrt{2}.$$

де: f – частота порушення, Гц;

f_0 – власна частота системи, Гц.

Власна частота системи визначається таким вираженням:

$$f_0 = (1/2\pi) \cdot \sqrt{K/m} = (1/2\pi) \cdot \sqrt{Kg/Q} \cong 5 / \sqrt{\lambda_{ст}}, \quad (5.53)$$

де: $m = Q/q$ – маса об'єкта що ізолюється, кг;

Q – силове навантаження на віброізолятори, Н;

q – прискорення вільного падіння, м/с²;

λ – статична деформація віброізоляторів (у межах закону Гука $\lambda_{ст} = Q/K$).

При гармонійних коливаннях значення коефіцієнта передачі (без урахування загасання у віброізоляторах) може бути визначене за формулою:

$$\mu = 1 / [(f/f_0)^2 - 1] \quad (5.54)$$

З формул очевидно, що чим більше статична деформація віброізоляторів під силою ваги об'єкта, що ізолюється, тим нижче власна частота коливань системи і, відповідно, вище ефективність віброізоляції. Основними параметрами віброізоляторів, що визначають їх практичне використання, є жорсткість, Н/м; співвідношення жорсткостей у різноманітних напрямках; коефіцієнт грузлого тертя, Н·с/м; припустима деформація під навантаженням, м.

Ефективність віброзахисту на нижній межі області частот, що придушуються (f_H), залежить від $\lambda_{ст}$ і f_H (табл 5.22):

$$\lambda_{ст} = 4,9 / (\pi^2 \cdot f_H^2). \quad (5.55)$$

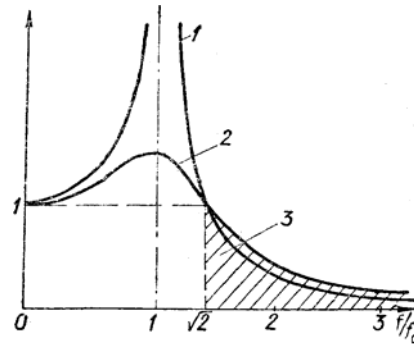


Рис. 5.6. Залежність коефіцієнта передачі μ від відношення f / f_0 :

1 - при використанні сталевих пружинних віброізоляторів;

2 - при застосуванні гумових віброізоляторів;

3 - область віброізоляції.

Значення $\lambda_{ст}$ у залежності від f_n

f_n , Гц	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	8,0
$\lambda_{ст}$, м	1,02	0,5	0,25	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01

Віброізолятори виконують із сталевих пружин, гуми та інших матеріалів. Застосовуються також комбіновані гумовометалеві та пружинно-пластмасові віброізолятори, пневмогумові амортизатори тощо.

Пружинні віброізолятори мають високу віброізолюючу спроможність і довговічність. Їх недоліком є те, що через невеличке внутрішнє тертя вони погано розсіюють енергію коливань. Тому загасання коливань машини, установленної на пружинних віброізоляторах, відбувається за 15...20 періодів. Найчастіше пружинні віброізолятори використовують для віброізоляції віброплощадок, бетономішалок, бетоноукладчиків, вентиляторів.

Гумові віброізолятори на відміну від пружинних мають велике внутрішнє тертя. Їх доцільно застосовувати в тих випадках, коли необхідно зменшити час загасання власних коливань і амплітуду коливань у резонансних режимах.

У гумових віброізоляторах пружний елемент може працювати на стиск або на зсув. Віброізоляція при роботі гумового елемента на зсув більш ефективна, чим на стиск, тому що модуль пружності гуми на зсув значно менший модуля пружності на стиск.

Найпростіші віброізолятори, у яких гума працює на стиск, – це прокладки і килимки (суцільні). Вони застосовуються для захисту від високочастотної вібрації. Для зменшення жорсткості килимків у їх конструкції передбачають різноманітні пази, виступи, отвори тощо, розташовані в шаховому порядку. Внаслідок цього гума починає працювати також і на зсув. Килимки можна встановлювати під залізобетонні фундаменти, під лапи машин. Випускають їх декількох типорозмірів, що відрізняються характеристиками. Жорсткість килимків достатньо низька, і вони можуть забезпечити власну частоту від 10 Гц і вище. Їх вкладають один на одного для зменшення жорсткості або, навпаки, розкладають паралельно при установці важкого устаткування. Для легких машин їх розрізають на частини.

Останнім часом для віброізоляції широко застосовують віброізолятори, що використовують пружні властивості стиснутого повітря. Пневмогумові віброізолятори прості за конструкцією і мають високі віброізолюючі властивості. Вони широко застосовуються в автомобільному і залізничному транспорті, на вібромайданчиках, віброгрохотах і іншому віброактивному устаткуванні.

Приклад. Розрахувати віброізоляцію віброплощадки і віброізолюючої основи, (фундамент) із забезпеченням припустимих параметрів вібрації робочих місць.

Розглянути два варіанти устрою віброізоляції: пружинні віброізолятори та пневмогумові амортизатори (рис. 5.7). Оцінити ефективність цих віброізолюючих пристроїв.

Віброплощадка з вертикально-спрямованими коливаннями вантажопі-
дійомністю 10т; загальна вага $Q = 13860\text{Н}$, у тому числі рухливих частин
 $Q_{н.ч.} = 11300\text{Н}$; частота коливань 50Гц; максимальний кінетичний момент
дебалансів $M = 5200\text{Н/см}$; амплітуда коливань віброплатформи $a = 0,5\text{мм}$;
розмір віброплатформи $6 \times 2,2$ м; ґрунт – пісок дрібний, мало вологий.

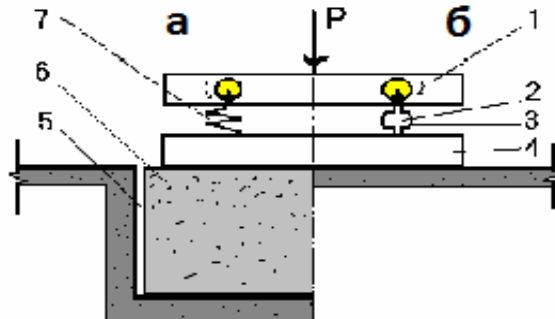


Рис. 5.7. Схема установки вібромайданчику з пружинними віброізоляторами (а) і пневмогумовим амортизатором (б):
1 – рухлива частина вібромайданчику;
2 – камера пневмогумового амортизатора;
3 – гумово-кордна оболонка пневмогумового амортизатора; 4 – нерухома (не підресорна) частина вібромайданчику (підставка); 5 – акустичний шов;
6 – віброгасяча підставка (фундамент);
7 – пружинний віброізолятор

Рішення. Розрахуємо віброізоляцію з застосуванням пружинних віброізоляторів. Визначаємо динамічну силу, що утворюється дебалансами вібраторів:

$$F = (\mu \cdot \omega^2) / q = [5200 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 50)^2] / 981 = 522629 \text{ Н};$$

де: $\omega = 2\pi f$ – кругова частота вібраторів, с^{-1} ;
 q – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

Сумарна жорсткість пружинних віброізоляторів (при конструюванні віброплощадок $\lambda_{ст}$ пружинних амортизаторів, приймають $0,3 \dots 0,5\text{см}$):

$$D_0 = Q_{н.ч.} / \lambda_{ст} = 113000 / 0,005 = 22600000 \text{ Н/м}.$$

Власна частота коливань:

$$f_0 = 5 / \sqrt{\lambda_{ст}} = 5 / \sqrt{0,5} = 7,05 \text{ Гц}.$$

Визначаємо коефіцієнт передачі за формулою:

$$\mu = 1 / [(50 / 7,05)^2 - 1] = 1/49.$$

Динамічна сила, передана на основу:

$$F_0 = F\mu = 522\,629 / 49 = 10666 \text{ Н}.$$

Для розрахунку амплітуди переміщень підставки (непідресореної

частини) віброплощадки необхідно знайти: мінімальну площу основи віброплощадки:

$$S_o = Q / R = 128600 / (2 \cdot 105) = 6430 \text{ см}^2.$$

де $R = 2 \cdot 10^5$ Па – припустимий нормативний тиск на ґрунт умовного фундаменту;

жорсткість основи під віброплощадкою:

$$K_\phi = F \cdot c_z = 6430 \cdot 40 = 257200 \text{ Н/м},$$

де: $c_z = 40 \text{ Н/см}^3$ – коефіцієнт пружного рівномірного стиску ґрунту (при $R=1 \cdot 2 \cdot 105 \text{ Па}$, $c_z=20 \text{ Н/см}^3$, $R=2c_z=40$; $R=3c_z=50$; $R=4c_z=60$; $R=5c_z=70$);

власну частоту коливань основи віброплощадки за формулою:

$$f_\phi = (1 / 6,28) \cdot \sqrt{257200981 / 2560} = 15,8 \text{ Гц},$$

де: $m_o = (Q - Q_{н. ч.}) / q$.

При застосуванні пружинних віброізоляторів амплітуда переміщень основи перевищує припустимі рівні. Для їх зниження потрібно улаштування віброгасячої основи, (фундаменту), що розраховуємо в такій послідовності. Розрахуємо віброгасячу основу.

Для віброплощадок з вертикально спрямованими коливаннями мінімально необхідна вага фундаменту, при якому коливання не будуть перевищувати припустимих, визначаємо за формулою:

$$Q_\phi = [q (a \cdot K = K_\phi \cdot a_\phi) / (a_\phi \cdot \omega^2)] - Q_o, \quad (5.56)$$

де: $\omega = 2\pi \cdot f = 3,14 \text{ с}^{-1}$ – кутова частота коливань;

Q_o – вага нерухомої частини (основи) віброплощадки, Н.

Таблиця 5.23

Припустимі нормативні тиски на ґрунт $R = 2 \cdot 10^5$, Па

Ґрунт		R
піски незалежно від вологості:	значні	3,5 – 4,5
	середньої крупності	2,5 – 3,5
піски дрібні:	мало вологі	2,0 – 3
	насичені водою	2,5 – 1
піски пилуваті:	мало вологі	2,0 – 2,5
	дуже вологі	1,5 – 2
	насичені водою	1
супесі при коефіцієнті пористості K:	0,5	3
	0,7	2
суглинки при коефіцієнті пористості K:	0,5	2,5 – 3
	0,7	1,8 – 2 – 2,5
	1,0	1 - 2

Припустимі значення амплітуди вібропереміщення

Частота гармонійної складової, Гц	Амплітуда вібропереміщення $a_{дон}$, мм, у виробничих приміщеннях		Частота гармонійної складової, Гц	Амплітуда вібропереміщення $a_{дон}$, мм, у виробничих приміщеннях	
	з вібраційними установками	без вібраційних установок		з вібраційними установками	без вібраційних установок
2	1,4	0,57	16	0,0282	0,0112
4	0,25	0,1	31,5	0,0141	0,0056
8	0,063	0,025	63	0,0072	0,0028

Для вібромайданчиків, що працюють із частотою не нижче 3000 кол./хв., можна користуватися спрощеною формулою:

$$Q_{\phi} \cong (1,1 \dots 1,2) \cdot (q_a \cdot a_1 / a_{\phi} \cdot \omega^2). \quad (5.57)$$

Необхідна вага фундаменту:

$$Q_{\phi} = 1,1 \cdot (9,81 \cdot 0,0005 \cdot 22600000) / (0,000009 \cdot 314^2) = 137416 \text{ Н.}$$

Приймаємо вагу фундаменту $Q_{\phi} = 140000 \text{ Н}$. Визначаємо власну частоту коливань фундаменту за формулою:

$$f_{\phi} = (1 / 6,28) \cdot [(257200 \cdot 981) / 16500] = 6,22 \text{ Гц,}$$

де: $m_{\phi} = (Q_{\phi} + Q_0) / q$ – вага фундаменту і основи віброплощадки, кг.

Амплітуда переміщень фундаменту:

$$a_{\phi} = 10666 / [257200 \cdot (50^2 / 6,22^2) - 1] = 0,00065 \text{ см} = 0,0065 \text{ мм} < a_{дон} = 0,009.$$

При застосуванні пружинних віброізоляторів та віброгасячої основи, амплітуда переміщень фундаменту не перевищує припустимого розміру.

Зробимо розрахунок віброізоляції з застосуванням пневмогумових амортизаторів. Динамічна сила, утворювана дебалансами вібраторів,

$$F = (\mu \cdot \omega^2) / q = 522629 \text{ Н.}$$

Визначаємо власну частоту коливань віброплощадки, установленної на пневмогумові амортизатори:

$$f_0 = (1/2\pi) \cdot \sqrt{(c_y + c_3 + c_p) / m}, \text{ Гц,} \quad (5.58)$$

де $C_y = (h \cdot \beta \cdot P_0 \cdot S) / Q_0$ – жорсткість пружного пневмоелементу, Н/м;

$C_3 = \alpha \cdot (P_0 - P)$ – жорсткість від зміни ефективної площі, Н/м;

c_p – жорсткість гумової оболонки, Н/м;

$\beta = d / d_z \approx S$ – похідна зміна обсягу пружного пневмоелемента по прогині;

$\alpha = d \cdot S / d_z \neq 0$ – похідна від ефективної площі по прогині;

V – обсяг камери пневмогумового амортизатора, м³;

$h = 1,41$ – показник політропи;

P_0 – робочий тиск у пневмогумовому амортизаторі, Па;

P – атмосферний тиск, Па;

$S = Q_{н.ч.} / P_0$ – сумарна ефективна площа встановлених пневмогумових амортизаторів.

При проведенні попередніх розрахунків значення власної частоти коливань віброплощадки може бути визначене за наближеним вираженням:

$$f_0 = (S / 2\pi) \cdot \sqrt{h \cdot p_p / m_{п.ч.}} \quad (5.59)$$

Для цього необхідно визначити:

- сумарну ефективну площу (приймаємо в розрахунках робочий тиск у камерах $P_0=60 \cdot 10^4 \text{Па}$)

$$S = Q_{п.ч.} / P_0 = 11300 / (60 \cdot 10^4) = 1883 \text{ см}^2$$

- власну частоту коливань

$$f_0 = (S / 2\pi) \cdot \sqrt{h \cdot P \cdot p / m_{п.ч.}} = (1883 / 2 \cdot 3,14) \cdot (1,14 \cdot 60 \cdot 981) / (113000 \cdot 9600) = 2,62 \text{ Гц.}$$

Визначаємо коефіцієнт передачі пневмогумових амортизаторів:

$$\mu = 1 / [(50 / 2,62)^2 - 1] = 1/363.$$

Динамічна сила, передана на основу:

$$F_0 = F \cdot \mu = (522629 \cdot 1) / 363 = 1440 \text{ Н.}$$

Розраховуємо амплітуду переміщень основи віброплощадки:

$$a_\phi = F_0 / [K_\phi(f^2 / f_0^2 - 1)] = 1440 / [257200(50^2 / 15,8^2 - 1)] = 0,00062 \text{ см} = \\ = 0,0062 \text{ мм} < a_{\text{доп}} = 0,009 \text{ мм.}$$

При застосуванні пневмогумових амортизаторів амплітуда переміщення фундаменту (основа віброплощадки) не перевищує припустимого розміру.

У результаті розрахунку можна зробити висновок, що при застосуванні пружинних віброізоляторів у сполученні з основою, що гасить вібрацію, і пневмогумових амортизаторів амплітуди переміщень фундаментів не перевищують припустимих розмірів (коефіцієнт передачі пружинних амортизаторів $\mu = 1/4$, а пневмогумових амортизаторів $\mu = 1/363$). Пневмогумові амортизатори більш ефективні. При їх використанні не потрібне обладнання дорогих і трудомістких у виконанні фундаментів.

У випадках, коли параметри вібрації робочих місць операторів перевищують припустимі, а зниження їх за рахунок підвищення ефективності віброізоляції машин є неможливим або недоцільним, то віброізолюють робоче місце оператора від коливної основи, тобто від дії машини.

Віброізольоване робоче місце, як правило, представляє собою масивну залізобетонну плиту, установлену на віброізолятори, що спираються на коливну основу. Віброізоляція робочого місця може застосовуватися як при гармонійних, так і при негармонійних коливаннях основи. Вихідними даними для проектування віброізоляції у випадку гармонійних коливань основи є частота і віброшвидкість змушених коливань.

Приклад. Віброшвидкість робочого місця оператора на частоті 63 Гц складає $V=0,08$ м/с. Розрахувати віброізоляцію робочого місця оператора з забезпеченням припустимих параметрів вібрації. Робоче місце розміщене на віброізолюючій залізобетонній плиті розмірами $1,5 \times 1,0 \times 0,1$ м, вагою 3300 Н; на робочому місці знаходиться тільки один оператор.

Роздивимося варіанти розрахунку віброізоляції з використанням металевих пружин і гумових віброізоляторів.

Рішення. Визначаємо припустиму для частоти змушених коливань (63 Гц) віброшвидкість робочого місця ($V_{доп}=0,002$ м/с).

Загальна вага віброізолюваного робочого місця оператора:

$$Q = Q_v + Q_n = 700 + 3300 = 4000 \text{ Н},$$

де Q_v – вага оператора (для розрахунку приймається 70 ± 10 кг), Н;

Q_n – вага залізобетонної плити, Н.

Необхідний для даної системи віброізоляції коефіцієнт передачі:

$$\mu = V_{доп} / V = 0,002 / 0,08 = 1/40.$$

Визначаємо частоту власних коливань віброізоляційного робочого місця:

$$f_0 = f / \sqrt{1 - (\mu - 1)} = 63 / \sqrt{40 - 1} = 8,6 \text{ Гц}.$$

Зробимо розрахунок пружинних віброізоляторів.

Визначимо статичну деформацію пружинних віброізоляторів:

$$f_0 = 5 / \sqrt{\lambda_{ст}}; \quad \lambda_{ст} = \sqrt{5/8,6} = 0,76 \text{ см}.$$

Необхідна сумарна жорсткість пружинних віброізоляторів:

$$k_c = Q / \lambda_{cm} = 4000 / (0,0076) = 526315 \text{ Н/м}.$$

З огляду на необхідність забезпечення подовжньої усталеності плити, вибираємо кількість встановлюваних пружин $n_n = 4$.

Жорсткість одного віброізолятора:

$$k_n = k_c / n_n = 526315 / 4 = 131578 \text{ Н/м}.$$

Розрахункове навантаження на одну пружину:

$$P = Q_n / n_n = 4000 / 4 = 1000 \text{ Н}.$$

Діаметр дроту для виготовлення пружини:

$$d = 1,6 \sqrt{N \cdot P \cdot C / [\tau]} = 1,6 \sqrt{(1,2 \cdot 1000 \cdot 7) / (4 \cdot 108)} = 0,73 \text{ см}.$$

Визначаємо число робочих витків пружини:

$$i_1 = (\sigma \cdot d) / (8 K_n \cdot C^3) = (8 \cdot 106 \cdot 0,0073) / (8 \cdot 131578 \cdot 73) = 1,62 \text{ витка},$$

де σ – модуль пружності на зсув (для сталі $8 \cdot 10^{10}$ Па).

Число неробочих витків при $i < 7$ приймають $i_2 = 1,5$ витка на обидва торці пружини, а при $i > 7 - i_2 = 2,5$ витка. Повне число витків пружини:

$$i = i_1 + i_2 = 1,62 + 1,5 = 3,12.$$

Висота ненавантаженої пружини:

$$H_0 = i_1 h_1 + (i_2 + 0,5) d = 1,53 + (1,5 + 0,5) 0,73 = 3,94 \text{ см}$$

d – крок пружини, (см).

Приймаємо 4 см.

Для забезпечення усталеності пружин, що працюють на стиск, необхідно, щоб $H_0 / D < 1,5$, тобто $3,94 / 5,11 = 0,77 < 1,5$ – подовжня усталеність віброізоляційної плити забезпечена.

Зробимо розрахунок гумових віброізоляторів.

Для віброізоляції робочого місця оператора застосовуємо 4 гумових віброізолятора, виготовлених із гуми марки 3311 (табл. 5.25).

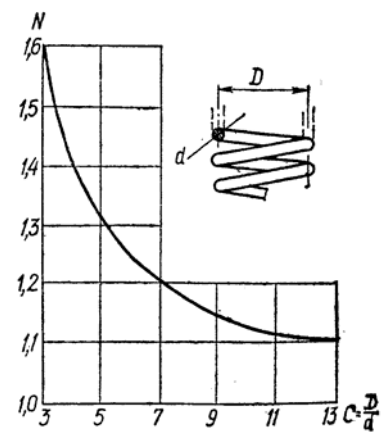


Рис. 5.8. Залежність коефіцієнта N від індексу пружини $C = D / d$

Таблиця 5.25

Характеристика гум, використовуваних для віброізоляторів

Марка гуми	Модуль пружності, 10^5 Па		Коефіцієнт непружного опору	Марка гуми	Модуль пружності, 10^5 Па		Коефіцієнт непружного опору
	Динамічний E_d	Статичний $E_{ст}$			Динамічний E_d	Статичний $E_{ст}$	
ИРП-1347	54	33	009	122	206	73	021
2566	38	24	0,11	9831	166	36	0,25
СУ-363	153	51	015	3826	236	46	030
8508	126	31	015	2542Н	314	46,5	0,32
4326	226	60	016	3311	250	16	0038
Н068	166	39	017	2959	63	30	014
199	196	40	0208	56	72	37	016

Визначаємо площу поперечного перерізу:

- усіх віброізоляторів (см^2), де $\sigma = 2 \dots 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – розрахункова статична напруга в пружному матеріалі амортизатора (приймається $\sigma = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$);
- одного віброізолятора (см^2)

$$S_b = S / n_b = 133,3 / 4 = 33,3 \text{ см}^2.$$

Сумарна жорсткість віброізоляторів:

$$k_c = m \cdot \omega_0^2 = 4\pi \cdot f_0^2 (Q / q) = 22 \cdot 3,142 \cdot 8,62 \cdot 4000 / 981 \text{ Н/см}^2.$$

Розрахункова висота віброізоляторів (висота частини, що деформується):

$$H_p = E_d \cdot S / \kappa_c = 250 \cdot 133 / 11894 = 2,8 \text{ см.}$$

Приймаємо $H_p = 3 \text{ см.}$

Приймаємо перетин віброізолятора - квадрат із стороною 5,8 см, тоді

$$S_b = 33,64 \text{ см}^2.$$

Визначаємо повну висоту:

$$H = H_p + (d / 8) = 3,0 + (5,8 / 8) = 3,7 \text{ см,}$$

де d – діаметр або сторона квадрата перетину віброізолятора. Гумові віброізолятори зберігають стійкість від перекидання в процесі експлуатації за умови $H < d < 15 \dots 2H$.

Фактична жорсткість прийнятих гумових віброізоляторів:

$$D_0 = E_d \cdot S_n \cdot B / H_p = 250 \cdot 33,64 \cdot 4 / 3,0 = 11213 \text{ Н/см.}$$

Визначаємо фактичну частоту власних коливань віброізолизованого робочого місця за формулою :

$$f_0 = \sqrt{D_0 \cdot Q / q} = \sqrt{(11213 \cdot 981 / 4000)} = 8,35 \text{ Гц.}$$

Визначаємо коефіцієнт передачі прийнятих віброізоляторів (похибка за рахунок загасання до 25%) за формулою:

$$\mu = 1 / (632 / 8,352 - 1) = 1/57.$$

Розрахункове значення віброшвидкості віброізолизованого робочого місця оператора:

$$V_0 = V / \mu = 0,08 / 57 = 0,0014 \text{ м/с} < V_{\text{доп}} = 0,002 \text{ м/с.}$$

Коефіцієнт передачі прийнятих пружинних віброізоляторів $\mu = 1/40$, а гумових $\mu = 1/57$. Застосування віброізоляторів забезпечує віброзахист робочого місця оператора.

5.5. Захист робочих місць і ділянок виробництва від шуму

Шум, особливо останніми роками, став однією з найактуальніших екологічних проблем у всіх розвинених країнах світу.

Для боротьби з шумом на міських територіях і виробництві сьогодні відомі і успішно застосовуються наступні методи:

- зниження шуму в джерелі його виникнення (удосконалення машин і механізмів, технологічного устаткування);
- архітектурно-планувальні рішення (будівельне зонування, організація санітарно-захисних зон, територіальних розривів, вживання будівель із спеціальним шумозахисним плануванням);
- звукоізоляція (улаштування звукоізоляційних кабін і кожухів на машини

і механізми, перегородок і перекриттів з підвищеними звукоізолюючими властивостями, використання шумозахисних віконних рам спеціальної конструкції);

- звукопоглинання (улаштування спеціальних звукопоглинальних облицьовувань на захищаючі конструкції, штучних поглиначів, зелених насаджень);

- екранування (улаштування шумозахисних екранів-стінок, спеціальних смуг зелених насаджень);

- використання глушників шуму різних конструкцій.

Ефективність тих чи інших заходів визначається їх здатністю понизити рівень звуку від джерела (ΔL , дБА) в конкретній точці на об'єкті захисту. Шумозахисна ефективність ухваленого рішення визначається на стадії проектування спеціальними розрахунками. Проект шумозахисту може бути якимсь з вище перелічених заходів або поєднання декількох.

5.5.1. Зниження шуму в джерелі його виникнення

Зниження шуму в джерелі його виникнення можна добитися за рахунок використання наступних заходів: заміна ударних процесів ненаголошеними; заміна зворотно-поступального руху рівномірним обертальним; заміна прямозубих шестерень косозубими, шевронними, черв'ячними передачами; ретельне статичне і динамічне балансування рухомих деталей і механізмів; застосування примусового мастила поверхонь, що труться; скорочення допусків при виготовленні деталей агрегату для зменшення люфтів в зчленуваннях; заміна підшипників кочення на підшипники ковзання; застосування беззвучних матеріалів (чавун, сплави з присадками, пластмаси, склопластики і ін.) для виготовлення деталей машин; облицювання поверхонь віброуючих деталей спеціальними вібропоглинаючими матеріалами (спец. пластмасами і мастиками, свинцем, волокнистими матеріалами на бітумній основі і ін.); використовувати віброізолюючі прокладки (гумові манжети і сайлент-блоки) в зчленуваннях; для передачі зусиль використовувати еластичні муфти і пружини, що виконують роль механічних фільтрів; у кінематичних ланцюгах передбачати проміжні ланки, що гасять вібрації при передачі моменту, що крутить (шестерні з капрону, текстоліту, гуми).

Якщо перераховані вище заходи зниження шуму в джерелі недостатні або їх здійснення технічно неможливе або не доцільно, зниження шуму до допустимих значень слід здійснюватися засобами звукоізоляції.

5.5.2. Зменшення шуму на шляху його розповсюдження

5.5.2.1. Звукоізоляція

Під ізоляцією повітряного звуку *захищаючою конструкцією* розуміють властивість останньої передавати в сусіднє приміщення тільки частину падаючої на неї потужності повітряного звуку.

Індекси ізоляції повітряного (I_v в дБ) і ударного (I_u в дБ) шуму, які є

нормованими параметрами звукоізоляції конструкцій, що захищають, з відомою (розрахованою або зміряною) частотною характеристикою ізоляції повітряного шуму, слід визначати по формулах:

$$I_v = 50 + \Delta_v, \text{ дБА} \quad (5.60)$$

$$I_y = 50 - \Delta_y, \text{ дБА} \quad (5.61)$$

де Δ_v – поправка, визначувана шляхом порівняння частотної характеристики ізоляції повітряного шуму конструкцією, що захищає, з нормативною частотною характеристикою ізоляції повітряного шуму за методикою, викладеною в ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму;

Δ_y – поправка, визначувана шляхом порівняння частотної характеристики приведенного рівня ударного шуму під перекриттям з нормативною частотною характеристикою приведенного ударного шуму по методиці, викладеній в ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму.

Частотну характеристику ізоляції повітряного шуму одношаровою плоскою захищаючою конструкцією поверхневою щільністю 100-1000 кг/м² з бетону, залізобетону, цегли, керамічних блоків тощо, слід визначати графічним способом, зображаючи її у вигляді ламаної лінії *ABCD* (рис. 5.9).

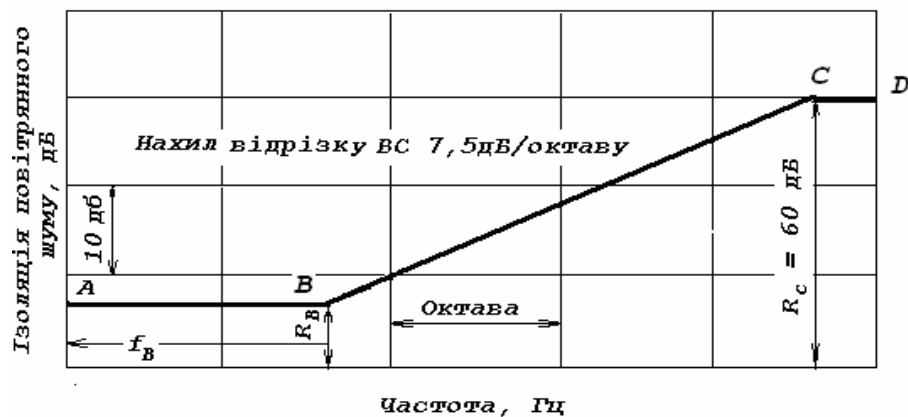


Рис. 5.9. Частотна характеристика ізоляції повітряного шуму одношаровою плоскою огорожею

Координати точки *B* (f_B і R_B) частотної характеристики слід визначати по графіках (рис. 5.10). f_B – залежно від товщини h , м огорожувальної конструкції (рис. 5.10-а) і R_B – залежно від поверхневої щільності m в кг/м² конструкції, що захищає (рис. 5.10-б).

Побудова частотної характеристики ізоляції повітряного шуму проводиться таким чином: з точки *B* вліво проводиться горизонтальний відрізок *AB*, а від точки *B* праворуч проводиться відрізок *BC* з нахилом 7,5 дБ на октаву до точки *C* з ординатою $R_C = 60$ дБ; з точки *C* праворуч проводиться горизонтальний відрізок *CD* (рис. 5.9).

При орієнтовних розрахунках індекс ізоляції I_e повітряного шуму одношаровими конструкціями, що захищають, з бетону, залізобетону, цеглини, керамоблоків і так далі допускається визначати по формулах:

$$I_g = 23 \lg m_s - 10 \text{ дБ при } m \geq 200 \text{ кг/м}^2 \quad (5.62)$$

$$I_g = 13 \lg m_s + 13 \text{ дБ при } m < 200 \text{ кг/м}^2 \quad (5.63)$$

де $m_s = Km$ – еквівалентна поверхнева щільність в кг/м^2 ;
 m – поверхнева щільність в кг/м^2 ;
 K – коефіцієнт.

Для суцільних огорожуючих конструкцій щільністю більше 1800 кг/м^2 $K=1$; для огорожуючих конструкцій щільністю менше 1800 кг/м^2 $K=1,25$.

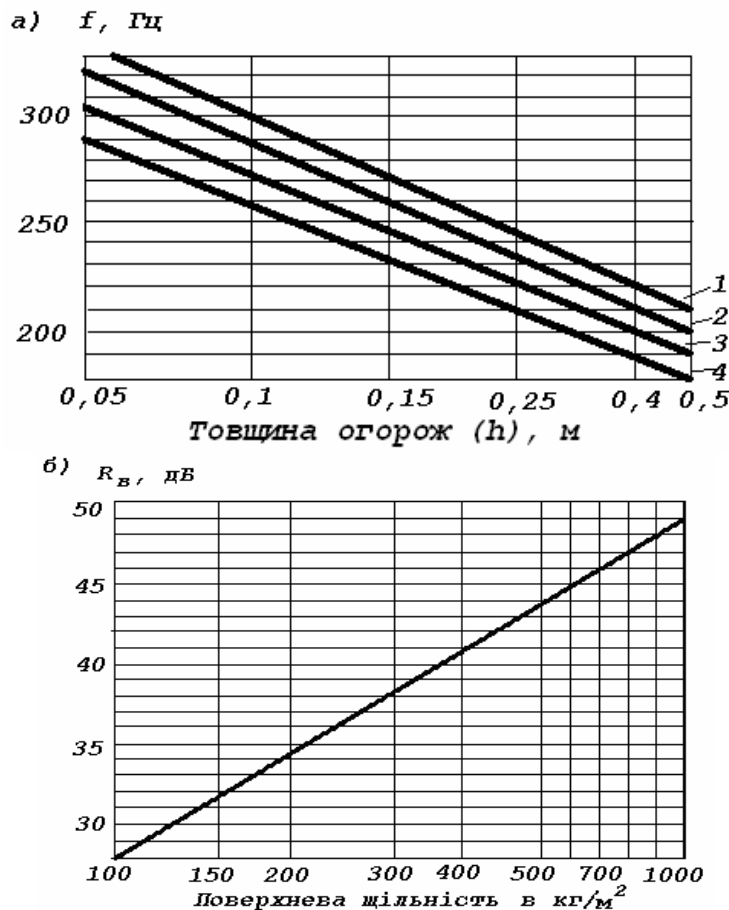


Рис. 5.10. Графік для визначення координат точки B
 $(\gamma$ - об'ємна вага в кг/м^3 : 1 - $\gamma \geq 1800 \text{ кг/м}^3$; 2 - $\gamma = 1600 \text{ кг/м}^3$;
 3 - $\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$; 4 - $\gamma \leq 1200 \text{ кг/м}^3$)

Приклад. Визначити індекс ізоляції повітряного шуму залізобетонною плитою завтовшки $h = 0,15$ м, при об'ємній вазі залізобетону $\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$.

Рішення. Координати точки B визначаємося за графіком рис. 5.10-а,б. Для умов задачі $f_g = 240$ Гц (рис. 5.10-а). Для визначення R_g вирахуємо поверхневу щільність залізобетону:

$$m = \gamma \cdot h, \text{ кг/м}^2; \quad m = 1400 \cdot 0,15 = 210 \text{ кг/м}^2.$$

За графіком (рис. 5.10-б) визначаємо значення координати R_g точки B :
 $R_g = 35$ дБ.

Індекс ізоляції повітряного шуму плитою визначиться по формулі (5.62),

тому що $m = 210 \text{ кг/м}^2$, а $K = 1$, еквівалентна поверхнева щільність:
 $m_s = 1 \cdot 210 = 210 \text{ кг/м}^2$. Маємо:

$$I_g = 23 \lg 210 - 10 = 43,4 \text{ дБ.}$$

5.5.2.2. Звукоізолюючі кожухи

Найпростішим і відносно не дорогим способом зниження шуму є улаштування *звукоізолюючих кожухів*, що повністю закривають найбільш шумні агрегати.

При проектуванні кожуха необхідно, перш за все, визначити його необхідну акустичну ефективність ($\Delta L_{\text{эфф.тр.}}$), яка визначається з формули:

$$\Delta L_{\text{эфф.тр.}} = L_p - 10 \lg S - L_{\text{дон}} + 5, \text{ дБ} \quad (5.63)$$

де L_p – октавний рівень звукової потужності джерела шуму, дБ;

S – площа уявної поверхні правильної геометричної форми, що оточує машину і проходить через розрахункову точку, м^2 ;

$L_{\text{дон}}$ – допустимий, згідно санітарних норм, рівень звукового тиску в розрахунковій точці (на робочому місці), дБ.

Матеріал стінки кожуха, в залежності від його необхідної звукоізолюючої спроможності, можна підібрати, користуючись табл. 5.26.

Акустична ефективність кожуха залежить від звукоізолюючої здатності його стінок, розмірів кожуха і джерела шуму, наявності звукопоглинального облицьовування під кожухом. Емпірична залежність між цими параметрами наступна:

$$\Delta L_{\text{эфф.к.}} = R_k - 10 \lg S_k / S_{\text{ист}}, \text{ дБ} \quad (5.64)$$

де $\Delta L_{\text{эфф.к.}}$ – акустична ефективність кожуха, дБ;

R_k – звукоізолююча ефективність стінок кожуха, дБ;

S_k – площа поверхні кожуха, м^2 ;

$S_{\text{ист}}$ – площа уявної поверхні правильної геометричної форми, що впритул оточує джерело шуму (в загальному випадку джерело має неправильну форму), м^2 .

Необхідна звукоізолююча здатність стінок кожуха залежить від необхідної ефективності кожуха і визначається за формулою:

$$R_{\text{к.тр.}} = \Delta L_{\text{эфф.к.тр.}} + 10 \cdot \lg \frac{S_k}{S_{\text{ист}}}, \text{ дБ} \quad (5.65)$$

де $\Delta L_{\text{эфф.к.тр.}}$ – необхідна акустична ефективність кожуха, що визначається за формулою (5.64).

Якщо звукоізолююча здатність стінки кожуха нижча $R_{\text{к.тр.}}$, слід збільшити товщину стінки або замінити матеріал кожуха на ефективніший. Збільшити R_k можна також нанесенням на внутрішні поверхні стінок кожуха шару звукопоглинального матеріалу, ефективність якого можна визначити за допомогою графіка (рис. 5.11).

Звукоізолюючі властивості матеріалів

Матеріал конструкції	Товщина, мм	Середня поверхнева щільність, кг/м ²	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
деревостружкова плита	20	12	-	23	26	26	26	26	26	23
фанера	3	2,4	7	11	14	19	23	26	27	26
	4	3,2	8	12	16	20	24	26	27	27
	5	4	9	13	17	21	25	27	28	29
	8	6,4	12	16	20	24	27	27	28	32
	10	8	13	17	21	25	28	28	29	33
склопластик	3	5,1	9	13	17	21	25	29	31	32
	5	8,5	12	16	20	26	28	31	31	34
	8	13,6	15	19	23	27	30	31	33	37
	10	17	17	21	25	28	31	31	34	38
сталь	0,7	-	8	15	19	23	26	30	34	37
	1	7,8	13	17	21	25	28	32	36	35
	2	15,6	16	20	24	28	32	36	35	33
	3	23,4	19	23	27	31	35	37	30	39
	4	31,2	21	25	29	33	36	34	34	41
	5	39	22	26	30	34	37	32	36	42
	6	46,8	23	27	31	35	37	30	39	43
	8	62,4	24	28	32	36	34	33	40	44
	10	78	26	30	34	36	32	36	42	46

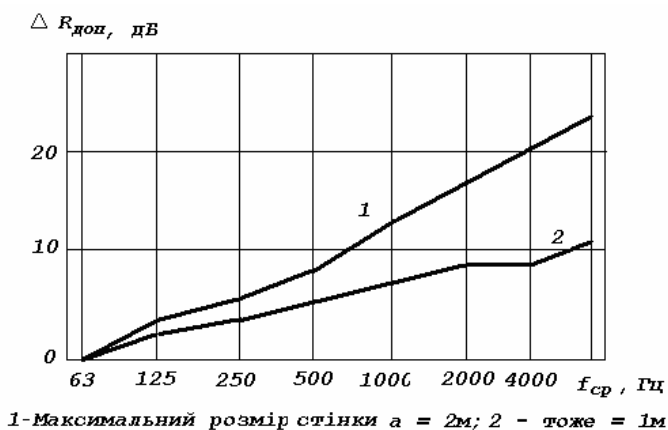


Рис. 5.11. Додаткова звукоізолююча здатність шару звукопоглинального матеріалу для різних лінійних розмірів стінки кожуха

Приклад. Завдання запроектиувати звукоізолюючий кожух на шумляче обладнання з габаритами: довжина $l_0 = 5\text{ м}$, ширина $a_0 = 1,5\text{ м}$, висота $h_0 = 3,5\text{ м}$. Спектр звукового тиску, який випромінюються обладнанням, наведено в табл. 5.27.

Таблиця 5.27

Середньгеометрична частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Рівні звукового тиску обладнання	90	104	104	117	120	125	119	108

Розрахункова точка (місце оператора) знаходиться на відстані 1,0 м від поверхні машини.

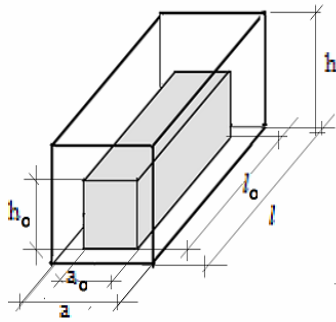


Рис.5.12.
Розрахункова схема

Рішення: Визначаємо необхідну ефективність кожуха за формулою (5.63).

Площа уявної поверхні (S_y), що оточує шумляче обладнання, і яка проходить через рахункову точку дорівнює:

$$S_y = (l_y \cdot h_y) \cdot 2 + (a_y \cdot h_y) \cdot 2 + (a_y \cdot l_y) = \\ = (7 \cdot 4,5) \cdot 2 + (3,5 \cdot 4,5) \cdot 2 + (3,5 \cdot 7) = 119 \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу поверхні шумячого обладнання за формулою:

$$S_o = (l_o \cdot h_o) \cdot 2 + (a_o \cdot h_o) \cdot 2 + (a_o \cdot l_o) = (5 \cdot 3,5) \cdot 2 + (1,5 \cdot 3,5) \cdot 2 + (1,5 \cdot 5) = 53 \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу граней кожуха за формулою:

$$S_k = (l_k \cdot h_k) \cdot 2 + (a_k \cdot h_k) \cdot 2 + (a_k \cdot l_k) = (5,4 \cdot 3,7) \cdot 2 + (1,9 \cdot 3,7) \cdot 2 + (5,4 \cdot 1,9) = 64,3 \text{ м}^2;$$

Необхідну звукоізолюючу здатність стінок кожуху $R_{к.тр}$ розраховуємо за формулою (5.65.)

З табл. 5.26 вибираємо матеріал для виготовлення стінок кожуха. Вибирати слід так, щоб $\Delta L - \Delta L_{эф.тр}$ було б завжди мінімальним позитивним числом або 0. Згідно з урахуванням вказаних вимог – задовольняє сталевий лист завтовшки 0,7 мм.

Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях наведені у таблиці 5.28.

Таблиця 5.28

Допустимі рівні звукового тиску

Робочі місця	Допустимий рівень звукового тиску, дБ у октавних смугах з середнегеометричeskими частотами, Гц								Рівні шуму, еквівалентні рівні шуму ДБА, дБАекв
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторські бюро, лабораторії, лікарські кабінети	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Приміщення управління	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Кабіни спостереження і дистанційного спостереження	94	87	82	78	75	73	71	70	65
Постійні робочі місця	107	96	87	82	75	73	71	69	80

Необхідну звукоізолюючу здатність стінок кожуху $R_{к.тр}$ розраховуємо за формулою (5.65.) та заносимо в табл. 5.29:

№ п/п	Шукана величина	Од. ви-міру	Результати розрахунків							
			Середньгеометричні частоти октавних смугах, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_p	дБ	90	104	107	117	120	125	119	108
2	$L_{дон}$	дБ	10	96	91	88	85	83	81	80
3	$10lg S (S = 119 \text{ м}^2)$	дБ	20	20	20	20	20	20	20	20
4	$\Delta L_{эфф.тр.} = L_p - 10lg S - L_{дон} + 5$	дБ	-28	-7	1	14	20	25	23	13
5	$10lg S_k/S_{ист}$	дБ	2	2	2	2	2	2	2	2
6	$R_{к.тр.} = \Delta L_{эфф.к.тр.} + 10lg S_k/S_{ист}$	дБ	-	-	3	16	22	27	25	15
7	ΔL матеріалу, що обрано для виготовлення стінок кожуха	дБ	8	15	19	23	26	30	34	37
8	$\Delta L - \Delta L_{эфф.тр.}$	дБ	-	-	18	9	2	5	11	24

Загальний вигляд звукоізолюючого кожуху та його складові наведено на рис. 5.13.

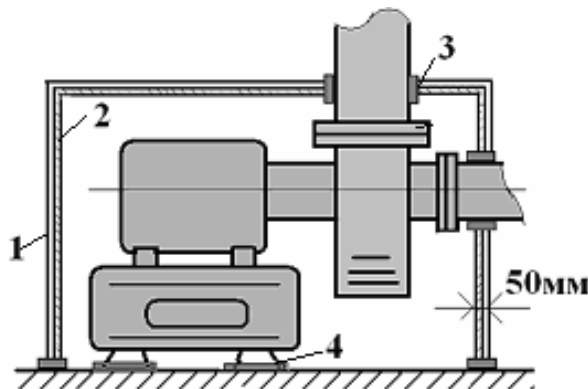


Рис.5.13. Конструкція звукоізолюючого кожуха:
1- сталевий лист грані; 2 – звукопоглинаюча облицьовка;
3 – гумова вставка; 4 – гумові амортизатори

5.5.2.3. Звукопоглинання

Значною складовою загального рівня шуму в приміщеннях є звукова енергія, багато разів відбита від внутрішніх поверхонь захищаючих конструкцій (стін, стелі, підлоги). Зниження величини цієї складової в загальний рівень шуму здійснюється за рахунок поглинання звукової енергії в акустично в'язких матеріалах перетворюючи її на теплову.

Звукопоглинальні облицьовування слід розміщувати на внутрішніх поверхнях захищаючих конструкцій приміщень. Ефективність цього методу пропорційна площі облицьовувань, що визначається розрахунком.

Штучні звукопоглиначі є об'ємні елементи різної конфігурації з акустично м'якими поверхнями, розміщені в приміщенні для збільшення площі звукопоглинання, а значить, і ефективності шумозахисту.

Величина зниження рівнів звукового тиску в октавних смугах частот за рахунок звукопоглинання ΔL , дБ визначається:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{B_1 \psi}{B \psi_1}, \text{ дБ}, \quad (5.66)$$

де B – постійна приміщення в м^2 , що визначається за формулою:

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \text{ м}^2, \quad (5.67)$$

де B_{1000} – акустична постійна приміщення на частоті 1000 Гц, м^2 , що визначається за табл.5.30, в залежності від об'єму, V в м^3 та типу приміщення;

μ – частотний множник, що визначається за табл.5.29.

Таблиця 5.30

Значення акустичної постійної приміщення на частоті 1000 Гц

Тип приміщення	Опис приміщення	$B_{1000}, \text{ м}^2$
1	З невеликою кількістю людей (металообробні цехи, вентиляційні камери генераторні, машинні зали тощо)	$V/20$
2	З жорсткими меблями і великою кількістю людей або з невеликою кількістю людей і м'якими меблями (лабораторії, ткацькі і деревообробні цехи, кабінети тощо).	$V/10$
3	З великою кількістю людей і м'якими меблями (робочі приміщення управлінь, торгові зали, аудиторії, зали очікування, номери готелів, бібліотеки, читальні зали, кінозали тощо).	$V/6$
4	Приміщення із звукопоглинальним облицьовуванням стелі і частини стін.	$V/1,5$

Таблиця 5.31

Одиночні звукопоглиначі

Об'єм приміщення V в м^3	Частотний множник μ на середньгеометричних частотах октавних смуг в Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$V < 200$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$V = 200 - 1000$	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
$V > 1000$	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

B_1 – акустична постійна приміщення після улаштування в ньому звукопоглинальних конструкцій, м^2 :

$$B_1 = \frac{A + \Delta A}{1 - \alpha_1}, \quad (5.68)$$

де A – величина звукопоглинання захищаючих конструкцій приміщення, м^2 , на яких немає звукопоглинального облицьовування, визначається за формулою:

$$A = \alpha \cdot (S_{\text{орг}} - S_{\text{обл}}), \quad (5.69)$$

α – середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення до улаштування звукопоглинального облицьовування, визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{B}{B + S_{обл}}, \quad (5.70)$$

$S_{огр}$ – загальна площа захищаючих конструкцій приміщення в м²;

$S_{обл}$ – площа звукопоглинального облицьовування в м²;

ΔA – величина звукопоглинання звукопоглинальними конструкціями, визначається за формулою:

$$\Delta A = a_{обл} \cdot S_{обл} + A_{шт} \cdot n_{шт}, \quad (5.71)$$

$a_{обл}$ – ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання вибраної конструкції облицьовування в октавних смугах частот, визначається з табл.5.32.

Таблиця 5.32

Звукопоглинальні облицьовування

№ п/п	Вироби або конструкції	Ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання $a_{обл}$ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Плити мазкі ПА/С мінераловатні акустичні з некрізною перфорацією по квадрату 13%, діаметром 4 мм 500х500 мм	0,02	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,70
2	Плити типу «Акмігран», «Акмініт» мінераловатні, розмір 300х300 мм	0,02	0,11	0,30	0,85	0,90	0,78	0,72	0,59
3	Мати з супертонкого скловолокно, оболонка з склотканини	0,1	0,4	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97	1,00

$A_{шт}$ – величина звукопоглинання штучного звукопоглинача в м², визначається за табл. 5.33.

Таблиця 5.33

Штучні звукопоглиначі

№ п/п	Конструкції	Еквівалентна площа звукопоглинання $A_{шт}$ в м ² в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Розмір 400х400х400, витяжний для просічення лист завтовшки 2 мм, перфорація 74%, скло тканина типу Е-0,1 в оболонці з супертонкого скловолокна	0,14	0,40	0,75	1,23	1,14	1,05	0,82	0,67
2	То ж, з розміром 320х320х320 мм	0,10	0,16	0,37	0,68	0,84	0,66	0,52	0,37
3	То ж, з розміром 240х240х240 мм	0,03	0,09	0,15	0,29	0,35	0,37	0,30	0,20

$n_{шт}$ – кількість штучних звукопоглиначів;
 a_1 – середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення із звукопоглинальними конструкціями, визначається за формулою

$$a_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{S_{обл}} \quad (5.72)$$

Ψ та Ψ_1 – коефіцієнти порушення дифузності звукового поля, що визначаються графічно (рис. 5.14), відповідно до i після улаштування звукопоглинальних конструкцій.

Якщо в результаті розрахунку площа захищаючих конструкцій приміщення, яку можливо використовувати під облицювання, виявиться такою, що менше тої, яка потрібна для зниження шуму до нормативних значень, тоді додаткове звукопоглинання слідує забезпечити вживанням штучних звукопоглиначів, кількість яких для кожної октавної смуги визначається:

$$n_{шт} = \frac{\Delta A_{mp} - \sigma_{обл} \cdot S_{обл}}{A_{шт}} \quad (5.73)$$

Кількість штучних звукопоглиначів слід приймати найбільшим зі значень, одержаних розрахунком для всіх октавних смуг.

Кількість штучних звукопоглиначів, якщо вони використовуються без звукопоглинальних облицювань слід визначати за формулою:

$$n_{шт} = \frac{\Delta A_{mp}}{A_{шт}} \quad (5.74)$$

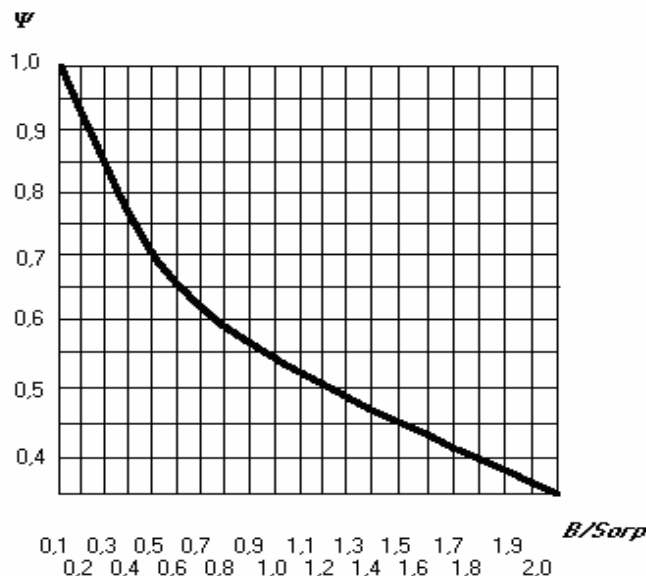


Рис. 5.14. Графік для визначення коефіцієнта Ψ залежно від відношення постійної приміщення V до площі захищаючих поверхонь $S_{обл}$

Відстань, що рекомендується, від стелі до штучного звукопоглинача 1,0м, а між центрами найближчих звукопоглиначів – 1,5 – 2,0м.

Приклад. Зміряні рівні звукового тиску в октавних смугах частот на робочих місцях в приміщенні механічного цеху мають значення (рядок 1 табл. 5.34). Вимагається забезпечити зниження шуму в приміщенні до нормативних значень методом звукопоглинання. Розміри приміщення 12м x 12м x 72м; загальна площа віконних і дверних отворів 234 м².

Рішення. Згідно вимог санітарних норм ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», рівні звукового тиску в октавних смугах частот на постійних робочих місцях не повинні перевищувати значень, представлених в рядку 2 (табл. 5.34). Позитивна різниця між зміряними і допустимими значеннями рівнів звукового тиску визначить величину необхідного зниження ΔL_{mp} , дБ (рядок 3, табл. 5.34).

Об'єм приміщення рівний $V = 12 \cdot 12 \cdot 72 = 1036,8 \text{ м}^3$.

Частотний множник μ для приміщень з $V > 1000 \text{ м}^3$ (табл.5.28) наведено в рядку 4, табл. 5.34.

Постійна приміщення B_{1000} для такого типу приміщень дорівнює (табл. 5.30) $B_{1000} = V / 20 = 1036 / 20 = 518 \text{ м}^2$.

Постійна приміщення в октавних смугах частот B визначається по формулі (5.67), наведена в рядку 5, табл.5.34.

Площа огорожуючих конструкцій приміщення $S_{огр} = 3744 \text{ м}^2$.

Значення $B + S_{огр}$ наведено в рядку 6, табл. 5.34.

Значення середнього коефіцієнту звукопоглинання приміщення до улаштування звукопоглинання a наведено в рядку 7, табл.5.34.

Звукопоглинальне облицьовування розташовуємо на всій внутрішній поверхні захищаючих конструкцій, за винятком віконних і дверних отворів і підлоги приміщення механічного цеху, тобто $S_{обл} = 3744 - 234 - (12 \cdot 72) = 2646 \text{ м}^2$.

Величина звукопоглинання захищаючих конструкцій приміщення A наведена в рядку 8, табл. 5.34.

Як звукопоглинальне облицьовування використовуємо плити типа «Акмігран», «Акмініт», мінераловатні, розміром 300 x 300 мм, середньою щільністю 400 кг/м², завтовшки 20 мм, з повітряним проміжком від поверхні захищаючої конструкції 50 мм (див. табл. 5.32).

Ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання такого облицьовування $a_{обл}$ наведено в рядку 9, табл. 5.34.

В якості штучного звукопоглинача вибрана конструкція – куб розміром 400 x 400 x 400 мм з просічно-витяжного листу з оболонкою із склотканини типу Є-0,1 та з звукопоглинача з супертонкого базальтового волокна на дротяному каркасі.

Еквівалентна площа звукопоглинання $A_{ум}$ такої конструкції при розміщенні штучних звукопоглиначів на відстані 1200 мм від поверхні стелі і 1350 мм між їх центрами наведена в рядку 10, табл. 5.34.

При рівномірному розподілі штучних звукопоглиначів по поверхні стелі їх число визначиться $n_{ум} = (72 / 1,35 - 1) \cdot (12 / 1,35 - 1) = 416 \text{ од}$.

Величина звукопоглинання звукопоглинальними конструкціями ΔA_1 , ΔA_2 та ΔA наведена в рядках 11,12,13, табл. 5.34.

Результати розрахунків

№ з/п	Шукана величина	Од. вим.	Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L	дБ	94	80	100	93	92	88	86	80
2	$L_{дон}$	дБ	95	87	82	78	75	73	71	69
3	ΔL_{mp}	дБ	-	-	8	15	17	15	15	11
4	μ	-	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3,6	6
5	$B = B_{1000} \times \mu$	м ²	259	259	285	363	518	829	1865	3108
6	$B + S_{озр}$	м ²	4003	4003	4029	4107	4262	4573	5609	6852
7	$a = B / (B + S_{озр})$	-	0,065	0,065	0,07	0,088	0,12	0,18	0,33	0,45
8	$A = a(S_{озр} - S_{обл})$	м ²	172	172	185	233	318	476	873	1190
9	$a_{обл}$	-	0,01	0,2	0,71	0,88	0,81	0,71	0,79	0,65
10	$A_{умт}$	м ²	0,15	0,27	1,08	1,06	1,17	1,14	1,0	1,01
11	$\Delta A_1 = a_{обл} \times S_{обл}$	м ²	26,5	529	1879	2328	2143	1879	2090	1720
12	$\Delta A_2 = A_{умт} \times n_{умт}$	м ²	62,4	112	450	441	487	474	416	420
13	$\Delta A = \Delta A_1 + \Delta A_2$	м ²	89	641	2329	2769	2630	2353	2506	2140
14	$a_1 = (A + \Delta A) / S_{озр}$	-	0,07	0,22	0,67	0,8	0,79	0,76	0,9	0,89
15	$B_1 = (A + \Delta A) / (1 - a_1)$	м ²	280	1042	7618	15010	14038	11788	33790	30273
16	ψ	-	1	1	1	0,96	0,93	0,84	0,65	0,55
17	ψ_1	-	1	0,78	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
18	$\Delta L = 10 \lg(B_1 / (B \psi_1))$	дБ	0,3	7	19	21	19	16	16	12
19	$L_1 = L - \Delta L$	дБ	93,7	73	81	72	73	72	70	68

Значення середнього коефіцієнта звукопоглинання a_1 наведені в рядку 14, табл. 5.34.

Значення постійної приміщення B_1 після установки в ньому звукопоглинальних конструкцій для всіх октавних смуг наведені в рядку 15 табл. 5.34.

Значення коефіцієнтів ψ и ψ_1 визначені по графіку (рис. 5.14) і наведені в рядку 16 і 17 табл. 5.34.

Величина максимального зниження рівня звукового тиску ΔL в дБ для кожної октавної смуги при вживанні звукопоглинальних конструкцій, наведена в рядку 18, табл. 5.34.

Після вживання шумопоглинаючих конструкцій рівні звукового тиску в приміщенні металообробного цеху L_1 у всіх октавних смугах частот (рядок 19, табл. 5.34) не перевищують допустимих значень (рядок 2, табл. 5.34).

Отже, вибрані звукопоглинальні конструкції забезпечили зниження рівнів звукового тиску на робочих місцях до нормативних значень.

5.5.2.4. Екранування

Для зниження шуму на шляху його розповсюдження на територіях міст і на виробництві часто використовують метод екранування, який полягає в установці між джерелом шуму і об'єктом захисту акустичних екранів, що є жорсткими суцільними акустично непрозорими стінками.

Акустичне екранування може бути досягнуте не тільки плоским екраном-стінкою, але й іншими перешкодами, що перетинають пряму лінію між джерелом шуму і об'єктом захисту. Акустичне проектування екранів – це розрахунок дифракції звуку за екраном.

На виробництві екрани слід застосовувати тільки в поєднанні із звукопоглинальним облицьовуванням приміщення.

Величину зниження рівня звукового тиску ΔL в дБ в розрахунковій точці при установці екранів слід визначати в кожній октавній смузі за формулою:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{10^{L_0} + \frac{4\Psi}{B} \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{pi}} \right)}{10^{0,1(L_0 - \Delta L_{\text{екрп}})} + \frac{4\Psi}{B_2} \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{pi}} \right)}, \text{ дБ}, \quad (5.75)$$

де L_0 – октавний рівень звукового тиску в дБ в розрахунковій точці від джерела шуму, від якого передбачається шумозахист екраном, визначуваний за формулою:

$$L_0 = L_{p0} + 10 \lg \frac{\chi \cdot \Phi}{S}, \text{ дБ}, \quad (5.76)$$

де L_{p0} – октавний рівень звукової потужності джерела шуму від якого передбачається шумозахист екраном, дБ;

χ – коефіцієнт, що враховує вплив ближнього акустичного поля і приймається залежно від відношення відстані r в м між акустичним центром джерела і розрахунковою точкою до максимального габаритного розміру $l_{\text{макс}}$ в м джерела шуму по графіку (рис. 5.15).

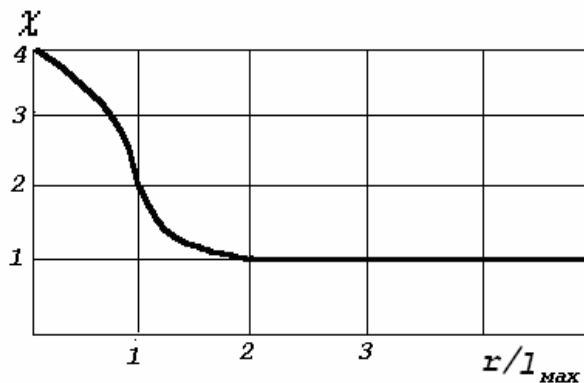


Рис. 5.15. Графік для визначення коефіцієнта χ в залежності від відношення $r / l_{\text{макс}}$.

Φ – чинник спрямованості джерела шуму, безрозмірний, який визначається за дослідними даними. Для джерел шуму з рівномірним випромінюванням звуку у просторі $\Phi = 1$.

S – площа уявної поверхні правильної геометричної форми, що оточує джерело і проходить через розрахункову точку, м²;

L_{pi} – октавний рівень звукової потужності i -того джерела в приміщенні, дБ;

B – визначається по формулі (5.67);

B_2 – акустична постійна приміщення після улаштування в ньому звукопоглинаючих конструкцій і екранів, м².

$$B_2 = \frac{A_1 + \Delta A + \Delta A_{\text{екр}}}{1 - \alpha_2}, \text{ м}^2, \quad (5.77)$$

де $A_1, \Delta A$ – те ж, що й в формулі (5.68);

$\Delta A_{\text{екр}}$ – величина додаткового звукопоглинання екраном, в м², що визначається за формулою:

$$\Delta A_{\text{екр}} = a_{\text{обл}} \cdot \sum_{k=1}^m S_{h_{\text{екр}}}, \text{ м}^2, \quad (5.78)$$

де $S_{h_{\text{екр}}}$ – площа k -того екрану в м² (при двосторонньому облицюванні екрану її слід збільшувати в 1,5 рази);

m – загальна кількість екранів, встановлених в приміщенні;

α_2 – середній коефіцієнт звукопоглинання, визначається за формулою:

$$\alpha_2 = \frac{A_1 + \Delta A + \Delta A_{\text{екр}}}{S_{\text{огр}}}, \quad (5.79)$$

де $A_1, \Delta A, a_{\text{обл}}, S_{\text{огр}}$ – те ж, що й в формулах (5.9) та (5.11).

Розміри екрану: висоту H і ширину l , відстань від джерела шуму до екрану r_1 і від екрану до розрахункової точки r_2 в м слід приймати відповідно до табл. 5.35 і 5.36 та рис. 5.30 і 5.31

Лінійні розміри екрану повинні бути не менше ніж в три рази більше лінійних розмірів джерела шуму, інакше екранування малоефективне.

Величину зниження екраном октавного рівня звукового тиску $\Delta L_{\text{екр}}$ в дБ слід визначати при $r_1 = 0,5$ м для екрану типу «а» за табл. 5.33, а для екрану типу «б» за табл. 5.34 залежно від типорозмірів екрану і взаємного розміщення джерела шуму і розрахункової точки (рис. 5.16).

Таблиця 5.35

Величина зниження екраном типу «а» звукового тиску

Розміри екрану і координати розрахункової точки в м				Зниження рівня звукового тиску екраном $\Delta L_{\text{екр}}$ в дБ при середньгеометричних частотах октавних смуг в Гц							
H	h	l	r_2	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,4	1,2	1	1	0	0	5	7	8,5	9	12,5	15
			2	0	0	4	6	8	8,5	12	13,5
			3	0	0	3,5	5,5	6,5	8	11	13

Продовження таблиці 5.35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,4	1,2	1,5	1	0	0	9	10	10	14	17	19
			2	0,5	0,5	9,5	8,5	10	12	15,5	18,5
			3	1,5	1	7	8	9,5	11,5	15	17
2,4	1,2	3,5	1	5	5	9	14,5	17,5	16,5	22	23
			2	4,5	5,5	10	12	16,5	17,5	22	23,5
			3	4	6	9	9,5	14	15	19,5	22
2,4	1,2	5	1	8	11	13,5	16	21,5	24	25	27
			2	8	10	9,5	13	20	23	24	27
			3	6	10	7	12	15,5	22	23,5	25
1,5	0,75	1,75	1	2	1	6	10	10,5	12	14	16
			2	1	0	5,5	7,5	10,5	12	14	15,5
			3	1,5	0	7	5,5	8,5	12	13,5	15
1,5	0,75	3,25	1	6	6	9	14	17	16	19	21
			2	5,5	3	7,5	9	14	15,5	19	20
			3	5,5	1,5	8,5	9	11,5	15	18	20
1,5	0,75	4,75	1	6,5	6,5	10,5	12	18	20	22	24
			2	6,5	3	11	12	16,5	17	20,5	23,5
			3	6,5	0,5	12	12,5	14,5	16,5	20,5	22,5
1	0,5	2,5	1	3	0	3,5	9	9,5	11,5	14	17
			2	2	0	3	10	9	10	13	13,5
			3	1,5	0	0	10	8,5	10	13,5	14
2	1	2,4	1	4	5	10	12,5	14,5	15,5	19,5	23
			2	4	4	8	10,5	14,5	15,5	18,5	22
			3	4	3,5	7,5	9,5	12,5	15,5	18,5	20

Таблиця 5.36

Величина зниження екраном типу «б» звукового тиску

Розміри екрану і координати розрахункової точки в м				Зниження рівня звукового тиску екраном $\Delta L_{\text{екр}}$ в дБ при середньгеометричних частотах октавних смуг в Гц								
H	l_1	l_2	h	r_2	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1,5	0,75	1,5	0,75	1	8,5	6,5	13	14,5	19	19,5	24	25
				2	9	4	11	11,5	18,5	17	21,5	22,5
				3	7	2,5	13,5	11,5	18,5	17	19	21,5
1,5	0,75	1,5	1	1	6,5	7	12	15	18	18	22,5	22,5
				2	7	5	9	13,5	17	17	21	21
				3	7	3,5	9,5	10	16	16,5	20	20
2,4	2	1,5	1,2	1	6	7,5	10,5	17,5	21,5	22,5	27	26,5
				2	8	7	9,5	17	21	19,5	25,5	25
				3	4	7	9	15	20	20,5	24,5	24

Величини $\Delta L_{\text{екр}}$ в дБ для кожної октавної смуги допускається визначати також і по графіку (рис. 5.16). При цьому для екрану типу «б» слід приймати приведену ширину екрану $l_{\text{прив}} = l_1 + 2 l_2$ в м замість l екрану типу «а», вважаючи, $l = l_{\text{прив}}$.

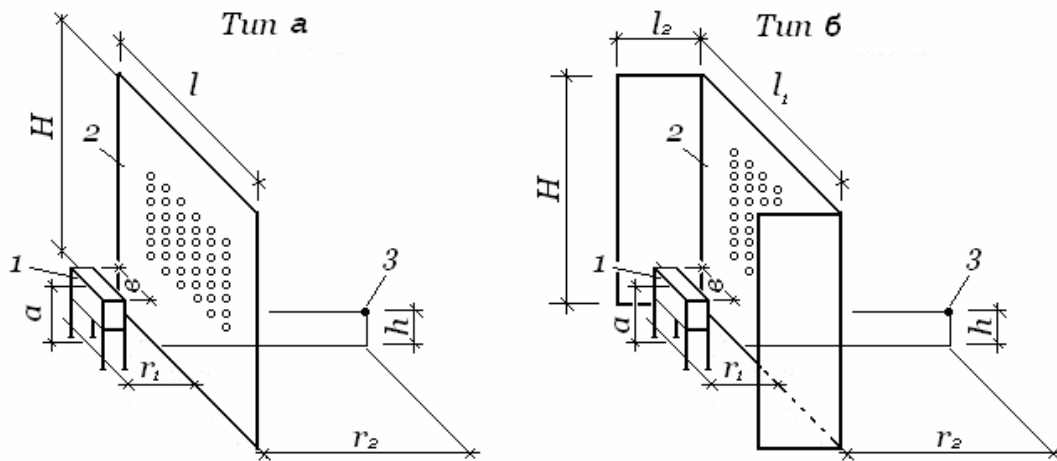


Рис. 5.16. Форми акустичних екранів

Приклад. Визначити величину зниження рівня звукового тиску на робочому місці при установці екрану в приміщенні деревообробного цеху від шуму верстата фугування. Розміри цеху 6 x 3 x 12 м; загальна площа віконних і дверних отворів 13 м².

Рівні звукової потужності фуг овального верстата (L_{p0}) приведені в рядку 1 (табл. 5.37).

Октавні рівні звукового тиску (L_0) приведені в рядку 2 (табл. 5.37) за умови, що $\Phi=1$; $\chi=2$; $S=8$ м²;

Октавні рівні звукової потужності двох інших джерел шуму в приміщенні (L_{p1} , L_{p2}) приведені в рядках 3,4 (табл. 5.37), відповідно.

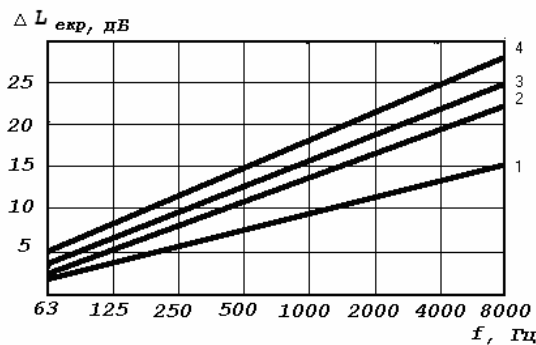


Рис. 5.17. Усереднені характеристики ефективності акустичних екранів при значеннях l/b : 1- 1,75; 2 = 4,5 (при $H/a=2,5$); 3 = 2; 4 = 5 (при $H/a=5$)

Постійна приміщення на частоті 1000 Гц визначиться $V / 20$, де V – об'єм приміщення в м³

$$V_{1000} = (6 \times 3 \times 12) / 20 = 10,8 \text{ м}^3.$$

Частотний множник μ приведений в рядку 5 (табл. 5.37).

У приміщенні передбачається установка трьох екранів площею 5 м² кожний. При цьому облицювання екранів двосторонніми звукопоглинальними конструкціями по пункту 3 табл. 5.37.

Коефіцієнт реверберації $\alpha_{обл}$ таких конструкцій приведений в рядку 7 (табл. 5.37).

Таблиця 5.37

Результати розрахунків

N п/п	Шукана величина	Одини ця вимір	Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	L_{p0}	дБ	90	88	86	89	92	90	88	82
2	$L_o = L_{p0} + 10 \lg \frac{\Phi \lambda}{S}$	дБ	84	82	80	83	86	84	82	76
3	L_{p1}	дБ	86	78	82	80	82	81	80	79
4	L_{p2}	дБ	84	76	80	79	81	80	76	78
5	μ	-	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
6	$B = B_{1000} \mu$	м ²	7,02	6,7	6,9	8,1	10,8	16,2	25,9	45,4
7	$a_{обл}$	-	0,02	0,05	0,21	0,66	0,91	0,95	0,89	0,7
8	$\Delta A_{экр}$	-	0,45	1,2	4,7	14,8	20,5	21,4	20,0	15,7
9	a	-	0,04	0,03 5	0,03 7	0,043	0,056	0,082	0,13	0,2
10	A_1	м ²	0,52	0,45	0,48	0,56	0,73	1,1	1,7	2,6
11	ΔA	м ²	3,34	8,35	35	110	152	159	149	117
12	$A_1 + \Delta A + \Delta A_{экр}$	м ²	4,31	10	40	125	173	181	171	135
13	a_2	-	0,02 4	0,05 5	0,22	0,7	0,96	1	0,95	0,75
14	$l - a_2$	-	0,98	0,94	0,78	0,3	0,04	0,01	0,05	0,25
15	B_2	м ²	4,4	10,6	51,3	417	4325	18150	3420	540
16	Ψ	-	1	1	1	1	1	0,9	0,85	0,8
17	Ψ_2	-	1	1	0,76	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
18	$\Delta L_{экр}$	дБ	6	6	9	14	17	16	19	21
19	$10^{0,1L_0}$	-	2,5* *10 ⁸	1,6* *10 ⁸	1,0* *10 ⁸	2,0* *10 ⁸	4,0* *10 ⁸	2,5* *10 ⁸	1,6* *10 ⁸	0,4* *10 ⁸
20	$10^{0,1(L_0 - \Delta L_{экр})}$	-	0,06* *10 ⁸	0,04* *10 ⁸	0,01* *10 ⁸	0,008* *10 ⁸	0,008* *10 ⁸	0,006* *10 ⁸	0,02* *10 ⁸	0,003* *10 ⁸
21	$4 \Psi/B$	1/м ²	0,57	0,6	0,56	0,5	0,37	0,22	0,13	0,07
22	$4 \Psi_2/B_2$	1/м ²	0,9	0,38	0,06	0,003	0,000 3	0,0000 7	0,000 4	0,002
23	$\sum_1^3 10^{0,1L_{pi}}$	-	16,5* *10 ⁸	7,3* *10 ⁸	6,5* *10 ⁸	9,7* *10 ⁸	18,7* *10 ⁸	12,2* *10 ⁸	7,7* *10 ⁸	3,0* *10 ⁸
24	p.21*p.23	-	9,4* *10 ⁸	4,4* *10 ⁸	3,7* *10 ⁸	4,9* *10 ⁸	6,9* *10 ⁸	2,7* *10 ⁸	1,0* *10 ⁸	0,2* *10 ⁸
25	p.19+c.24	-	11,9* *10 ⁸	6,0* *10 ⁸	4,7* *10 ⁸	6,9* *10 ⁸	10,9* *10 ⁸	5,2* *10 ⁸	2,6* *10 ⁸	0,6* *10 ⁸
26	p.22*p.23	-	14,8* *10 ⁸	2,7* *10 ⁸	0,4* *10 ⁸	0,03* *10 ⁸	0,006* *10 ⁸	0,001* *10 ⁸	0,003* *10 ⁸	0,006* *10 ⁸
27	$\Delta L_{экр}$	дБ	-0,2	1,4	8,5	16,5	19,0	18,2	16,4	13,7
28	$L = L_0 - \Delta L_{экр}$	дБ	84,2	80,6	71,5	66,5	67,0	65,8	65,6	62,3

Примітка: p – рядок табл. 5.37.

Величина додаткового звукопоглинання екраном $\Delta L_{екр}$ приведена в рядку 8 (табл. 5.37).

Загальна площа захищаючих конструкцій:

$$S_{огр} = 12 \cdot 3 \cdot 2 + 6 \cdot 3 \cdot 2 + 6 \cdot 12 = 72 + 36 + 72 = 180 \text{ м}^2.$$

Середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення до улаштування звукопоглинальних облицьовувань a приведений в рядку 9 (табл. 5.37);

Величина звукопоглинання захищаючими конструкціями, на яких немає звукопоглинальних облицьовувань A_1 , приведений в рядку 10 (табл. 5.37).

Звукопоглинальні облицьовування влаштовуються на всій поверхні захищаючих конструкцій за винятком вікон і дверей, тобто:

$$S_{обл} = 180 - 13 = 167 \text{ м}^2.$$

У приміщенні не передбачається улаштування штучних поглиначів.

Величина звукопоглинання звукопоглинальними конструкціями ΔA приведена в рядку 11 (табл. 5.37);

Середній коефіцієнт звукопоглинання a_2 приведений в рядку 13 (табл. 5.37).

Постійна приміщення B_2 приведена в рядку 15 (табл. 5.37).

Коефіцієнти ψ і ψ_2 відповідно до і після улаштування звукопоглинальних облицьовувань і екранів приведені в рядках 16, 17 (табл. 5.37).

Вибираємо екран типу «а».

Відстань від акустичного центру джерела шуму до екрану $r_1 = 0,5$ м.

Розміри екрану і координати розрахункової точки підбираємо згідно табл. 5.35 та табл. 5.36. Вибираємо екран розмірами $H = 1,5$ м; $l = 3,25$ м; висота розрахункової точки $h = 0,75$ м; відстань від розрахункової точки до екрану $r_2 = 1,0$ м.

Значення зниження октавних рівнів звукового тиску в розрахунковій точці за екраном $\Delta L_{екр}$ приведені в рядку 18 (табл. 5.37).

Значення $10^{0,1L_0}$ приведені в рядку 19 (табл. 5.37).

Значення $10^{0,1(L_0 - \Delta L_{екр})}$ приведені в рядку 20 (табл. 5.37).

Значення $4 \psi / B$ приведені в рядку 21 (табл. 5.37).

Значення $4 \psi_2 / B_2$ приведені в рядку 22 (табл. 5.37).

Значення $\sum 10^{0,1L_i}$ приведені в рядку 23 (табл. 5.37).

Добуток рядків 21 і 23, $[(4 \psi / B) \cdot (\sum_1^3 10^{0,1L_{pi}})]$ приведені в рядку 24 (табл. 5.37).

Сума рядків 24 і 19, $[(4 \psi / B) \cdot (\sum_1^3 10^{0,1L_{pi}}) + 10^{0,1L_0}]$ приведені в рядку 25 (табл. 5.37).

Добуток рядків 22 і 23, $[(4 \psi_2 / B_2) \cdot (\sum_1^3 10^{0,1L_{pi}})]$ приведені в рядку 26 (табл. 5.37).

Величина зниження рівня звукового тиску в октавних смугах частот $\Delta L_{екр}$ в дБ в розрахунковій точці при установці екранів, визначена по формулі (5.75), приведена в рядку 27 (табл. 5.37);

Значення рівнів звукового тиску в розрахунковій точці при установці екранів і улаштуванні звукопоглинальних облицьовувань ($L_0 - \Delta L_{екр}$ в дБ)

приведені в рядку 28 (табл. 5.37).

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот L не перевищують допустимих значень, приведених в ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

5.5.2.5. Глушники шуму

В практиці боротьби з шумом аеродинамічного походження (системи вентиляції, кондиціонування повітря, повітряного опалювання, на вихлопі відпрацьованих газів ДВЗ) широко застосовуються глушники. По конструкції глушники шуму (рис. 5.18) бувають трубчасті (а), пластинчасті (б), екранні (в) і камерні (г).

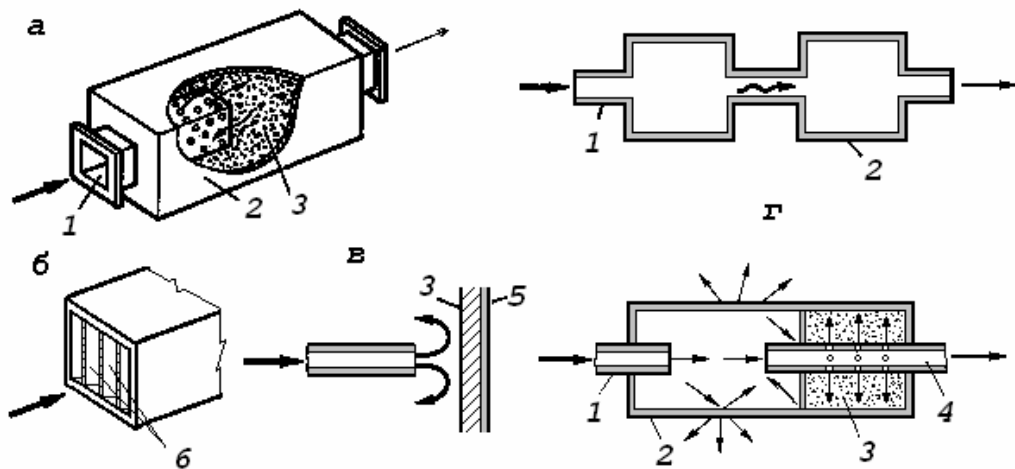


Рис. 5.18. Різновиди глушників шуму:
 трубчасті (а), пластинчасті (б), екранні (в) і камерні (г)
 (1 – повітропровід; 2 – кожух; 3 – звукопоглинач;
 4 – перфорований повітропровід; 5 – екран; 6 – пластинчасті звукопоглиначі)

Вибір тієї або іншої конструкції залежить від розмірів газопроводу, швидкості газу в газопроводі і необхідного зниження рівнів звукового тиску, що допускається.

Пластинчасті глушники слід проектувати із звукопоглинальних пластин, встановлюваних паралельно на деякій відстані один від одного в загальному кожусі.

Товщину звукопоглинальних пластин для глушників слід приймати по табл. 5.38.

Таблиця 5.38

Товщина звукопоглинальних пластин

Середньгеометрична частота октавної смуги, в Гц, на якій необхідно максимальне зниження рівня звукового тиску в дБ	Товщина пластин в мм	
	середніх	крайніх
63	800	400
125	400	200
250	200	100
500 і вище	100	50

Зниження октавних рівнів звукового тиску ΔL в дБ в глушниках слід визначати по формулі:

$$\Delta L = \sum_{i=1}^{n_k} 10 \cdot \lg \frac{A_i}{S_{i \text{ вих}}}, \text{ дБ}, \quad (5.80)$$

де $A_i = a_i \cdot S_i$ – повне звукопоглинання окремої камери в м^2 ;

S_i и a_i – відповідно площі і ревербераційні коефіцієнти звукопоглинання облицьовування внутрішніх поверхонь камери (значення a_i слід визначати за даними ДБН В.1.1-31:2013);

$S_{\text{вих}}$ – площа вільного перетину вихідного каналу з окремої камери («вихід» і «вхід» камери визначаються по напрямку розповсюдження звуку) в м^2 ;

n_k – загальна кількість камер.

Необхідний вільний переріз глушника $S_{\text{св}}$ в м^2 слід визначати за формулою:

$$S_{\text{св}} = \frac{Q}{v_{\text{доп}}}, \text{ м}^2, \quad (5.81)$$

де Q – об'ємна витрата повітря через глушник в $\text{м}^3/\text{с}$;

$v_{\text{доп}}$ – допустима швидкість руху повітря в глушнику в $\text{м}/\text{с}$, яка приймається залежно від втрат тиску і рівня шумоутворення, що виникають, в глушнику.

Для житлових і громадських будівель, допоміжних приміщень і приміщень підприємств допускається приймати швидкості руху повітря в глушниках по табл. 5.39, якщо довжина ділянки повітроводу до приміщення рівна не менше 5 – 8 м.

Таблиця 5.39

Допустимий рівень шуму в приміщенні та в глушнику

Допустимий рівень звуку в приміщенні в дБА	30	40	50	55
Допустима швидкість руху повітря в глушнику в $\text{м}/\text{с}$	4	6	8	10

Примітка: У виробничих будівлях підприємств швидкість руху повітря в глушнику не повинна перевищувати 12 $\text{м}/\text{с}$.

Приклад. Визначити величину зниження октавних рівнів звукового тиску ΔL в дБ в повітрозабірному пристрої камерного типу із звукопоглинальним облицьовуванням, виконаним з плит типу «Акмiгран», «Акмiніт» завтовшки 20мм без повітряного проміжку (ДБН В.1.1-31:2013). Число камер 3. Площі облицьовувань камер відповідно $S_1 = 36 \text{ м}^2$; $S_2 = 30 \text{ м}^2$; $S_3 = 24 \text{ м}^2$. Площі вільних перетинів вихідних каналів рівні відповідно $S_{\text{вих}1} = 12 \text{ м}^2$; $S_{\text{вих}2} = 10 \text{ м}^2$; $S_{\text{вих}3} = 8 \text{ м}^2$. Результати розрахунків зведені в табл. 5.40.

Очікуване зниження рівнів звукового тиску, згідно розрахунків, представлені в рядку 11 табл. 5.40.

Результати розрахунків

№ п/п	Шукана величина	Од. вим.	Середньогометричні частоти октавних смуг, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	a	-	0,02	0,11	0,3	0,85	0,9	0,78	0,72	0,59
2	$A_1 = a * S_1$	м ²	0,72	3,96	10,8	30,6	32,4	28,1	25,9	21,2
3	$A_2 = a * S_2$	м ²	0,6	3,3	9,0	25,5	27,0	23,4	21,6	17,7
4	$A_3 = a * S_3$	м ²	0,48	2,64	7,2	20,4	21,6	18,7	17,3	14,2
5	$A_1 / S_{вих1}$	-	0,6	3,3	9,0	25,5	27,0	23,4	21,6	17,7
6	$A_2 / S_{вих2}$	-	0,6	3,3	9,0	25,5	27,0	23,4	21,6	17,7
7	$A_3 / S_{вих3}$	-	0,6	3,3	9,0	25,5	27,0	23,4	21,6	17,7
8	$10 \lg A_1 / S_{вих1}$	дБ	-2,2	5,2	9,5	14,0	14,3	13,7	13,3	12,5
9	$10 \lg A_2 / S_{вих2}$	дБ	-2,2	5,2	9,5	14,0	14,3	13,7	13,3	12,5
10	$10 \lg A_3 / S_{вих3}$	дБ	-2,2	5,2	9,5	14,0	14,3	13,7	13,3	12,5
11	ΔL	дБ	-6,6	15,6	28,5	42,0	42,9	41,1	40,0	37,5

Вибір того або іншого методу або засобу шумозахисту або їх поєднань залежить від акустичних і економічних розрахунків, з яких завжди починається розробка програми захисту від шуму.

5.5.3 Методика розрахунку поправок Δ_b і Δ_y при визначенні індексів ізоляції повітряного шуму конструкцією I_b і приведенного рівня ударного шуму, що захищає, під перекриттям I_y

Для обчислення поправки Δ_b необхідно на графік з нормативною частотною характеристикою ізоляції повітряного шуму (рис. 5.19) нанести частотну характеристику ізоляції повітряного шуму конструкцією, що захищає, і визначити середнє несприятливе відхилення нанесеної частотної характеристики від нормативної характеристики.

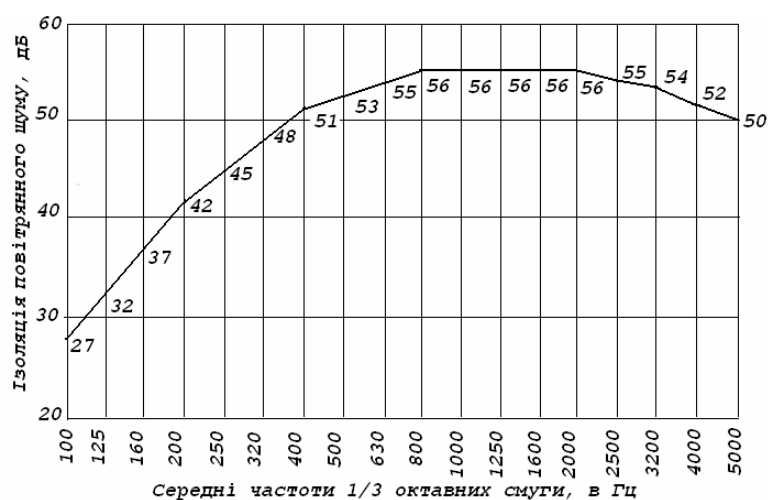


Рис. 5.19. Нормативна частотна характеристика ізоляції повітряного шуму конструкції, що захищає

Несприятливим відхиленням слід вважати відхилення вниз від нормативної частотної характеристики. Середнє несприятливе відхилення слід приймати рівним 1/18 сум несприятливих відхилень.

Якщо середнє несприятливе відхилення наближається, але не перевищує 2 дБ, а максимальне несприятливе відхилення не перевищує 8 дБ, то поправка $\Delta_b = 0$.

Якщо середнє несприятливе відхилення перевищує 2 дБ або максимальне несприятливе відхилення перевищує 8 дБ, то нормативна частотна характеристика зміщується вниз (на ціле число децибел) так, щоб середнє і максимальне несприятливі відхилення від зміщеної нормативної частотної характеристики не перевищували вказані величини. В цьому випадку поправка D_b негативна і рівна величині зсуву нормативної частотної характеристики.

Якщо середнє несприятливе відхилення значно менше 2 дБ або несприятливі відхилення відсутні, нормативна частотна характеристика зміщується вгору (на ціле число децибел) так, щоб середнє несприятливе відхилення від зміщеної нормативної частотної характеристики наближалось, але не перевищувало 2 дБ, а максимальне несприятливе відхилення не перевищувало 8 дБ. В цьому випадку поправка D_b позитивна і рівна величині зсуву нормативної частотної характеристики.

Для обчислення поправки Δ_y в дБ необхідно на графік з нормативною частотною характеристикою приведенного рівня ударного шуму (рис. 5.20) нанести частотну характеристику приведенного рівня ударного шуму під перекриттям і визначити середнє несприятливе відхилення нанесеної частотної характеристики приведенного ударного шуму від нормативної частотної характеристики.

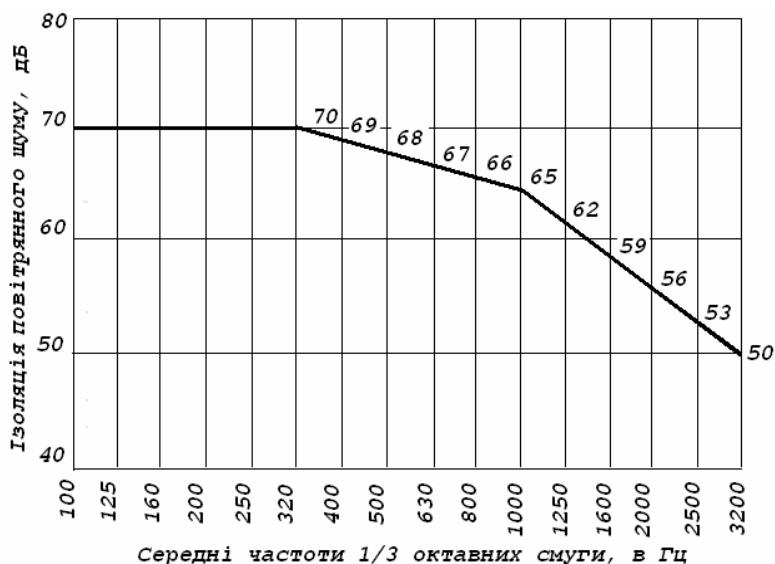


Рис. 5.20. Нормативна частотна характеристика приведенного рівня ударного шуму під перекриттям

Несприятливими відхиленнями слід вважати відхилення вгору від нормативної частотної характеристики. Середнє несприятливе відхилення слід приймати рівним 1/16 сум несприятливих відхилень.

Якщо середнє несприятливе відхилення наближається, але не перевищує 2 дБ, а максимальне несприятливе відхилення не перевищує 8 дБ, то поправка $\Delta_y = 0$.

Якщо середнє несприятливе відхилення перевищує 2 дБ або максимальне несприятливе відхилення перевищує 8 дБ, то нормативна частотна характеристика зміщується вгору (на ціле число децибел) так, щоб середнє і максимальне несприятливі відхилення від зміщеної нормативної частотної характеристики не перевищували вказані величини. В цьому випадку поправка Δ_y негативна і рівна величині зсуву нормативної частотної характеристики.

Якщо середнє несприятливе відхилення значно менше 2 дБ або несприятливі відхилення відсутні, нормативна частотна характеристика зміщується вниз (на ціле число децибел) так, щоб середнє несприятливе відхилення від зміщеної нормативної частотної характеристики наближалось, але не перевищувало 2 дБ, а максимальне несприятливе відхилення не перевищувало 8 дБ. В цьому випадку поправка Δ_y позитивна і рівна величині зсуву нормативної частотної характеристики.

Розділ 6. БЕЗПЕКА ПРАЦІ

6.1. Вимоги безпеки виробничих будинків і споруд

При розробці плану будинку обладнання в цеху розташовується відповідно до технологічного процесу. На рис. 6.1 зображений план одного з корпусів промислового підприємства, яке виготовляє металоконструкції. Головний корпус складається з декількох відділень: технологічних металоконструкцій, трубних заготівель, слюсарно-механічного, арматурного і електроремонтного.

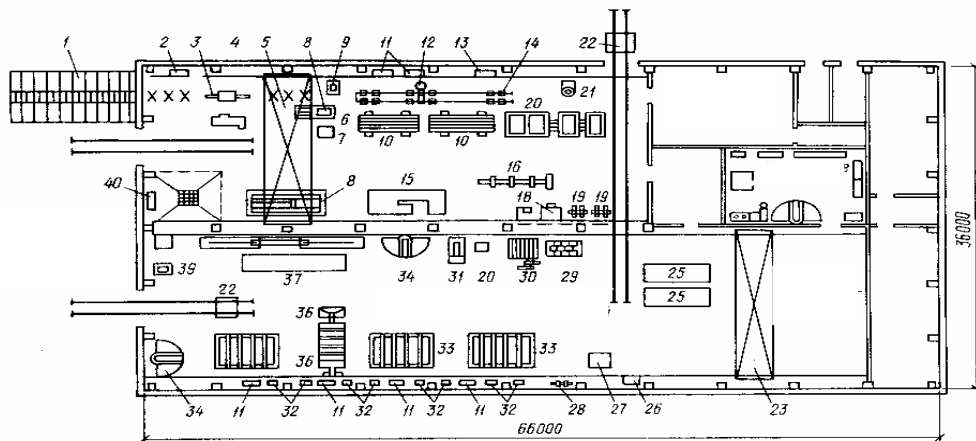


Рис. 6.1. План розміщення обладнання в головному виробничому корпусі
(1 – накопичувальний стенд; 2 – перетворювач зварювальний багатопостовий; 3 – станок для фасонного різання труб; 4 – труборізний верстат; 5,23 – мостові крани; 6 – стелаж; 7 – приводний верстат для різання труб; 8,10 – стенди для складання труб; 9 – свердлильний верстат; 11,32 – зварювальні трансформатори; 12 – зварювальний маніпулятор; 13 – зварювальний перетворювач; 14 – роликові опори; 15 – стенд для складання трубопроводів з арматурою; 16 – трубозгинний верстат; 17 – щит керування; 18 – високочастотний станок; 19 – високочастотні генератори; 20 – стенд для складання і зварювання труб; 21 – зварювальний маніпулятор; 22 – вагонетка вузької колії; 24 – установка для кисневого різання сталі; 25 – розміточні столи; 26 – диропробивний кривошипний прес; 27 – прес-ножиці; 28 – обдирношліфувальний верстат; 29 – рольганги; 30 – гільйотинні ножиці; 31 – листозгинні вальці; 33,35 – універсальні зборочно-зварні стенди; 34 – радіально-свердлильний верстат; 36 – двохстоечні кантователі; 37 – стенд для складання циліндричних обичайок; 38 – пристосування для автоматичного зварювання; 39 – вертикально-свердлильний верстат; 40 – насосна установка)

Безпека обслуговуючого персоналу подібних технологічних ліній залежить від того, наскільки правильно буде розставлено обладнання, проходи і встановлений порядок пересування людей, вантажів, транспорту.

При розставлянні основного обладнання необхідно враховувати складність технологічного процесу, а також небезпеку експлуатації обладнання.

На робочому місці розрізняють робочі проходи і допоміжні. Робочий прохід визначається потребою обслуговуючого персоналу переносити деталі, конструкції, інструмент і т.д. У цьому випадку робочий прохід не повинний бути менше 1 м, рахуючи від крайніх точок обладнання або від межі робочих місць (зони обслуговування). Допоміжний прохід використовується тільки для

періодичного проходу обслуговуючого персоналу (ремонт, чищення обладнання). Ширина допоміжного проходу залежить від конфігурації поверхонь обладнання, що виходить у прохід, і від розмірів обладнання. Наприклад, відстань (мінімальне) між механічним обладнанням і стіною або колоною будинку приймається рівною 0,5 м, а між електричним обладнанням і конструкціями будинку – не менше 0,75м.

Ширина основного проходу в більшості різноманітних виробництв устанавлюється 1 м, проте цей розмір збільшується для електроустановок до 1,5-2,0 м, для зварювального обладнання – до 2-2,5 м. Ширина проходу, що примикає до пульта керування, збільшується до 1,5 м.

Залізничні колії, розташовані в цеху або на відкритій виробничій території, повинні мати габарити безпеки по обидва боки колії: при широкій колії – не менше 2 м, при вузької – не менше 1 м рахуючи від верхівки рейки. На заокругленнях шляху вузької колії габарит безпеки варто збільшити до 1,5м.

При розміщенні обладнання і призначенні розмірів зони обслуговування необхідно враховувати робочу позу людини, яку вона змушена приймати при виконанні різноманітних операцій. Основні пози людини зображені на рис. 6.2.

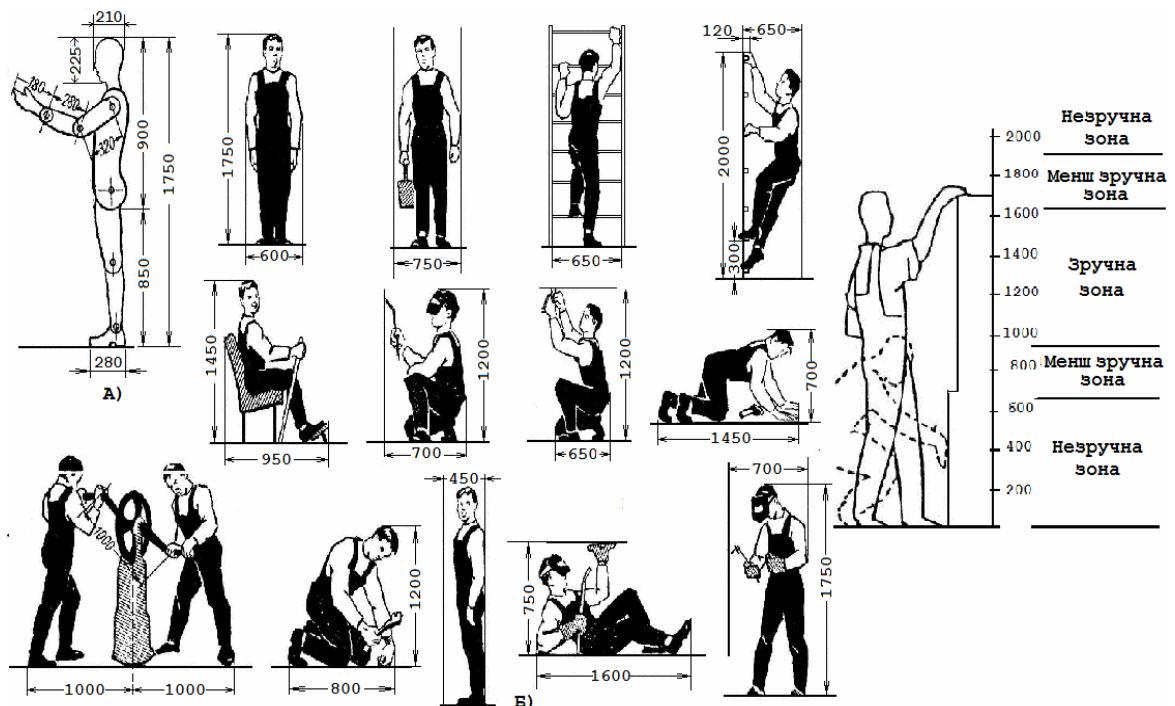


Рис. 6.2. Мінімальний простір, необхідний для виконання роботи при різноманітних положеннях тіла

Ширина проходу в цих випадках визначається від межі зони обслуговування. Відстань між бічними частинами механічного обладнання приймається рівною не менше 0,5 м. Збільшення цього проміжку може бути обґрунтовано лише збільшенням габаритів обладнання внаслідок складання і розбирання останнього.

Механічне обладнання, яке має підвищену небезпеку (гнучкі преси, абразивні верстати, круглопилі і т.д.), мають у своєму розпорядженні таке уявлення, щоб у площині можливого вильоту оброблюваного матеріалу не

знаходилося інших постів обробки металоконструкцій. Останні необхідно зміщати убік від площини можливого відлітання.

Ширина проїзду визначається в залежності від транспортних засобів (вона повинна перевищувати габарити транспорту на 0,7 м із кожної сторони) і перевезених вантажів, а також від числа рядів прямування.

При виборі положення працівника необхідно враховувати: фізичну тяжкість роботи; розміри робочої зони і необхідність пересування в ній працівника в процесі виконання робіт; технологічні особливості процесу виконання робіт (необхідна точність дій, характер чергування за часом пасивного спостереження і фізичних дій, необхідність ведення записів і ін.)

Робоче місце є основною ланкою виробничої структури цеху металоконструкцій, тому дуже важливо, щоб воно було раціонально організовано. Під раціональною організацією робочого місця варто розуміти: упорядковане розташування обладнання (верстата), організаційної оснастки (інструментальні шафи, підноси і лотки для інструментів, стелажі й етажерки, планшети і рамки для технічної документації й ін.) і інших пристроїв, що забезпечують високопродуктивну працю і його безпеку.

На рис. 6.3 поданий варіант безпечної організації робочого місця свердлильника, що обслуговує вертикально-свердлильний верстат. Воно оснащено стелажем **1** із висувною платформою для збереження пристосувань і предметів відходу за робочим місцем, а також інструментальною тумбочкою **2**, призначеною для збереження ріжучого, допоміжного і вимірювального інструменту. За інструментальною тумбочкою встановлений планшет **3** для робочих креслень і технологічної документації. Під ноги верстатника підкладають штахет **4**. Пересувний приймальний столик **5** служить для розміщення на ньому тари **6** із заготівлями. Біля столика розташовано стелаж-підставка **7** під настільне обладнання. Таке планування робочого місця забезпечує безпечну високопродуктивну працю.

На підприємствах будівельної індустрії, відповідно до ГОСТ 12.0.003-2015(83), зустрічаються такі небезпечні виробничі чинники: машини, що рухаються, і механізми; рухливі частини виробничого обладнання; вироби, що пересуваються, заготівлі, матеріали; гострі краї, задирки і шорсткість на поверхнях заготівель, інструментів і обладнання; розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі (підлоги), підвищене значення напруги в електричному ланцюзі і т.д.

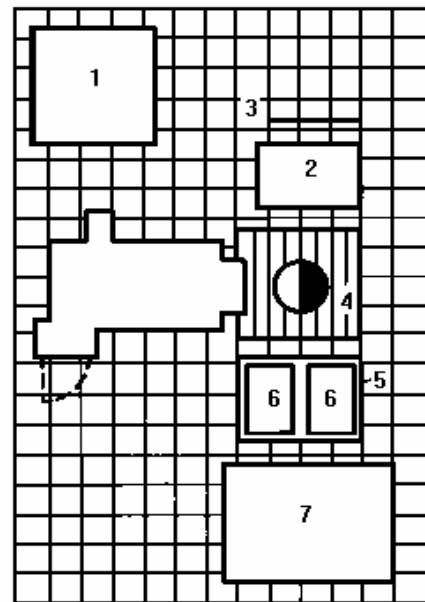


Рис. 6.3. Безпечна організація робочого місця свердлильника, що обслуговує вертикально-свердлильний верстат (1 - стелаж; 2 - інструментальна тумбочка; 3 - планшет; 4 - штахет; 5 - приймальний стіл; 6 - тара; 7 - стелаж-підставка)

6.2. Захисні огороження

Огородження – матеріальна перешкода у вигляді штахетів, сіток, екранів, кожухів, щитків, установлюваних із метою ізоляції небезпечних чинників і зон. У залежності від джерела небезпеки різняться огороження: частин, що рухаються, що являють собою небезпеку захоплення рук, волосся й одягу робітника; робочої зони, із якої можуть вилітати оброблювані предмети, ушкоджені елементи; частин, що знаходяться під напругою; від падаючих предметів; перешкоджаючому влученню людини в небезпечну зону; устроїв і установок, ушкодження яких може призвести до нещасного випадку.

При реконструкції машин і обладнання і при модернізації існуючих варто звертатися до такого розташування вузлів і механізмів, при котрих можливо виконання таких вимог:

- наявність одного загального кожуха для всіх механізмів, передач, двигунів із забезпеченням доступу до них через отвори в кожусі, постачені дверцятами або кришками з запорами (замками) під спеціальний ключ і відповідні блокування;
- розміщення механізмів і передач в одних відсіках загального кожуха, а отворів і люків для виконання робіт із наладки й обслуговування окремих вузлів – в інших;
- установка стаціонарних огорожень на механізмах, що рідко обслуговують (тільки для капітального ремонту);
- обробки гострих крайок (заокруглення з радіусом не менше 2 мм);
- обладнання огороженнями небезпечних зон з усіх боків;
- достатня надійність огорожень при експлуатації, стійкість їх до механічних впливів і корозії при звичайному режимі роботи;
- кріплення стаціонарних огорожень гвинтами або болтами, голівки яких повинні бути утоплені в площині огороження;
- відповідність конструкції захисного засобу сучасним вимогам технічної естетики й ергономіки;
- забезпечення максимальної зручності при обслуговуванні машини;
- використання кожуха у вигляді звукоізолюючого огороження з відповідними звукоізолюючими показниками;
- вентиляційні отвори повинні бути надійно захищені відповідними глушителями шуму.

Огородження частин, що рухаються. Ці огороження можна поділити на два види.

До першого виду відносяться огороження, що захищають від випадкового захоплення одягу, рук і волосся людини. Такі огороження у вигляді коробів, кожухів, щитків, телескопічних трубок є найпростішими конструкціями і не потребують значних витрат для їхньої розробки. Подібні огороження часто виконуються із суцільного матеріалу, штахетів або сіток. Розмір вічок у сітчастому огороженні або ширина між елементами штахету можуть бути визначені за формулою $b = l / b + 5$ мм, де b – ширина щілини або вічка, l – відстань від огороження до небезпечної зони, мм (але не більш 300 мм).

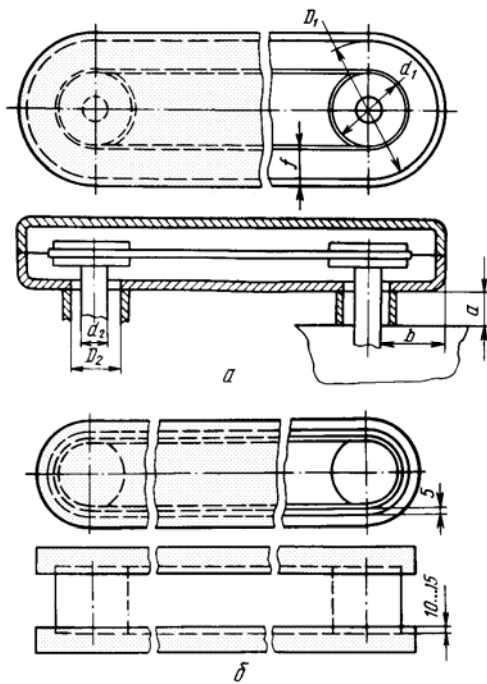


Рис. 6.4. Огородження окремих передач (а); конвеєрів (б)

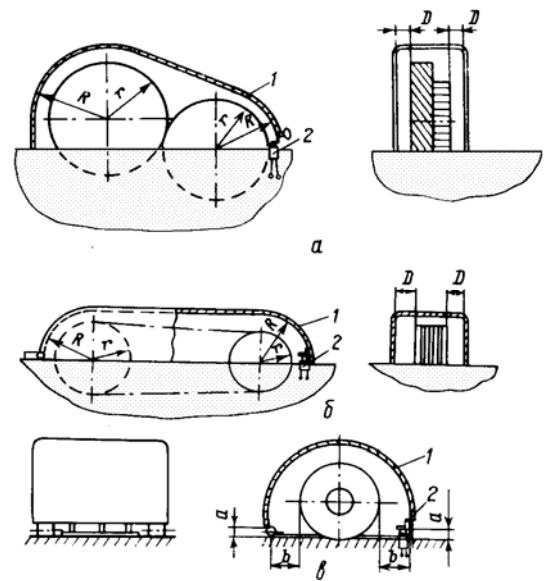


Рис. 6.5. Огородження виступаючих передач, механізмів: а – зубчаті передачі; б – клиноремінні передачі; в – ножі, барабани (1 – відкидний кожух; 2 – блокування)

На рис. 6.4. подано одне з рекомендованих **огороджень для окремих передач і конвеєрів**, що виконано у вигляді стаціонарного суцільного (сітчастого, суцільного або перфорованого) кожуха, який закриває передачу з усіх боків і отвору, що має для валів розмір D_1 , залежить від діаметра шківів (шестерні, зірочки) d_1 і обчислюється приблизно: $D_1 = d_1 + (40 \dots 80 \text{ мм})$. Якщо передача змінна, те D_1 вибирається по його максимальному значенню. Діаметр отвору D_2 залежить від діаметра вала d_2 : $D_2 = d_2 + (5 \dots 10 \text{ мм})$.

Визначення значення a і b буде розглянуто нижче. Розміри отворів, що несуть функціональне навантаження (для мастила, контролю і т.п.) вибираються відповідно до норм недосяжності небезпечної зони. Зазор f між ланцюгом (ременем) і огородженням необхідно приймати рівним полуторному розміру провисання ланцюга, тобто $1,5 f$, наприклад, при $f = 30 \text{ мм}$ зазор буде дорівнювати $1,5 \cdot 30 = 43 \text{ мм}$.

Для зручності кожух, як правило, варто виготовляти з двох частин. Перша частина закріплена на корпусі машини, а друга – на першій. Схема подібного з'єднання подана на рис. 6.4-а.

Конвеєри стрічкові, пластинчасті й інші витягнуті передачі також відгороджуються. Відмінною рисою є те, що їхній несучий елемент (стрічка, ланцюг) з технологічних причин повинен бути відкритим. Схема подібного огородження подана на рис. 6.4-б, з якого очевидно, що крайка огородження на 10-15 мм перекриває стрічку (ланцюг) у горизонтальній площині.

Для забезпечення експлуатації відкритих конвеєрів обов'язкове блокування пускового устрою або сигналізація.

Особливістю **огороджень передач, що виступають із корпусу машин** або інших огороджень (рис. 6.5) є те, що їх виконують у вигляді стаціонарних

відкидних або знімних кожухів. Для безпеки обслуговування передач із закритими знімними або відкидними корпусами – впливає їх оснащення блокуваннями в залежності від критерію блокуваності (табл. 6.1). Критерій блокуваності залежить від інтервалу часу затримки доступу і часу дії небезпечного чинника.

Зазори **D** вибираються такими, щоб виключити можливість торкання робочими органами огорожень.

Значення **a** і **b** диктується критерієм недосяжності.

Таблиця 6.1

Блокувальні пристрої

Час дії небезпечного чинника, с	Час затримки доступу в небезпечну зону			
	1 - 3	3 - 5	5 - 10	понад 10
1 - 3	А, Б, У	А, Б	А, Б	А, Б
3 - 5	У, Г	У, Г	А, Б	А, Б
5 - 10	А, Б, У, Д	У, Г	У	А, Б
10 - 25	А, Б, У, Д	А, Б, У, Д	А, Б, У, Д	У, Г
понад 25	А, Б, У, Д	А, Б, У, Д	А, Б, У, Д	А, Б, У, Д

Примітки: 1. У табл. прийняті такі літерні позначення блокувальних пристроїв: А - електричні; Б - фотоелектронні; У - електромеханічні; Г - механічні; Д – смісні.

2. При часі дії небезпечного чинника понад 10 с рекомендується застосування блокувальних пристроїв із тормозною системою.

Огородження жала валів і суміжних конвеєрів (рис. 6.6.) необхідно виконувати у вигляді установки стаціонарної планки, не закриваючої зони проходження продукту, одночасно виключає можливість проникнення в затискач пальців рук.

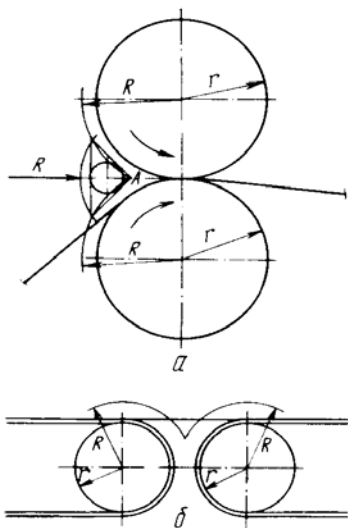


Рис. 6.6. Схема для визначення розмірів планки для жала валів (а) і суміжних конвеєрів (б)

Правила побудови планки (рис. 6.6-а) такі: проводять дві торкаючихся одна одну окружності радіусом r , рівним радіусу вала (утворюється схема небезпечної зони), проводять дві дуги радіусом $R = r + 5$ мм, концентричні попереднім, до їхнього взаємного перетинання; проводять таку ж дугу радіусом R із точки торкання окружностей **A** (утворюється фігура, що нагадує трикутник, який відновлюється до трикутника шляхом з'єднання вершин прямими лініями).

При цьому варто пам'ятати, що висота отриманого трикутника повинна бути не більш 40-50 мм. У разі потреби подачі до валів пару, повітря, води і т.п. трикутник можна замінити на коло (трубу з отворами), для визначення його радіусу необхідно коло вписати в трикутник.

Побудова планки для суміжних конвеєрів аналогічна (рис. 6.6-б).

Рекомендоване *огородження виступаючих кінців валів 1* із корпусу підшипника *3* (іншого огородження) кінця вала *2* представлено на рис. 6.7-а. Воно виконується у вигляді суцільного стаціонарного або відкидного кожуха.

Зазор D між кінцями вала і стінкою кожуха в залежності від довжини вала приймається не менше 10 мм. Діаметр d_2 кожуха укладається з діаметра d_1 вала і висоти виступаючої частини шпонки (стопорного болта), а також розміри зазору (20-30 мм) від найбільше віддаленої від центру вала точки (болта або шпонки).

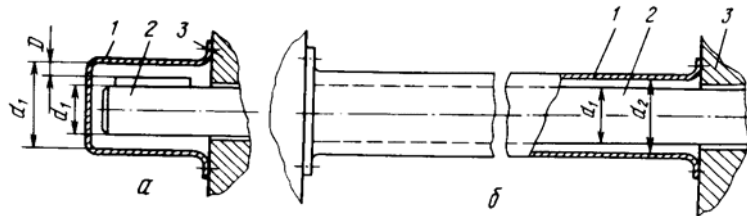


Рис. 6.7. Огородження кінців валів, що виступають із корпусу підшипника (а) і трансмісійних (шарнірних і ін.) валів (б)

Передатні вали (трансмісійні та інші), що знаходяться поза корпусом машини, рекомендується захищати так, як зображено на рис. 6.7-б. Вал *2* закритий стаціонарним суцільним (гратчастим або перфорованим) кожухом *1*, закріпленим на корпусі *3*. Розмір осередків між валом і огородженням не менше 20-40 мм.

Для різноманітних агрегатів і ліній *1* (рис. 6.8.), у яких оброблюваний продукт рухається по трубопроводі *3* від машини до машини, дверцята (кришки) *4* для контролю й очищення вузлів машин (при забоях, засміченнях) рекомендується розміщати на безпечній відстані B від небезпечних вузлів (механізмів) *2* з урахуванням вимог, приведених нижче, за критерієм недосяжності в залежності від діаметра трубопроводу. Якщо розмір B повинний бути менше, додатково передбачається блокування.

Огородження шнеків 2 (рис. 6.9) рекомендується проектувати з усіх боків стаціонарним суцільним кожухом *5*. Розміри зазорів приймаються подібно розмірам зазорів передатних валів. Дверцята (кришки) *4* шнеків рекомендується виконувати стаціонарними або відкидними. Вони повинні замикатися спеціальним ключем *3* і мати блокування *1* (вибір блокування за табл. 6.1).

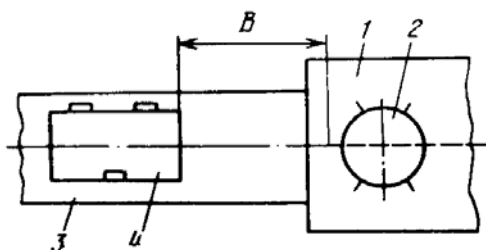


Рис. 6.8. Розташування дверцят у пневмопроводі в залежності від розташування відносно небезпечного механізму

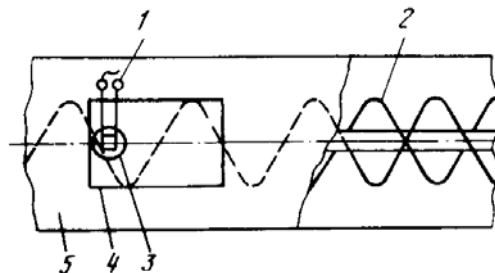


Рис. 6.9. Огородження з замком під спеціальний ключ з блокуванням для шнеків

Огородження муфт 2 (рис. 6.10) рекомендується виконувати у вигляді стаціонарного суцільного (сітчастого, перфорованого, ґратчастого) огороження **1** у вигляді кожуха. У випадку, коли розміри двигуна **3** і редуктора різноманітні, огороження варто оснащувати бічними стінками. Припускаються зазори між огороженням і корпусом двигуна і редуктора, що необхідно розраховувати за критерієм недосяжності. Розміри зазорів між муфтою й огороженням аналогічні розмірам зазорів для огорожень кінців валів. Огородження будь-яких розмірів рекомендується виконувати з елементами жорсткості (ребрами, рельєфами).

Огородження великогабаритних барабанів (діаметром більш 400 мм) при необхідності частого їхнього обслуговування в міжремонтний період рекомендується виконувати у вигляді відкидних або пересувних кришок. Типорозміри зазорів між кришкою і барабаном такі ж, як для огорожень передач. Огородження **1** (рис. 6.11) барабана **4** оснащується ребрами (рельєфом) жорсткості **3**. Рациональною формою ручки **2** є скоба. Огородження таких механізмів повинні мати блокування **5** (див. табл. 6.1). У випадку нечастого обслуговування механізм покривається захисним кожухом.

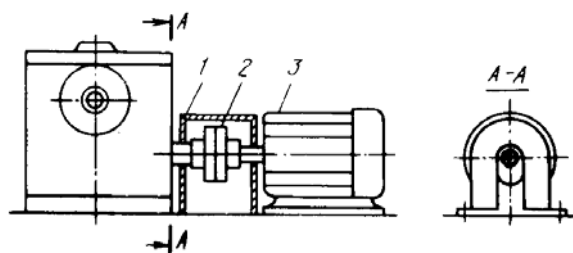


Рис. 6.10. Огородження муфти

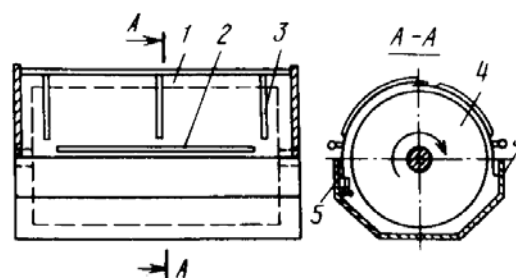


Рис. 6.11. Огородження великогабаритного барабана

До другої частини огорожень відносяться огороження робочого інструмента, що рухається. Небезпека для працюючого складається в тому, що людина може бути травмована при обробленні матеріалу або при попередніх операціях. Характерним прикладом є огороження у вигляді захисної лінійки, що перешкоджає випадковому влученню пальців робітників, що обслуговують гильотинні ножиці.

До конструкції огороження подаються такі вимоги, які не могли б перешкоджати спостереженню за оброблюваною деталлю:

- повинна бути швидкозмінною;
- повинна закривати робочий інструмент у випадку заміни заготівель поблизу інструмента, що рухається;
- повинна забезпечувати захист робітника у випадку поломки і вильоту частин інструмента.

Огородження робочої зони. З цієї зони можуть вилітати відходи обробки

матеріалу, випробуваних зразків і т.д. Огородження робочої зони встановлюється в тих випадках, коли робочий інструмент з тих або інших причин не вдається надійно захистити.

Зусилля для підйому, опускання і переміщення огороження не повинно перевищувати 0,5 кг, що забезпечується використанням пружин і противаг. Ручка для підйому й опускання не повинна розташовуватися вище 1,5 м від рівня підлоги. Це сприяє попередженню стомлюваності робітників.

Переносні щити для захисту від часток, що відлітають із зони обробки, повинні мати висоту 1,7 м. Відстань від щита до підлоги не більше 10 см. Суцільні щити іноді можна замінити металеву сіткою, розмір вічок якої залежить від розміру часток, що відлітають. Зовнішня поверхня фарбується в кремовий або жовтий колір.

Огородження частин, що знаходяться під напругою. Розподільні пристрої напругою понад 1000 В, щоб уникнути випадкового доторку до відкритих частин, що знаходяться під напругою, відгороджуються суцільними сітчастими огороженнями з розміром вічка сітки 20 * 20 мм. Висота огороження не нижче 1,7 м. Металеve огороження варто заземлювати. Розмір відстані між сіткою і обладнанням залежить від напруги (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

Розмір відстані між сіткою і частинами обладнання

Вид огороження	Напруга, кВт					
	3	6	10	20	35	110
суцільне	105	130	155	210	320	750
сітчасте	175	200	225	280	390	820

Зменшення повітряного проміжку при наявності потенціалу на частинах обгородженого обладнання може призвести до пробоя і поразки током. Двері в огороженні блокуються електричним або електромеханічним засобом.

Розподільні устрої, що знаходяться під напругою менше 1000 В, закривають суцільними огороженнями, кожухами або кришками з замком. Відкриті струмоведучі частини (траншеї, шинопроводи) розміщають на висоті більш 2,5 м.

Огородження, що перешкоджає влученню людини в небезпечну зону. Висота такого огороження дорівнює 1-1,2 м. Воно влаштовується: перед перепадом висоти більше 1,1 м, перед проїзною частиною залізної або шосейної дороги, при наявності агресивних середовищ, а також рідини з температурою не нижче 60 °С в ємностях, краї яких розташовані на рівні підлоги або на висоті не більш 600 мм від рівня підлоги; при наявності перекриття або підстави, не розрахованого на масу людини; перед зоною можливого падіння предметів і т.п.

Огородження повинно бути достатньо міцним. Розраховується на бічне зосереджене навантаження, рівне 70 кг. Нижня частина огороження, що примикає до підлоги, повинна мати суцільну зашивку висотою не менше 15 см.

Огородження від падаючих предметів. Такі огороження встановлюють під краном, під місцем виробництва ремонтно-будівельних робіт, під обладнанням, що знаходиться на ремонті. У цьому випадку використовуються навіси, що утворюють проходи, або захисні козирки.

Захисні козирки іноді встановлюються над педалями керування з метою попередження випадкового падіння на них предметів і раптового вмикання обладнання (преса, ножиць, молота і т.д.).

При виконанні будівельно-ремонтних робіт один із виглядів захисних козирків установлюється по периметру будинку для захисту людей від падаючих зверху предметів. Ширина козирка не менше 1,5 м. Встановлюють їх з ухилом до стіни під кутом 20° до горизонталі. При виконанні будівельно-монтажних робіт на виході з будівлі, що зводиться, та запобіганню травматизму на будівельному майданчику, встановлюється захисний коридор.

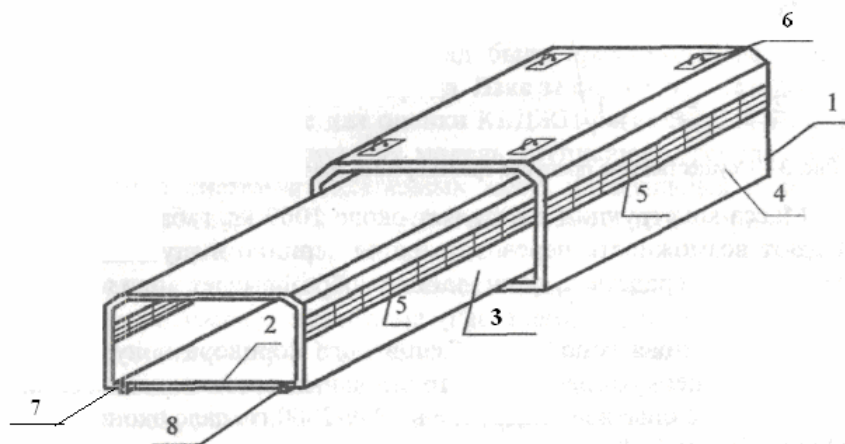


Рис.6.12. Конструкція захисного коридору в робочому положенні, що встановлюється для безпечного входу у будівлю в рівні першого поверху (1 – зовнішня секція; 2 – внутрішня секція; 3,4 – каркас, обшитий металевими листами; 5 – окна; 6 – монтажні петлі; 7 – що направляють з ходовим механізмом)

Захисний коридор (рисунок 6.12) містить зовнішню 1 і внутрішню 2 секції, кожна з яких складається з каркаса 3, обшитого металевими листами 4 з вікнами 5. Зовнішня секція оснащена монтажними петлями 6 і що горизонтальними, що направляють у вигляді швелерів 7, углублених в її днищі, а внутрішня секція обладнана ходовим механізмом 8. Конструкція коридору дозволяє створити безпечні умови праці для будівельників і безпеку переміщення жителів з під'їздів будинку, які ремонтуються, або таких, що реконструюються. Запропонована конструкція являється універсальною і може бути використана як при новому будівництві, так і при реконструкції і капітальному ремонті об'єктів.

При неможливості організації входів (виходів) на першому поверсі, встановлюється конструкція захисного коридору представлена на мал. 6.13.

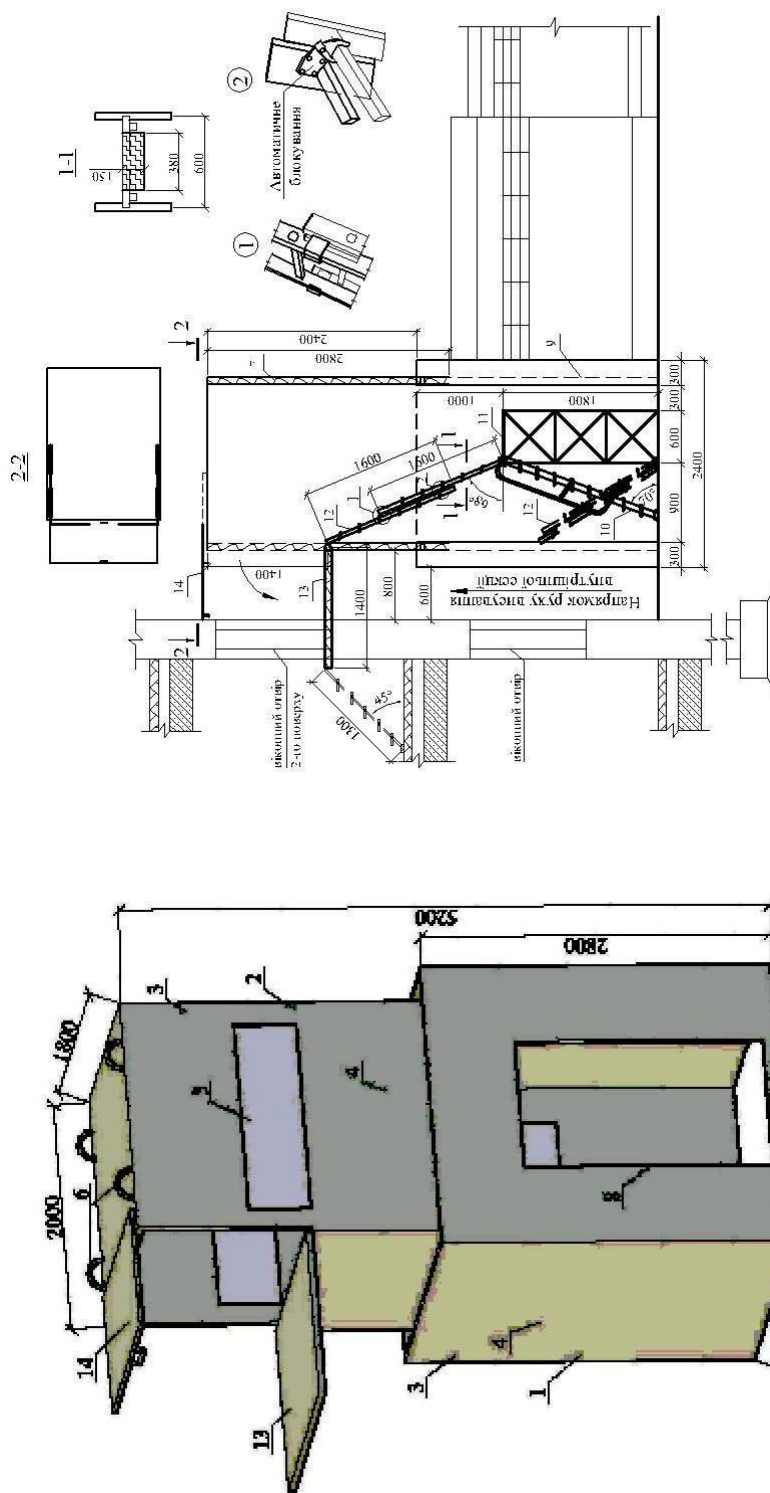


Рис. 6.13. Захисний коридор для забезпечення безпеки праці при виконанні будівельно-монтажних робіт:

- 1 – зовнішня секція; 2 – внутрішня секція; 3 – каркас; 4 – металеві листи; 5 – вікна; 6 – монтажні петлі;
- 7 – ходовий механізм; 8 – отвір для входу; 9 – вертикальні направляючі; 10 – приставна драбина з поручнями;
- 11 – майданчик; 12 – стаціонарна висувна двосегментна драбина; 13 – поворотна частина драбини; 14 – захисний козирок

6.2.1. Огородження абразивного обладнання

Експлуатація абразивних кілець на заводах небезпечна, тому що при їхньому розриванні можливе травмування робітників. Товщину стінки *огородження абразивного обладнання* можна визначити за табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Визначення товщини стінки огороження абразивних кіл, мм

Вид абразивного матеріалу	Ударне навантаження, кг					
	400	800	1200	1600	2000	2400
сталь листова	7	10	14	15	17	17,5
сталь лита	13	18	22	25	27,5	29
чавун	18	25	31	-	-	-

Ударне навантаження визначається за формулою:

$$k = m \cdot v^2 = 2r_0,$$

де: m – маса кола або деталі, кг;

v – окружна швидкість обертання, м/с;

r_0 – радіус центру ваги половини абразивного кола або деталі, м.

$$r_0 = 4 R^3 - r^3 / 3\pi R^2 - r^2,$$

де: r – радіус центрального отвору кола або деталі, м;

R – радіус зовнішньої окружності кола або деталі, м.

Обід і бічні стінки захисного кожуха, виготовленого з листової сталі, повинні зварюватися посиленням коротким швом не менше товщини бічної стінки, без напливів і припалів

У місцях вирізів у кожусі під пристрій для правки кола й інших цілей стінки кожуха повинні бути посилені на розмір, рівний товщині стінки.

Захисні кожухи шліфувальних верстатів і припустимі роги їхнього розкриття показані на рис. 6.14.

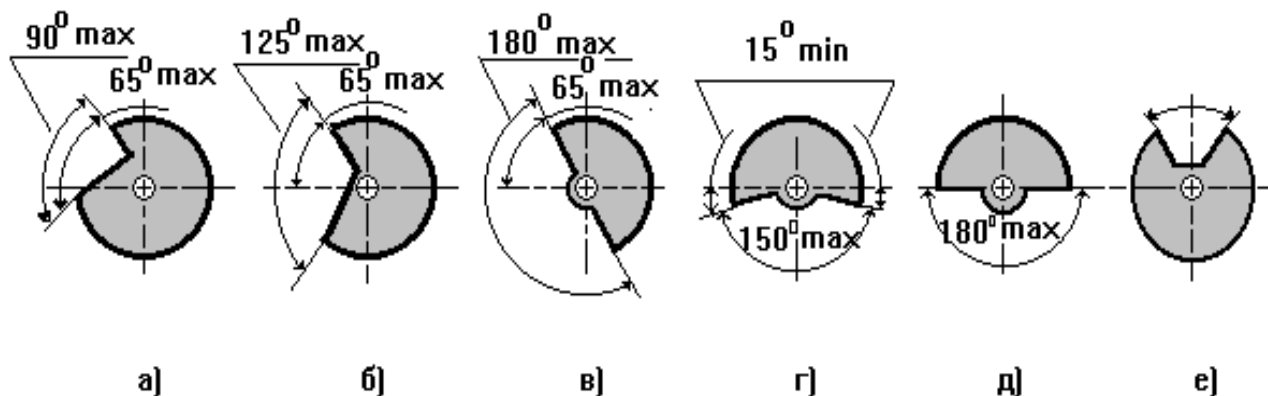


Рис. 6.14. Припустимі кути розкриття захисних кожухів

6.2.2. Розрахунок захисних кожухів дискових пил

Для виконання ряду допоміжних робіт в умовах будівельних майстерень застосовують різні верстати для обробки деревини. Статистика експлуатації такого роду верстатів свідчить про наявний виробничий травматизм. Зі всіх верстатів, які використовуються, найбільша кількість нещасних випадків відбувається при експлуатації циркульних пильних верстатів. При роботі на цих верстатах найчастіше травмуються руки працюючих. Для усунення поразок рук диском пили, що обертається, а також травмування у разі руйнування останніх, диски закриваються спеціальним кожухом, який прикриває виступаючу частину пильного диска над поверхнею столу.

Для запобігання можливому руйнуванню захисного кожуха необхідно обґрунтувати безпечні норми окружних швидкостей обертання пильних дисків і товщину захисного кожуха.

Оскільки дискові пили мають великі окружні швидкості обертання, то в них виникають значні динамічні навантаження, що створюють велику напругу в зоні швидкообертаючого інструменту. Тому у разі його пошкодження необхідний надійний захист від можливого розльоту осколків інструменту. Для цієї мети, як показує практика, всюди використовуються спеціальні кожухи.

Товщина стінок захисного кожуха залежить від багатьох чинників: використовуваного матеріалу (сталь листова, сталь лита, ковкий чавун), швидкості різання, діаметру і ширини кожуха. Литі захисні кожухи поступаються листовим (штампованим, зварним) по надійності із-за прихованих внутрішніх ливарних дефектів, а також по масі і необхідності механічної обробки. Тому найбільше застосування знаходять листові сталеві захисні кожухи.

Товщина сталевих листів в циліндровій частині кожуха досягає 22 мм при швидкості різання 50 м/с, діаметрі 775 – 1250 мм і висоті 150 мм, а у разі огорожі дискової пили діаметром 1500 мм при швидкості різання 75 м/с захисний кожух аналогічно необхідно виготовляти з ще товщого листа (не менше 30 мм). Але, з іншого боку, захисні кожухи повинні бути легкими для зручності монтажу демонтажу при зміні інструменту.

Визначимо наближену максимальну напругу в місці удару уламка: в центрі листа, розглядаючи його як прямокутну пластину, вільно оперту на стінки, із зосередженим навантаженням. Максимальний прогин під ударним навантаженням P можна визначити за формулою:

$$f = \frac{P \cdot a^2}{10^{12} \cdot b^3}, \quad (6.1)$$

де f – максимальний прогин, м;

a – ширина кожуха, м;

b – товщина листа, м;

P – ударне навантаження, Н.

Жорсткість кожуха при ударі тоді визначиться:

$$C = \frac{P}{f} = 10^{12} \cdot \frac{b^3}{a^2} \text{ (Н/м)}, \quad (6.2)$$

Силу удару знаходимо з виразу:

$$P = v \cdot \sqrt{m \cdot c} = 10^6 \cdot \frac{v}{d} \cdot \sqrt{m \cdot b^3}, \quad (6.3)$$

де v – швидкість уламка, м/с;
 m – маса уламка, кг.

Максимальна напруга в місці удару складає:

$$\sigma = 1,9 \cdot 10^6 \cdot \frac{v}{d} \cdot \sqrt{\frac{m}{b}} \text{ (Н/м}^2\text{)}. \quad (6.4)$$

Визначимо тиск при ударі уламка масою 10 г дискової пили об кожух за умови: $v = 75$ м/с; $a = 0,05$ м; $b = 0,03$ м; $m = 0,01$ кг:

$$\sigma = 1,9 \cdot 10^6 \cdot \frac{0,75}{0,05} \cdot \sqrt{\frac{0,01}{0,03}} = 16,5 \cdot 10^8 \text{ (Н/м}^2\text{)}.$$

Це напруга більш ніж в три рази перевищує межу міцності кожуха $\sigma = 5,4 \times 10^8$ Н/м². Таким чином, навіть при значній товщині листа кожуха (до 30 мм) в ньому при ударі виникає неприпустима напруга.

Для досягнення основної захисної мети кожуха при його мінімальній масі пропонуємо виконати кожух з тонколистової сталі ($b = 1-3$ мм), фанерованої усередині циліндрової частини листовою гумою такої ж товщини.

Гумова прокладка амортизує удар уламка, що значно знижує напругу в металі листа кожуха. Жорсткість прокладки складає:

$$C_p = \frac{E_p \cdot F}{b_p} = \frac{30 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10} = 10^5 \text{ (Н/м)},$$

де $E_p = 30 \times 10^5$ – модуль пружності гуми, Н/м²;
 $F = 1 \times 10^{-4}$ – площа стиснення при ударі, м²;
 $b_p = 3 \times 10^{-3}$ – товщина гуми, м.

Тоді сила удару:

$$P = v \cdot \sqrt{m \cdot c} = 75 \cdot \sqrt{0,01 \cdot 10^5} = 2380 \text{ Н.}$$

Максимальна напруга в сталевому листі кожуха завтовшки $b = 3 \cdot 10^{-3}$ м буде:

$$\sigma = 1,9 \cdot \frac{2380}{(3 \cdot 10^{-3})^2} = 5 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2 < \sigma_y.$$

Таким чином, захисні кожухи для шліфування кругів і дискових пил раціонально виконувати з листової сталі завтовшки $b = 13$ мм з внутрішньою гумовою прокладкою такої ж товщини, що забезпечить міцність і легкість кожуха.

6.2.3. Розрахунок запобіжного клапана

З метою запобігання поломки відповідального вузла машини – механізму розвантаження та виникнення аварійної ситуації, встановлюємо запобіжний клапан (рис. 6.15).

Запобіжний клапан призначений для обмеження гідроприводу від тисків робочої рідини, що перевищує встановлений. Запобіжний клапан регулюємо на граничний тиск P_H , який перевищує номінальний тиск P_H на 10-30%.

Вихідні дані для розрахунку: граничний тиск $P_H = 1,15 \cdot P_H = 1,15 \cdot 9 \cdot 10^6 \approx 10 \cdot 10^6$ Па; тиск відкриття клапана $P_o = 10$ МПа; збільшення тиску $\Delta P_Q = 0,5$ МПа при пропусканні витрат $Q = 2$ дм³/с; робоча рідина – мінеральне масло.

Умовний прохід підвідного каналу при швидкості рідини $V = 4$ м/с:

$$D_y = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{V}} = 1,13 \sqrt{\frac{2000}{400}} = 2,52 \text{ см} = 25,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_y = 25$ мм.

Середній діаметр:

$$d_{cp} = D_y + 0,5 = 25,5 \text{ мм.}$$

Висота підйому клапана:

$$h = \frac{Q}{\mu \cdot \pi \cdot d_{cp} \cdot \sin \alpha} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{2 \cdot (P_o + \Delta P_A)}} \quad (6.5)$$

де μ – коефіцієнт витрат щілини, $\mu = 0,61$;

ρ – щільність робочої рідини, $\rho = 900$ кг/м³;

α – кут нахилу щілини клапана, $\alpha = 45^\circ$.

$$h = \frac{2000}{0,61 \cdot 3,14 \cdot 25,5 \cdot 0,707} \cdot \sqrt{\frac{900}{2 \cdot 10,5 \cdot 10^6}} = 0,38 \text{ мм.}$$

Жорсткість пружини:

$$z = \frac{\Delta P_Q}{h} \cdot \frac{\pi \cdot D_y^2}{4} = \frac{0,5 \cdot 10^6}{0,00038} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 645,6 \text{ КН/см.}$$

Сила пружини при попередній деформації:

$$P_o = p_o \cdot \frac{\pi \cdot D_y^2}{4} = 10 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 4906 \text{ Н.}$$

Попередня деформація:

$$H_o = \frac{P_o}{z} = \frac{4906}{645,6 \cdot 10^3} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 7,5 \text{ мм.}$$

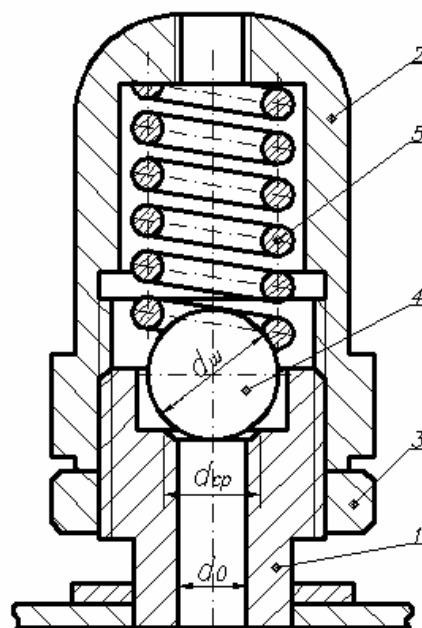


Рис. 6.15. Запобіжний клапан.
Кульковий запобіжний гідроклапан
простої дії: 1 – штуцер;
2 – ковпачок; 3 – контргайка;
4 – кулька; 5 – пружина

Тиск закриття клапана:

$$P_{\text{закр}} = \frac{P_o}{\frac{\pi \cdot D_y^2}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \left((D_y + 0,1)^2 - D_y^2 \right)} = \frac{4906}{\frac{\pi}{4} \left(2,5^2 + \frac{1}{2} \cdot (2,5 \cdot 0,1)^2 - 2,5^2 \right) \cdot 100} = 9,04 \text{ МПа.}$$

Гістерезис клапана:

$$\Delta P_{\text{гист}} = p_o - p_{\text{закр}} = 10 - 9,04 = 0,96 \text{ МПа.}$$

Площа опорної факси:

$$S_{\text{он}} = \frac{\pi}{4} \left((D_y + 0,1)^2 - D_y^2 \right) = \frac{3,14}{4} (2,5 + 0,1)^2 - 2,5^2 = 0,38 \text{ см}^2.$$

Тиск на опорну факсу:

$$\sigma = 1,5 \frac{P_o}{S_{\text{он}}} = 1,5 \frac{4906 \cdot 10^4}{0,38} = 193,7 \text{ МПа.}$$

Клапан виготовлено з бронзи, так як $\sigma \leq 300$ МПа для бронзи.

6.3. Ергономічні вимоги до робочого місця

Робоче місце – це зона, оснащена необхідними технологічними засобами, в якій постійно або тимчасово відбувається трудова діяльність робітника або групи робочих, що спільно виконують визначену роботу.

Організація робочого місця залежить в основному від характеру виконуваної роботи (розумова або фізична, важка або легка, різноманітна або монотонна), умов праці (комфортні або несприятливі), а також від виду робочої пози. При проектуванні робочого місця необхідно пам'ятати таке: якщо при прямій позі сидючи м'язову роботу умовно прийняти рівної 1,0, то при прямій позі стоячи м'язова робота зростає в 1,6 раз, при похилій позі сидючи – у 4 рази, а при похилій позі стоячи – у 10 разів. Рекомендації на вибір робочої пози приведені в табл. 6.4.


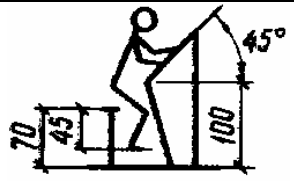
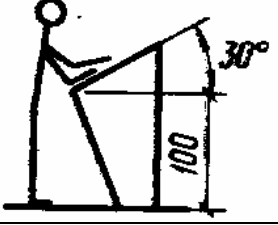
Конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх елементів повинні відповідати антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам, а також характеру роботи. Статистичні характеристики основних антропометричних ознак чоловіків і жінок приведені в ГОСТ 12.2.049-80. ССБТ. Обладнання виробниче. Загальні ергономічні вимоги.

Робоче місце містить у собі інформаційне поле – простір із засобами відображення інформації – і моторне поле – простір з органами керування (ГОСТ 12.2.033-84 ССБТ. Робоче місце при виконанні робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.).

У інформаційному полі зорового спостереження в горизонтальній площині розрізняють три зони (рис. 6.16):

- у першій зоні розміщують засоби інформації, що потребують точного і швидкого зчитування показників;
- в другій зоні розміщують засоби інформації, що потребують менше точного і швидкого зчитування;
- у третій зоні засоби інформації практично не використовуються.

Характеристика робочих положень людини

Положення	Зусилля, Н	Рухливість під час роботи	Робоча поза (радіус), см	Особливості діяльності
	до 80	обмежена	38-50	мала статична стомлюваність, більш спокійне положення рук, можливість виконання точної роботи
	50-100	середня (періодичної зміни пози)	50-75	достатньо великий огляд і зона досяжності рук
	100-120	велика (свобода пози і прямувань)	75 і більш	краще використання сили, великий огляд, передчасна втома

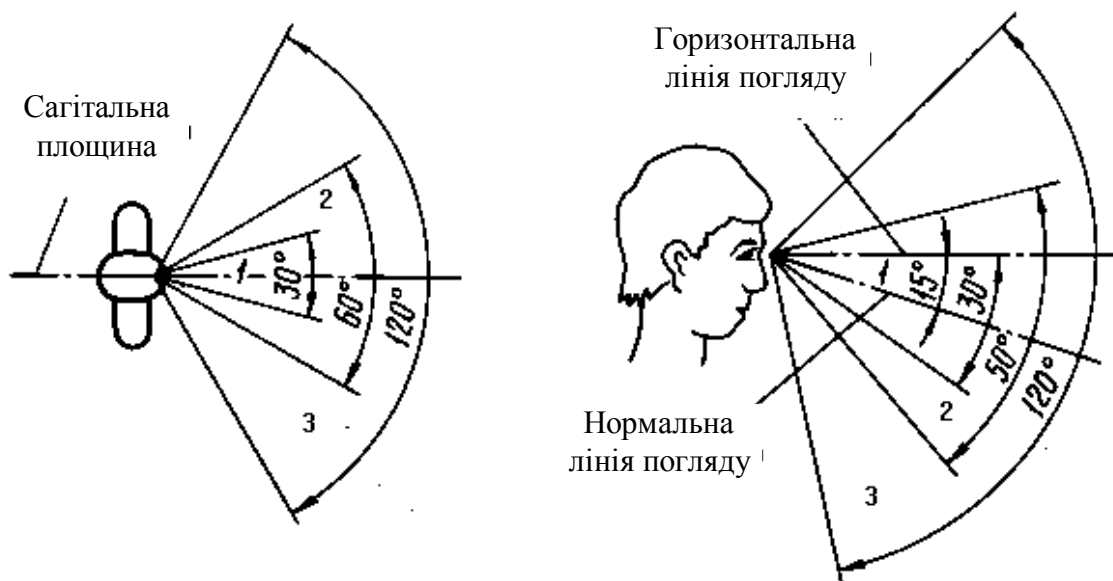


Рис.6.16. Зони зорового спостереження в горизонтальній і вертикальній площинах

У моторному полі (рис. 6.17) також розрізняють три зони: **зона оптимальної досяжності 1**, у якій повинні розміщатися дуже часто використовувані і найбільше важливі органи керування, **зона легкої досяжності 2** моторного поля, де повинні розміщатися рідко використовувані органи керування; **зона досяжності моторного поля 3** використовується для розміщення рідко використовуваних органів керування.

Зона досяжності моторного поля у вертикальній і горизонтальній площинах для середніх розмірів тіла людини при виконанні роботи сидячи

(стоячи) відповідно до вимог ДСТУ 8604:2015. ССБТ. Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги і ДСТУ 7950:2015 приведені на рис. 6.18.

Край робочої
поверхні

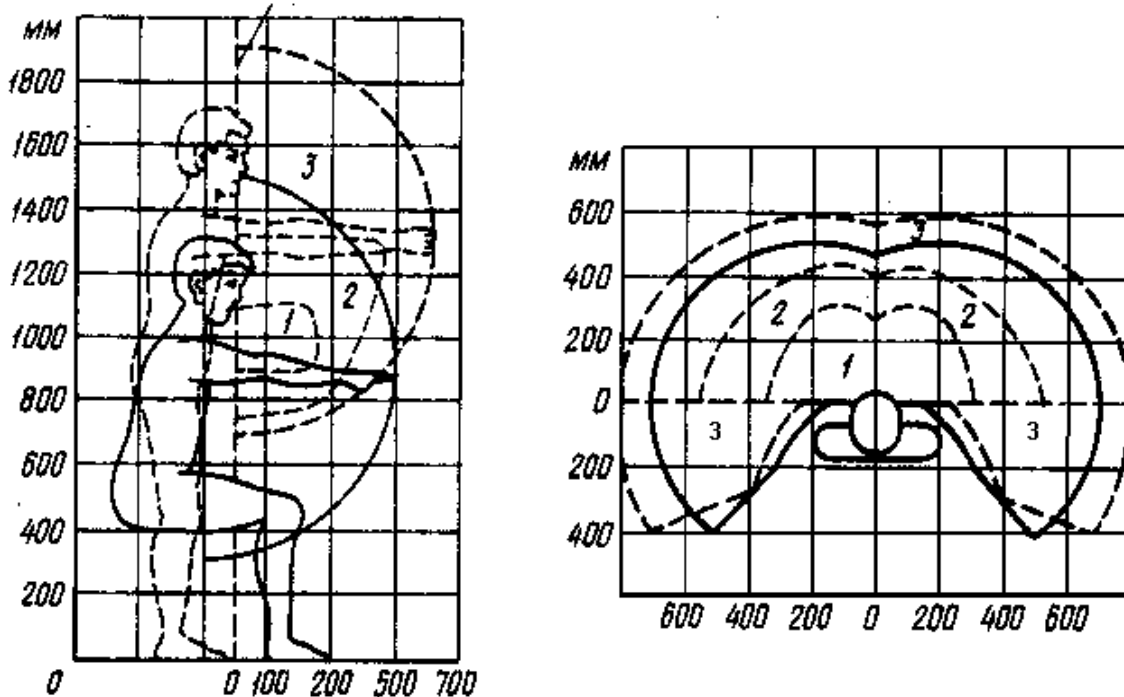


Рис. 6.17. Зона для виконання ручних операцій і розміщення органів керування у вертикальній і горизонтальній площинах

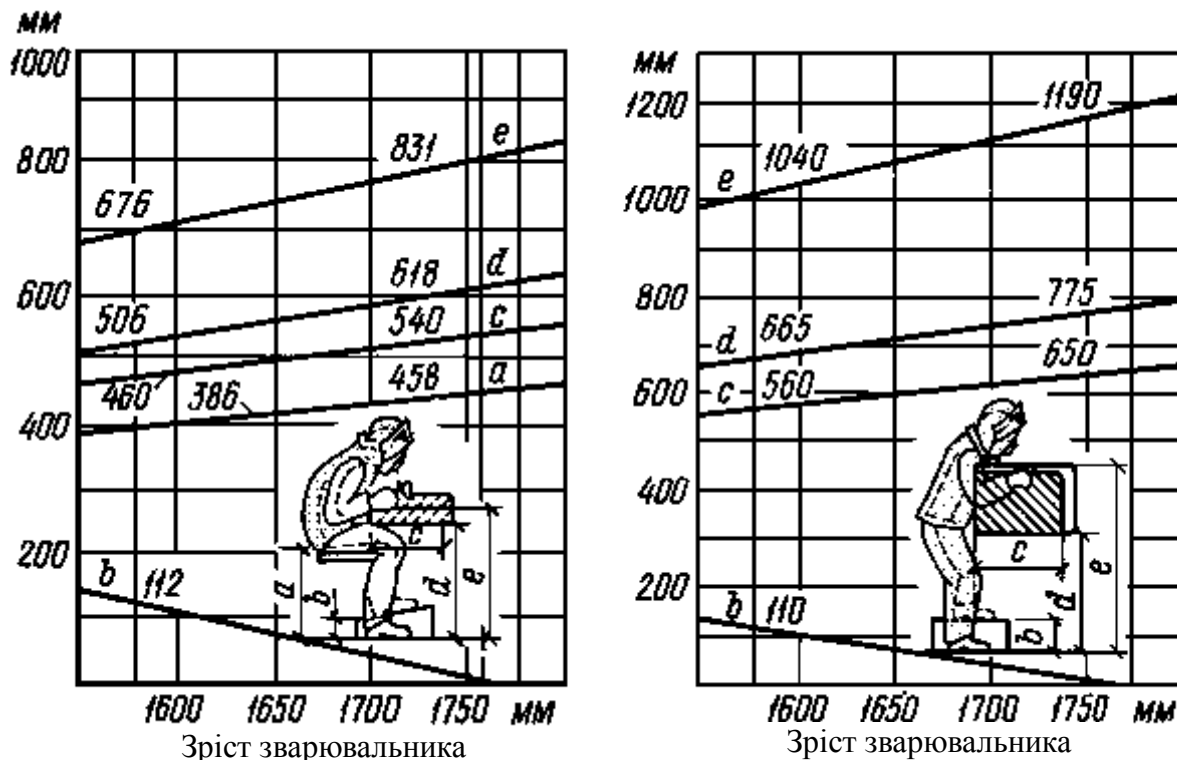


Рис. 6.18. Розміри робочого місця при різанні і зварюванні сидячи і стоячи

Безпека робочого місця в значній мірі залежить від його місцезнаходження при виконанні тієї або іншої роботи. Це місце варто вибирати так, щоб робітник міг вільно контролювати роботу верстата, знаходячись при цьому в безпечних умовах. Обладнання, що має підвищену небезпеку, повинно мати у своєму розпорядженні такі пристрої, щоб у місцях передбачуваної небезпеки не знаходився ні сам робітник, ні його сусіди.

При цьому велике значення має впровадження типових робочих місць для різноманітних робочих посад підприємств по виготовленню металоконструкцій.

Параметри стаціонарних робочих місць для зварювання і різання металів, що забезпечують найменше навантаження, можна визначити за даними рис. 6.18.

6.3.1. Ступені сходів, проходи і майданчики

Майданчики повинні бути шириною не менше 750 мм з корисною площею не менше 0,6 м² на кожного працюючого.

Майданчики і проходи захищаються поручнями заввишки 1,0-1,1м, з настилом, поверхня якого повинна мати високий опір ковзанню і володіти властивостями самоочищення. Між підлогою майданчика або проходу і верхньою планкою поручнів встановлюються подовжні планки, розташовані на відстані не більше ніж на 400 мм один від одного і прилеглі до настилу борт заввишки не менше 100 мм.

Для підйому на майданчики і переходи, що знаходяться на висоті більше 750 мм, повинні бути передбачені сходи з поручнями, а на висоті до 750 мм – трапи і ступені. Через кожні 6 м влаштовуються перехідні майданчики шириною не менше ширини сходів. Відстань між ступенями по висоті приймається однаковою по всій довжині сходів, але не більше 250 мм, а величини поглиблення – не менше 230 мм. Ухил ступенів всередину від 2 до 5°, а кут підйому сходів не більш 60°.

6.4. Кольори і сигнальні знаки безпеки

Знаки безпеки відповідно до ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) (с 01.07.2019).

Кольори сигнальні і знаки безпеки підрозділяються на чотири групи: заборонні, попереджувальні, наказуючі і вказівні.

Заборонні знаки призначені для заборони яких-небудь визначених дій у зазначених місцях або приміщеннях (заборона паління, користування відкритим вогнем, входу або в'їзду транспорту і т.п.).

Знаки цієї групи являють собою коло червоного кольору з білим полем усередині, білою по контурі знака каймою із символічним зображенням чорного кольору на внутрішньому білому полі, перекресленому похилою

смугою червоного кольору (кут нахилу 45° , зліва праворуч, зверху вниз). Застосовують заборонні знаки і знаки з пояснюючим написом, який виконаний шрифтом чорного кольору. При цьому червона похила смуга не наноситься. На знаках пожежної безпеки написи виконуються тільки червоним кольором.

Попереджувачі знаки призначені для попередження людей про можливу небезпеку – вибухонебезпечних легкозаймистих, отрутих та їдких речовин, електричній напрузі, випромінюваннях, про можливе падіння предметів і т.п. Знаки цієї групи являють собою рівносторонній трикутник жовтого кольору з округленими вершинами, зверненими вершиною вгору, із каймою чорного кольору, рівною по ширині 0,05 сторони трикутника із символічним зображенням чорного кольору.

Наказуючі знаки позначають дію, що дозволяється працюючим, але тільки за умови дотримання конкретних вимог техніки безпеки (обов'язкове застосування засобів індивідуального захисту: касок, спецодягу, рукавичок, окулярів, антифонів та ін.). Крім того, ця група знаків указує шлях евакуації, підходу до місць пожежної техніки або запасні виходи, а також до місць виконання робіт, де забезпечена безпека праці.

Вказівні знаки призначені для вказівки місцезнаходження різноманітних об'єктів і пристроїв, пунктів медичної допомоги, складів, пунктів харчування, пожежних кранів, гідрантів, вогнегасників.

Знаки цієї групи являють собою синій прямокутник, обрамлений білою каймою по контурі з білим квадратом усередині. Усередині білого квадрата чорним кольором завдається символічне зображення або пояснюючий напис. У нижній частині знака цієї групи припускається зображувати вказівну стрілку і відстань до об'єкта білим кольором (під білим квадратом).

З метою швидкого визначення вмісту трубопроводів і для дотримання працюючих вимог безпеки поблизу цих трубопроводів регламентовані маркувальне фарбування, спеціальні попереджувачі знаки і маркувальні щитки (НПАОП 0.00-1.81-18).

Встановлено десять груп речовин, що транспортуються, із відповідних їм пізнавальним фарбуванням: перша – вода (зелений), друга – пар (червоний), третя – повітря (синій), четверта і п'ята – палеві і негорючі гази, включаючи і скраплені гази (жовтий), шоста – кислоти (жовтогарячий), сьома – луги (фіолетовий), восьма і дев'ята – горючі і негорючі рідини (коричневий) і нульова – інші речовини.

Маркувальне фарбування трубопроводів наноситься по всієї їхній довжині або по окремих ділянках, в залежності від їхнього розташування, розмірів, освітленості та інших чинників.

Для позначення найбільш небезпечних речовин, що транспортуються по трубопроводах, на трубопроводи наносяться попереджувачі колірні кільця, для яких установлені три кольори маркувального фарбування: червоний – для легкозаймистих, вибухо- і вогнебезпечних речовин; жовтий – для шкідливих або небезпечних речовин (отруйних, токсичних і радіоактивних); зелений – для безпечних і нейтральних речовин. Коли ж речовина, що транспортується по трубопроводах, має одночасно декілька небезпечних властивостей, то на

трубопроводи наносяться кільця різних кольорів.

Для конкретизації виду небезпеки додатково до попереджувачих кілець застосовують і попереджувачі знаки, що мають форму трикутника жовтого кольору. Цими знаками позначаються радіоактивні, отруйні, вибухо- і вогнебезпечні речовини, а також інші речовини, небезпечні при їхньому розбризкуванні.

Варто мати на увазі, що на всіх знаках безпеки пояснювальні написи і символи необхідно виконувати чорним кольором, за винятком знаків пожежної безпеки, на яких вони червоного кольору.

При необхідності уточнити, обмежити або підсилити дію знаків безпеки допускається застосування додаткових табличок прямокутної форми з написами, що пояснюють, або з вказівною стрілкою, що необхідно розміщати горизонтально під знаком безпеки або вертикально справа від знака.

Знаки безпеки, які використовують в темний час доби або в умовах недостатньої видимості, освітлюються таким чином, щоб не змінювався їхній колір і не погіршувався огляд у світлий час доби. Знаки пожежної безпеки і покажчики евакуаційних або запасних виходів постачаються власними автономними джерелами живлення для їхнього освітлення.

При штучному освітленні знаків безпеки, установлених у вибухо- і пожежебезпечних приміщеннях, на дверях цих приміщень, а також на відкритих площадках поблизу вибухо- і пожежебезпечних установок варто строго додержуватися установлених вимоги електробезпечності.

Зміна характеру праці висуває підвищені вимоги до форм і засобів подачі інформації в умовах механізації, що постійно росте, (автоматизації) процесів. Практика показала, що при наявності навіть найкращої автоматизації остаточне рішення в екстремальних ситуаціях залишається за людиною. Тому одним із чинників, що впливає на оптимізацію трудової діяльності, є інформація з охорони праці.

Прикладом оптимальної організації системи інформації на виробництві, що забезпечує орієнтацію робітників в умовах складного виробничого середовища, безпеку виконання робіт на ділянках, навчання робітників правил безпеки і користування засобами пожежегасіння і індивідуального захисту, є «Паспорт безпечної організації праці».

6.5. Електробезпека

Сучасне будівництво промислових і цивільних будинків і споруджень органічно пов'язане із широким застосуванням електричної енергії.

У табл.6.5 приводяться статистичні дані поразки людей електричним струмом.

За ступенем небезпеки поразки людей електричним струмом приміщення діляться на три класи:

Приміщення без підвищеної небезпеки – це сухі приміщення з відносною вологістю не більше 75 % і температурою до +35 °С, із підлогами, що мають великий електричний опір, із повітряним середовищем без

струмопровідної пилюки.

Приміщення з підвищеною небезпекою – це приміщення, що характеризуються наявністю одного з таких умов: вогкості; постійної відносної вологості більше 75 %; струмопровідної пилюки чи підлоги (земляна, металева, залізобетонна, цегельна і ін.); високою температурою (понад 35 °С); можливістю одночасного доторку людини до металоконструкцій будинків, технологічних апаратів, механізмів з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування – з іншого.

Приміщення особливо небезпечні – це дуже сирі приміщення, у яких відносна вологість повітря постійно близька до 100 %, унаслідок чого внутрішні поверхні таких приміщень покриті конденсатом; приміщення з постійною наявністю їдких газів і парів стосовно матеріалів ізоляції струмопровідних частин, а також приміщення, що характеризуються двома і більше ознаками, що входить до класу приміщень із підвищеною небезпекою, наприклад, приміщення з струмопровідним пилом і із сирими струмопровідними підлогами.

Таблиця 6.5

Статистичні дані поразки людей електричним струмом в галузі будівництва

Причини поразки людей електрострумом	Відсоток від загального числа електротравм
доторкання до відкритих струмопровідних частин, що знаходяться під напругою	56
доторкання до провідних частин устаткування, що виявились під напругою в результаті ушкодження ізоляції	23
зіткнення з підлогами, стінами, елементами конструкцій, ґрунтом що виявився під напругою внаслідок аварійного замикання на землю	20
поразка через електричну дугу	1

6.5.1. Методи захисту в електроустановках

Основними методами профілактики електротравматизму є забезпечення надійності нормативних засобів захисту в електроустановках (ЕУ). До основних засобів захисту в електроустановках від поразки людини електричним струмом відносяться:

- використання ізоляції (робочої, подвійної і додаткової);
- забезпечення неприступності струмопровідних частин;
- електричний поділ мережі за допомогою спеціальних трансформаторів, що розділяють;
- використання малої напруги;
- захисне відключення;
- компенсація ємнісної складового струму замикання на землю;
- захисне заземлення;
- занулення.

Відповідно до улаштування електроустановок (ПУЕ затверджений наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 476 від

21.07.2017 р.) опір *ізоляції* повинен бути рівним не менше 1 000 Ом/В робочої напруги. Так, наприклад, для найбільш поширеної електричної мережі перемінного струму 380 / 220 В розмір опору ізоляції дорівнює 380 000 Ом.

Неприсутність струмопровідних частин на будівельному майданчику забезпечується шляхом розміщення зовнішньої електропроводки тимчасового електропостачання на опорах на висоті над рівнем землі, підлоги або настилу, не менше:

- 2,5 м – над робочим місцем;
- 3,5 м – над проходами;
- 6,0 м – над проїздами.

Проводи (магістральні) можуть бути без ізоляції у випадку, якщо вони прокладені на висоті не менше 3,5 м від рівня підлоги.

У діючих цехах у місцях постійного електропостачання використовуються: скрита електропроводка, огороження струмопровідних частин, блокування і розміщення струмопровідних частин у важкодоступному місці.

Електричний поділ мереж виконується шляхом підключення окремих споживачів через розподільчий трансформатор, що живиться від магістральної мережі з робочою напругою електроустановок (рис. 6.19 та рис. 6.20).

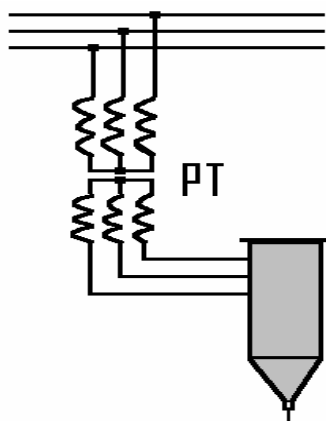


Рис. 6.19. Схема захисного поділу мереж

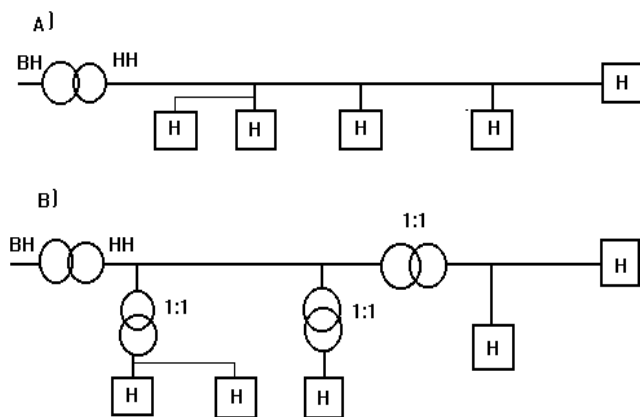


Рис. 6.20. Електрична розподільна мережа:
А – до поділу; Б – після поділу; Н – навантаження

Основна мета цього захисного заходу – зменшити розмір ємнісного струму замикання на землю, що збільшить загальний опір фаз щодо землі.

Електричний поділ мереж застосовується в протяжних мережах електропостачання з ізолюваною нейтраллю, що характеризуються значними ємнісними струмами замикання на землю.

Застосування малих напруг – використання номінальної напруги забезпечення електроустановок не більш 42 В, застосовуване з метою зменшення небезпеки поразки електричним струмом. Основна мета цього методу – зниження напруги до довгостроково припустимого розміру напруги доторку, при якому навіть двохфазне доторкання людини є безпечним. Розмір малої напруги вибирається з урахуванням категорії приміщень за умовами поразки електричним струмом.

У приміщеннях із підвищеною небезпекою та особливо небезпечних, де опір тіла людини може бути значно зниженим, струм, що проходить через людину, може в декілька разів перевищити цей розмір.

У зв'язку з цим, у виробничих переносних електроустановках для забезпечення безпеки застосовуються малі напруги 12 і 36 В. У приміщеннях із підвищеною небезпекою для переносних електроприймачів рекомендується номінальна напруга 36 В.

В особливо небезпечних приміщеннях, де ручний електроінструмент забезпечується від джерела напругою 36 В, а переносні світильники – напругою 12 В, струм, що проходить через людину, може бути ще вищим.

Через те, що одним застосуванням малої напруги не завжди вдається досягти достатнього ступеня безпеки, додатково застосовуються інші заходи захисту в ЕУ – подвійна ізоляція, захист від випадкового доторку до струмопровідних частин та ін.

Однофазний доторк до струмопровідних частин ЕУ, а також доторк до корпусу, що виявився під напругою, навіть незаземленому, при малій напрузі є безпечним, тому що струм, що проходить через тіло людини навіть при доторку до фази, визначається опором ізоляції і малої напруги, відповідно до виразу:

$$I_h = 3U / (R_{ch} + Z) . \quad (6.6)$$

Приклад. У мережі малої напруги, що складається з одного трансформатора і одного споживача, ємність фаз щодо землі практично дорівнює нулю, опір ізоляції фаз – декільком сотням кілоом. Якщо прийняти $Z_u = r = 10$ кОм (що неприпустимо мало), струм, що проходить через людину, що доторкнулася до незаземленому корпусу, що має контакт із струмопровідними частинами в трифазній мережі 36 В (фазна напруга $U = 21$ В), дорівнює:

$$I_h = 3 \cdot 21 / (3 \cdot 1 + 10) = 4,85 \text{ мА}.$$

У дійсності ці струми ще менші внаслідок більш високого опору ізоляції.

Джерелом малої напруги може бути батарея гальванічних елементів, акумулятор, випрямна установка, перетворювач частоти або понижуючий трансформатор. Випрямна установка, застосована як джерело малої напруги, у цьому випадку повинна з'єднуватися з мережею, що живиться, тільки через понижуючий трансформатор. Вмикання випрямлячів через автотрансформатор не допускається, тому що струмопровідні частини електричних установок малої напруги в цьому випадку електрично пов'язані з мережею вищої напруги. При цьому зберігається значна можливість появи високої напруги на низькій стороні при пробі міжвиткової ізоляції обмотки автотрансформатора.

Як джерела малої напруги найчастіше застосовуються понижуючі трансформатори.

Одним із методів зменшення небезпеки поразки людини при переході високої напруги на сторону малої напруги є в цьому випадку, наприклад, формування на низькій стороні мережі з глухо заземленою нейтраллю.

Застосування малої напруги дуже ефективний захисний засіб, проте

його широке поширення ускладнюється високою вартістю прокладки додаткової мережі малої (низької) напруги. У зв'язку з цим зона застосування малої напруги обмежується живленням ручних електрифікованих інструментів, ручних переносних ламп і ламп місцевого освітлення в приміщеннях із підвищеною небезпекою і особливо небезпечних по можливості поразки людини електричним струмом.

Подвійна ізоляція основана на застосуванні крім основної, робочої ізоляції струмопровідних частин додаткової ізоляції, що ізолює людину від доторку до металевих частин, що не проводять струм, ЕУ, спроможних випадково виявитися під напругою в аварійних ситуаціях. Найбільш проста подвійна ізоляція забезпечується покриттям металевих корпусів і ручок електрообладнання прошарком ізоляційного матеріалу. Більш дієвим засобом є виготовлення корпусу електроінструменту з ізолюючого матеріалу (наприклад, пластмаси, рис. 6.21).

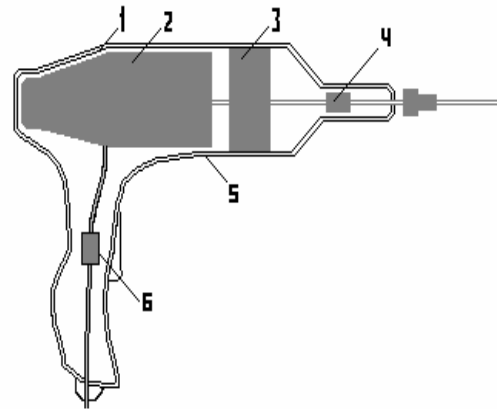


Рис. 6.21. Електродрель із подвійною ізоляцією:
1 – корпус; 2 – електродвигун;
3 – редуктор; 4 – ізолююча вставка;
5 – додаткова ізоляція; 6 – вимикач

Захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих частин електроустановок, які не проводять струму, що можуть виявитися під напругою в аварійних ситуаціях.

Метою захисного заземлення є усунення небезпеки поразки людей електричним струмом, тільки з'явиться напруга на корпусі або інших металевих частинах механізмів, що не проводять струму, і машин, що використовують електроенергію, тобто при замиканні на корпус, наприклад, при пробі ізоляції.

Захисна дія заземлення складається в зменшенні до безпечного розміру сили струму, що проходить через тіло людини при дотику його з корпусом машини, що виявились під напругою. Це досягається зменшенням потенціалу заземленого устаткування.

Захисне заземлення електроустановок варто виконувати в мережах напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю і у мережах напруги вище 1000 В як з ізольованої, так і з глухо заземленою нейтраллю.

Захисне заземлююче обладнання, складається з сукупності заземлювача і провідників, що заземлюють. Заземлювач являє собою провідник або сукупність металевих сполучених провідників, що знаходяться в безпосередньому зіткненні з землею. Провідник, що заземлює – металевий провідник, що з'єднує частини електричної установки, що заземлюються, із заземлювачем.

Для заземлення електроустановок використовують природні і штучні заземлювачі. Природними заземлювачами можуть бути металеві конструкції

будинків, трубопроводи й устаткування, що мають надійне з'єднання з землею.

Трубопроводи горючих рідин, газів, а також трубопроводи, покриті ізоляцією для захисту від корозії, використовувати як заземлювачі забороняється.

Як штучні заземлювачі, як правило, використовують металеві труби діаметром 35-50 мм, кутову сталь із товщиною полиць не менше 40 мм, довжиною 2,5-3,5 м, з'єднаною між собою на глибині не менше 0,3 м від поверхні землі металевими смугами перетином не менше 48 мм² (рис. 6.23).

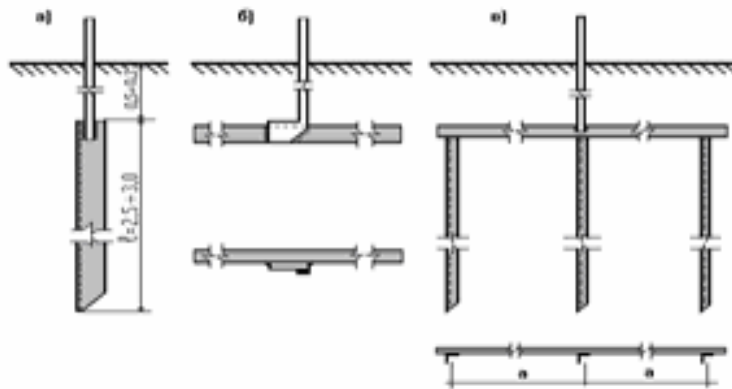


Рис. 6.22. Конструктивні схеми заземлювачів:
а) вертикальний; б) горизонтальний; в) комбінований

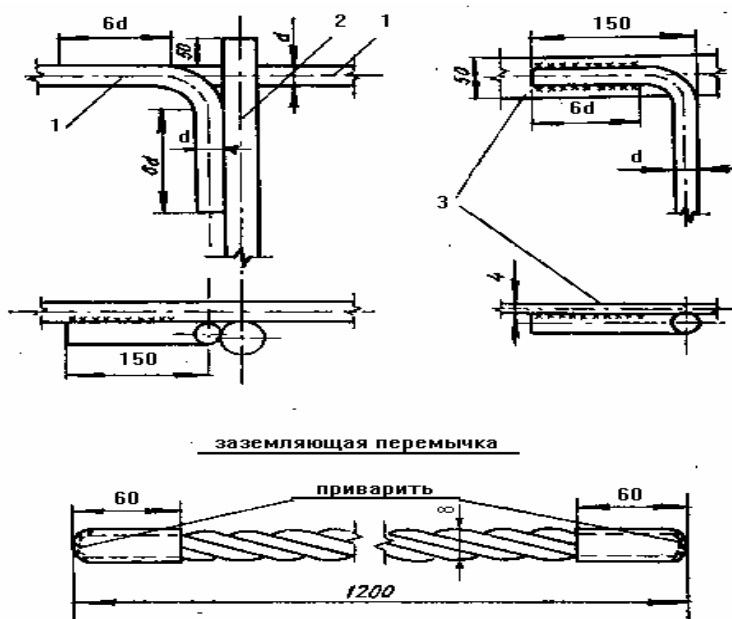


Рис. 6.23. Схеми з'єднання стрижневих заземлювачів із провідниками, що заземлюють:
1 – провідник, що заземлює, із круглої сталі;
2 – заземлювач стрижневий; 3 – провідник, що заземлює, із смужової сталі

У такий спосіб створюється єдина конструкція заземлюючого захисного пристрою.

Провідники, що заземлюють, прокладають по конструкціях будинків відкрито, у легко доступних для огляду місцях. Такі провідники повинні мати

особливе фарбування: по зеленому фоні жовті смуги. До устаткування провідники, що заземлюють, приєднують зварюванням або болтами, а до заземлювача (під землею) – тільки зварюванням (рис. 6.24).

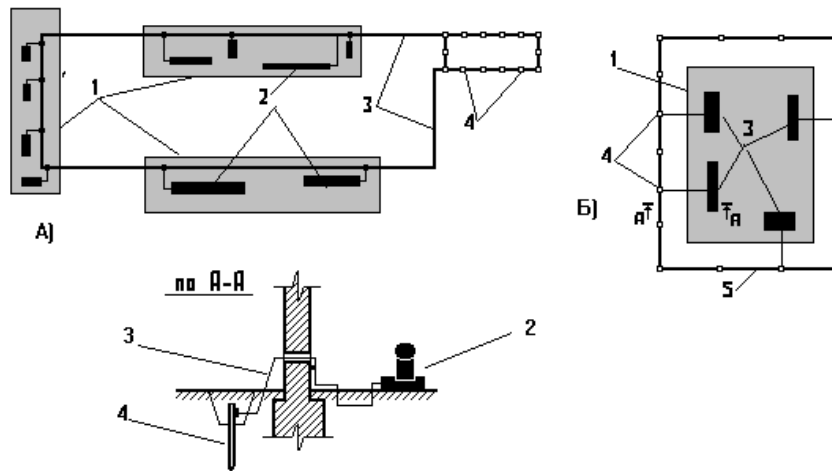


Рис. 6.24. Схеми використовуваних видів заземлення: а – виносне; б – контурне (1 – виробничі будинки; 2 – електроустаткування; 3 – провідник, що заземлює; 4 – заземлювач; 5 – контур заземлення)

По розташуванню заземлювачів щодо заземлювальних корпусів, захисні заземлення діляться на виносні і контурні (рис. 6.24). У виносного захисного заземлення заземлювачі розташовуються на деякому віддаленні (не менше 20м) від заземлюваного устаткування. У контурного захисного заземлення заземлювачі розташовуються по контуру заземлювального устаткування на деякій (обумовленій розрахунком) відстані один від одного.

Будівельні машини і механізми, що використовують напругу 380 / 220 В, забезпечуються тільки виносним захисним заземлювальним пристроєм (рис. 6.25).

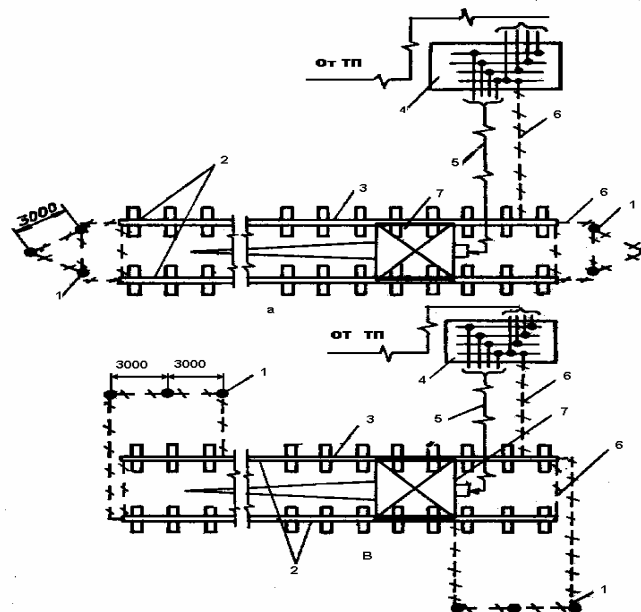


Рисунок 6.25 - Схеми виносного захисного заземлення рельсового шляху баштових кранів: 1 – осередок заземлення; 2 – рельсовий шлях; 3 – перемичка; 4 – розподільний щит; 5 – чотирьохжильний кабель; 6 – з'єднуючий провідник; 7 – баштовий кран

6.5.2. Розрахунок захисного заземлення

Розрахунок має на меті визначити основні параметри захисного заземлення – число, розміри і відстань між вертикальними елементами пристрою, що заземлює, (вертикальними заземлювачами), а також довжину горизонтальних сполучних шин (горизонтальних смуг).

Розрахунок провадиться в такій послідовності.

1. Вихідні дані: характеристика електроустановки (розрахунковий струм замикання на землю, тип установки, робоча напруга); форма і розміри електродів, із якого намічене виготовлення вертикальних заземлювачів і горизонтальної сполучної смуги, а також глибина занурення їх у землю; план розміщення заземлювачів; розмір питомого опору ґрунту.

2. Відповідно до ДСТУ Б В.2.5-82:2016, ПУЕ-17 і на підставі вихідних даних визначають максимально припустимий опір захисного заземлювального пристрою, що конструюється.

3. Визначають опір одиночного вертикального заземлювача, що складається з суми трьох опорів: опори провідників, що заземлюють, опори самого заземлювача і перехідного опору між заземлювачем і ґрунтом (або опори розтікання струму). Розмір перших двох складових у порівнянні з третім малі і тому в розрахунку вони не враховуються.

Аналітичні вираження для обчислення опору розтікання струму різноманітних одиночних заземлювачів приведені в табл.6.6.

Таблиця 6.6

Формули по визначенню опору розтікання струму одиночних заземлювачів

Тип заземлювача	Схеми	Розрахункові формули	Умови застосування
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
трубчасті або стрижневі в поверхні землі		$R = 0,366 (\rho/l) \cdot \lg(4l/d)$	$l > d$
те ж, у землі		$R = 0,366 (\rho/l) \cdot [\lg(2l/d) + 0,5 \lg(4S + l/4S\pi - l)]$	$l > d$ $t_0 > 0,5 \text{ м}$ $S = 10 + 0,5l$
довгий, круглого перетину (труба, кабель) на поверхні землі		$R = 0,733(\rho /l) \cdot \lg(2l/d)$	$l > d$
те ж, у землі		$R = 0,366(\rho /l) \cdot \lg(2l^2/dt_0)$	$l / t_0 > 5$ $l > d$

1	2	3	4
протяжний смуговий на поверхні землі		$R = 0,733(\rho / l) \cdot \lg(4l/b) \cong (2/l)$	$l > d$
те ж, у землі		$R = 0,366(\rho / l) \cdot \lg(2l^2/bt_0)$	$l/t_0 > 5$ $l > b$
кругла пластина в землі		$R = (\rho / 4D) \cdot (1+0,5\pi) \cdot \arcsin(D/\sqrt{16t_2 + D}) + D)$	$D < 2t$

На опір розтікання струму заземлювачів впливає коливання вологості ґрунту через висихання ґрунту влітку і промерзання взимку. Тому за розрахунковий питомий опір ґрунту ρ приймається його найбільше значення протягом року:

$$\rho = \rho_{\text{ґрунту}} \cdot k_c, \quad (6.7)$$

де: k_c – коефіцієнт сезону, що враховує сезонне промерзання або висихання ґрунту (табл.6.7);

$\rho_{\text{ґрунту}}$ – питомий опір ґрунту (табл. 6.8), Ом·м.

Таблиця 6.7

Ознаки кліматичних зон і значення коефіцієнта сезону k_c

Показники	Зони			
	1	2	3	4
середня багаторічна температура січня, °С	від -20° до -15°	від -15° до -10°	від -10° до -0°	від 0° до 5°
середня багаторічна температура липня, °С	від 15° до 18°	від 18° до 22°	від 22° до 24°	від 24° до 26°
середньорічна кількість опадів, см	40	50	50	30-50
тривалість стояння льоду, дні	190-170	150	100	0
Орієнтована мінімальна товщина активного прошарку h , м	2,2	2,0	1,8	1,5
K_c для горизонтальних заземлювачів на глибині 0,8 м	4,5-7,0	3,5-4,5	2,0-2,5	1,5-2,0
K_c для вертикальних заземлювачів довжиною 2-3 м при глибині закладення вершини 0,5-0,8 м	1,8-2,0	1,6-1,8	1,4-1,6	1,2-1,4
K_c для вертикальних заземлювачів довжиною 5 м при глибині закладення вершини 0,7-0,8 м	1,35	1,25	1,15	1,1

4. Число вертикальних заземлювачів n визначають методом послідовних наближень за формулою:

$$n = R_B / \eta_y \cdot R_3, \quad (6.8)$$

де R_6 – опір одиночного вертикального заземлювача, Ом;

R_3 - припустимий опір пристрою, що заземлює, Ом;

η_y – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, за допомогою якого враховують явище взаємного екранізування поля окремих електродів.

Таблиця 6.8

Значення питомого опору $\rho_{\text{грунту}}$, Ом·м

Матеріали	Грунт								Вода	
	Гравій, щебінь	Пісок	Супісь	Чорнозем	Суглинок	Крейда	Глина	Торф	Річкова	Морська
Питомий опір ґрунту ρ , Ом. М	2000	700	300	200	100	60	40	20	50	1

Значення коефіцієнтів використання вертикальних заземлювачів η_y , приведені в табл. 6.9.

Таблиця 6.9

Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_y
без урахування впливу горизонтальної сполучної смуги

Число заземлювачів	Відношення відстані між заземлювачами до їхньої довжини					
	1	2	3	1	2	3
	заземлювачі розміщені в ряд			заземлювачі розміщені по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,56	0,64
100	-	-	-	0,36	0,52	0,62

Ці коефіцієнти (η_e) залежать від числа заземлювачів, конфігурації заземлювача і від відношення відстані між окремими вертикальними a заземлювачами до їхньої довжини l . Для підвищення коефіцієнта використання заземлювачів відношення a/l приймають не менше 1. Добір необхідного числа n ведеться в такій послідовності:

1) при $\eta_e = 1$ знаходять вихідне число n_1 ;

2) для n за табл. 6.9 визначається η_y ;

3) по розмірі η_y знаходять нове число n_2 ;

і т.д., до одержання різниці між останніми числами заземлювачів менше одиниці (тобто $n_i - n_{i-1} < 1$).

Остаточне значення n приймають рівним найближчому меншому і для нього визначають η_v .

5. Використовуючи табл. 6.6 визначають опір розтіканню струму горизонтальної сполучної смуги. При цьому довжина смуги приймається

рівною:

– для заземлювачів, розташованих за контуром:

$$L_r = 1,05 an; \quad (6.9)$$

– для заземлювачів, розташованих у ряд:

$$L_r = 1,05 a(n-1). \quad (6.10)$$

При груповому заземлювачі поряд із взаємоекрануванням вертикальних заземлювачів виникає екранізування між горизонтальними і вертикальними складової конструкції. Це екранізування враховується коефіцієнтом використання смуги η_m . Значення коефіцієнтів η_p приведені в табл. 6.10.

Таблиця 6.10

Коефіцієнт використання η_p сполучної смуги для заземлювачів, розташованих у ряд і по контурі

Відношення відстані між заземлювачами до їхньої довжини a/l	Число вертикальних заземлювачів в ряду								
	4	5	8	10	20	30	50	65	
1	0,77	0,76	0,74	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20	
2	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,34	
3	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,47	
Відношення відстані між заземлювачами до їхньої довжини a/l	Число вертикальних заземлювачів у контурі заземлення								
	4	6	8	10	20	30	50	70	100
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20	0,19
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24
3	0,70	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37	0,35	0,33

6. Результируючий опір розтіканню струму групового заземлювача (усього захисного заземлюючого пристрою) R_{zp} , Ом, визначається за формулою:

$$R_{zp} = R_g \cdot R_z / R_g \cdot \eta_z + n \cdot \eta_g \cdot R_z, \quad (6.11)$$

де R_g – опір одного вертикального заземлювача, Ом;

R_z – опір горизонтальної сполучної смуги, Ом;

n – число вертикальних заземлювачів;

η_y, η_p – коефіцієнти використання вертикальних заземлювачів і горизонтальної сполучної смуги групового заземлювача.

7. Порівнюють обчислення по формулі значення R_{zp} із припустимим розміром R_z . Якщо $R_{zp} > R_z$, необхідно перевірити правильність обчислень. У випадку, якщо $R_{zp} < R_z$, варто виконати коригування розрахунку шляхом зменшення числа n .

У тих випадках, коли структура ґрунту багат шарова, її умовно подають у вигляді двох прошарків товщиною h_1 і $h_2 = \infty$, у межах яких питомий опір постійно дорівнює ρ_1 і ρ_2 . Двошарова модель враховується також у тому випадку, коли ґрунт періодично промерзає або висихає.

Приклад. Розрахувати конструкцію захисного заземлення для баштового крана КБ-573.

Вихідні дані: напруга живлення електродвигуна 380 В; вертикальні заземлювачі зі сталевих труб діаметром $d = 63$ мм, довжиною $l = 3$ м; відстань між трубами в груповому заземленні $a = 5$ м; горизонтальна сполучна смуга сталева шириною $b = 40$ мм; заглиблення сполучної смуги в ґрунт $t_0 = 800$ мм; ґрунт у місці розташування захисного заземлення – глина. Будівельний майданчик (місце експлуатації крана) згідно до ДСТУ-Н Б В В.1.1-27:2010 розташовується в II кліматичній зоні. Заземлювач запроєктувати у виді прямокутника. Природних заземлювачів немає. Припустимий опір пристрою, що заземлює, $R_3 < 4,0$ Ом.

Рішення. 1. Опір одиночного вертикального заземлювача визначається за формулою (див. табл. 6.6):

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{\rho}{2 \cdot l} \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \lg \left(4 \cdot S + \frac{l}{4 \cdot S - l} \right) \right], \quad (6.12)$$

де $\rho = \rho_{\text{ґрунту}} \cdot k_c = 40 \cdot 1,8 = 72$ Ом.м.

$$S = t_0 + 0,5 \cdot l = 0,8 + 0,5 \cdot 3 = 2,3 \text{ м}$$

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{72}{2 \cdot 3} \cdot \left[\lg \frac{2 \cdot 3}{0,063} + 0,5 \cdot \lg \left(4 \cdot 2,3 + \frac{3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) \right] = 28,3 \text{ Ом.}$$

2. При $\eta_6 = 1$ знаходимо вихідне число вертикальних заземлювачів:

$$n_1 = R_B / R_3 = 19,9 / 4 = 7 \text{ шт.}$$

Для $n = 7$ шт. $a/l = 11/3 = 3,7$, с урахуванням інтерполяції за табл. 6.9 визначаємо $\eta_B = 0,81$.

Уточнюємо число вертикальних заземлювачів:

$$n_2 = R_B / R_3 \cdot \eta_B = 42,2 / 4 \cdot 0,81 = 13,2 \text{ шт.}$$

Аналогічно визначаємо $\eta_B = 0,7$

Остаточно приймаємо $n = 14$ шт.

3. Для горизонтальної сполучної смуги заземлювача, розташованого в землі, опір розтіканню струму (див. табл. 6.6) дорівнює:

$$R_r = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l_r} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_r^2}{b \cdot t_0}, \quad (6.13)$$

де $\rho = \rho_{\text{ґр}} \cdot k_c = 40 \cdot 4,5 = 180$ Ом.

$$l_r = 1,05 \cdot a \cdot n = 1,05 \cdot 5 \cdot 14 = 73,5 \text{ м}$$

$$R_r = 0,366 \cdot \frac{180}{36,75} \cdot \lg \frac{2 \cdot 36,75^2}{0,04 \cdot 0,8} = 10,2 \text{ Ом.}$$

Відповідно до табл. 6.10 при $n = 14$, $a/l = 4,5/3 = 1,5$ і розташуванні

вертикальних заземлювачів по контуру $\eta_p = 0,42$.

4. Визначаємо результуючий опір проектованого захисного пристрою, що заземлює:

$$R_{\text{вр}} = \frac{R_{\text{в}} \cdot R_2}{R_{\text{в}} \cdot \eta_2 + n \cdot R_{\text{г}} \cdot \eta_6} = \frac{19,9 \cdot 8,8}{19,9 \cdot 0,42 + 14 \cdot 8,8 \cdot 0,69} = 1,9 \text{ Ом.}$$

У зв'язку з тим, що $R_{\text{в}} < R_3$ ($1,9 < 4 \text{ Ом}$), приймаємо кількість вертикальних заземлювачів, отримане в результаті розрахунку $n = 14$ шт., а довжину горизонтальної сполучної смуги $l_2 = 36,8 \text{ м}$.

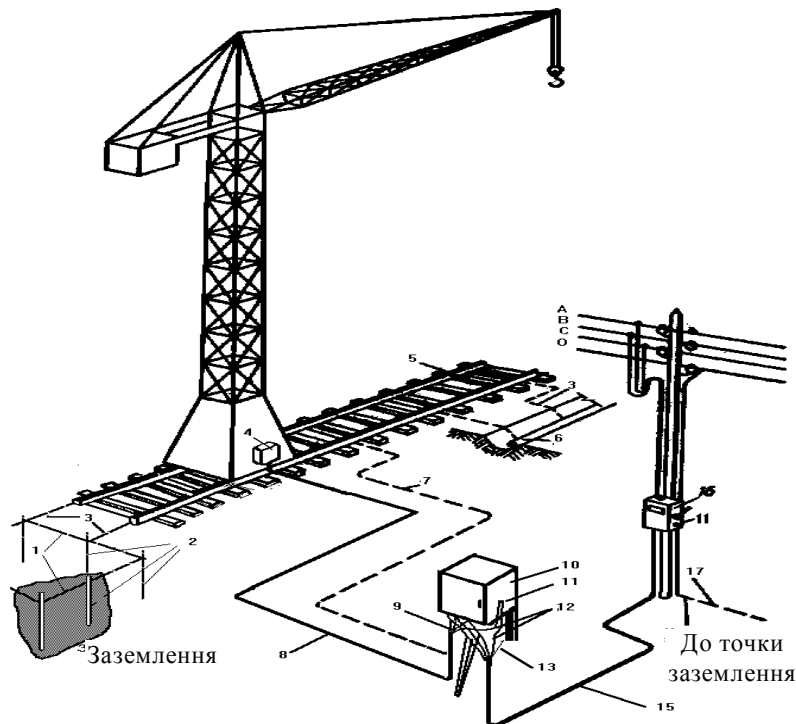


Рис. 6.26. Забезпечення електробезпечності експлуатації баштового крана:

A, У, С – фазні проводи лінії електропостачання; 0, 12 – нульові проводи лінії;

1 – горизонтальна сполучна сталева смуга 40x4мм; 2 – вертикальні заземлювачі;

3 – провідник, що заземлює (дріт діаметром 6 мм); 4, 10 – силові ящики на крані й основний;

5 – перемичка між нитками рейок (приварюється); 6 – варіант заземлювача у виді труби;

7 – провідник, що з'єднує металевий корпус силового ящика крана з нитками рейок;

8 – гнучкий шланговий чотирьохжильний кабель; 9 – фазні проводи гнучкого кабелю;

11 – болт, що заземлює; 13 – провідник, що заземлює ізоляцію кабелю;

14 – фазні проводи кабелю, що живить; 15 – чотирьохжильний кабель, що живить;

16 – рубильник розірвання; 17 – провідник, що заземлює

На рис. 6.26 подана конструкція елементів захисного заземлення рельсового шляху з використанням вертикальних заземлювачів

Приклад. Відповідно до геологічного розтину верхній прошарок ґрунту товщиною в 1,5 м складається із супесі, а далі глини. Необхідно встановити захисне заземлення у виді горизонтальної смуги і вертикальних заземлювачів. Припустимий опір заземлювача $R_3 < 4 \text{ Ом}$.

Довжина вертикальних заземлювачів $l = 3 \text{ м}$, ширина горизонтальної

смуги $b = 0,04$ м. Заглиблення $t = 0,8$ м. Визначити параметри захисного пристрою, що заземлює, довжину горизонтальної смуги L_2 і число вертикальних заземлювачів n , при яких опір заземлювача відповідає нормі.

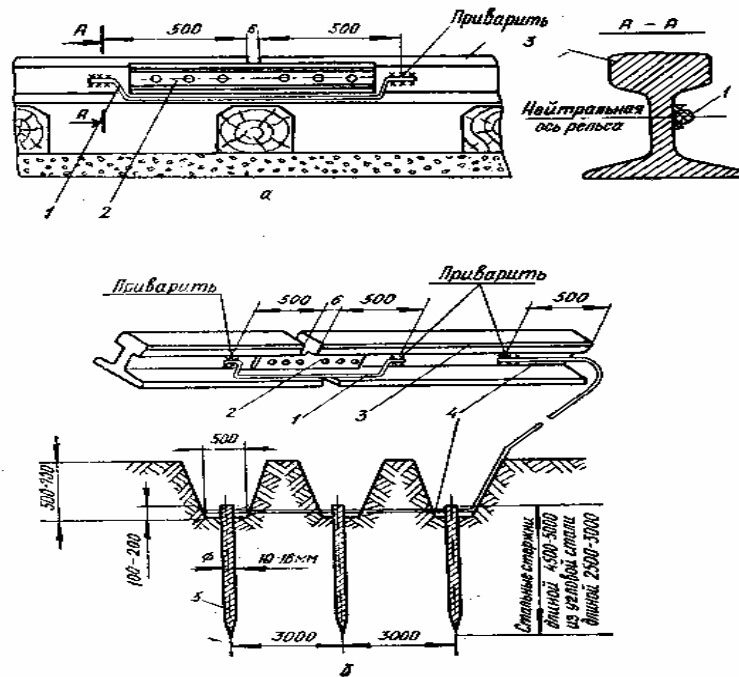


Рис. 6.27. Схема заземлення рельсового шляху за допомогою вертикальних стержнів:
 а – з'єднання стику рейок і приєднання перемичок з допомогою зварювання;
 б – приєднання провідника, що заземлює, і перемичок до рейок;
 1 – перемичка, що заземлює; 2 – накладка; 3 – рейка;
 4 – провідник, що заземлює, із круглої сталі; 5 – вертикальні заземлювачі

Рішення. Визначення опору розтікання струму горизонтальної смуги з вертикальними заземлювачами за формулою:

$$R_{гр.ряду} = 0,366(\rho_3 / L_2) \alpha_B \lg(2L_2^2 / b_n t) = 0,366(\rho_3 / l) P \alpha_B [\lg(2L_2^2 / b_n t) + \lg(1 / \rho^2)]$$

де L_2 , b_n , t – довжина і ширина закладення горизонтальної сполучної смуги, м;

$\alpha_B = f(l / L_2, a / l)$ – коефіцієнт, що характеризує зменшення опору сполучної смуги при додаванні до неї вертикальних заземлювачів. Значення коефіцієнта α_B приймаємо за табл. 6.11.

ρ_3 – еквівалентний питомий опір ґрунту для розрахунку опору сполучної смуги з вертикальними заземлювачами, розташованими в ряд. Значення ρ_3 визначається на основі даних табл. 6.12 за формулою $\rho_3 = \rho_2(\rho_3 \cdot \rho_2)$;

$P = l / L_2$ – відношення довжини вертикальних заземлювачів до довжини горизонтальної смуги.

Підставляючи конкретні значення розмірів у формулу $R_{гр.ряду}$ одержимо:

$$R_{гр.ряду} = 10,15 P \alpha_B (2,75 + \lg 1 / \rho^2) \quad (6.14)$$

Прийmemo спочатку:

$$a / l = 1; \rho = 0,5 \text{ (за табл. 6.11)} \quad \alpha_B = 0,42,$$

тоді:

$$R_{зр,ряду} = 10,15 \cdot 0,5 \cdot 0,42 \cdot (2,75 + \lg 1/0,25) = 7,05 \text{ Ом.}$$

У даному випадку $R_{зр,ряду} > R_3$, тому зменшуємо послідовно ρ доти, поки $R_{зр,ряду}$ буде меншим або дорівнюватиме $\leq R_3$, тобто виконуємо розрахунок методом послідовного наближення.

При $\rho = 0,2$ $\alpha_B = 0,53$

$$R_{зр,ряду} = 10,15 \cdot 0,2 \cdot 0,53 [2,75 + \lg(1/0,04)] = 4,5 \text{ Ом.}$$

При $\rho = 0,15$ $\alpha_B = 0,57$

$$R_{зр,ряду} = 10,15 \cdot 0,57 \cdot 0,15 [2,75 + \lg(1/0,0225)] = 3,8 \text{ Ом.}$$

Таким чином, необхідна довжина горизонтальної смуги заземлювача:

$$L_2 = I/P = 3/0,15 = 20 \text{ м.}$$

Число вертикальних заземлювачів:

$$n_e = L_2/a + 1 = 8 \text{ одиниць .}$$

Таблиця 6.11

Значення коефіцієнта α_B

Відношення відстані між електродами до їхньої довжини a/l	Відношення довжини вертикальних заземлювачів до довжини горизонтальної смуги l/L_2					
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0
0,5	0,78	0,66	0,56	0,47	0,34	0,25
1	0,81	0,70	0,61	0,53	0,42	0,35
2	0,84	0,75	0,69	0,61	0,51	-
4	0,89	0,81	0,75	0,69	-	-

Таблиця 6.12

Відносний еквівалентний питомий опір двошарової землі

ρ_e/ρ_p для розрахунку опору розтіканню струму простих заземлювачів

ρ_e/ρ_p	Вертикальний заземлювач при $(h - t)/l$					Горизонтальна смуга при $(h - t)/L$				Горизонтальна смуга з вертикальними заземлювачами в ряд при $(h - t)/l$				
	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,03	0,05	0,1	0,5	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0,05	0,25	0,14	0,1	0,08	0,08	0,16	0,13	0,12	0,08	0,32	0,21	0,18	0,14	0,12
0,1	0,4	0,24	0,19	0,15	0,14	0,25	0,21	0,19	0,13	0,48	0,33	0,27	0,23	0,20
0,2	0,59	0,38	0,32	0,26	0,25	0,41	0,34	0,32	0,25	0,65	0,49	0,41	0,37	0,33
0,3	0,69	0,51	0,43	0,37	0,36	0,52	0,46	0,44	0,36	0,76	0,6	0,52	0,48	0,44
0,5	0,84	0,72	0,65	0,59	0,57	0,68	0,64	0,60	0,54	0,88	0,78	0,73	0,68	0,52
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,06	1,2	1,32	1,5	1,6	1,6	1,7	1,75	1,9	1,10	1,17	1,25	1,4	1,75
3	1,1	1,3	1,52	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,9	1,15	1,25	1,38	1,7	2,36
5	1,16	1,4	1,75	2,4	2,9	3,5	4,0	4,2	4,8	1,22	1,38	1,6	2,15	3,6
10	1,24	1,5	2,0	3,1	4,1	6,4	7,6	8,0	9,6	1,3	1,55	1,95	2,9	5,2
50	1,35	1,74	2,6	4,1	7,4	30	33	36	46	1,4	1,82	2,75	4,5	9,4

Примітка: $(h - t)/l$, $(h - t)/L$ – відношення товщини верхнього прошарку h (з урахуванням глибини t закладення електрода) до довжини l вертикального заземлювача або горизонтальної смуги L .

**Відносний еквівалентний питомий опір ρ_1/ρ_2
для контура заземлення з вертикальними заземлювачами**

ρ_1/ρ_2	a/l	Відносна товщина прошарку ґрунту з урахуванням глибини закладення $(h - t)/l$						
		0,25	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	0,95
0,25	0,5-4	0,97	0,93	0,85	0,78	0,71	0,65	0,64
0,5	0,5-4	0,99	0,96	0,92	0,88	0,83	0,79	0,77
1	1-4	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1,02	1,03	1,05	1,1	1,13	1,3	1,1
	2	1,03	1,07	1,1	1,13	1,15	1,32	1,5
	4	1,05	1,17	1,13	1,15	1,2	1,38	1,6
5	1	1,05	1,1	1,15	1,22	1,35	1,86	2,4
	2	1,22	1,26	1,35	1,43	1,54	2,12	2,7
	4	1,33	1,41	1,5	1,65	1,83	2,6	3,5
10	1	1,1	1,2	1,28	1,38	1,62	2,5	3,7
	2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,75	5,5
	4	1,52	1,7	1,88	2,08	2,33	3,52	6,0

Примітка: Дані таблиці правильні при таких параметрах: $\sqrt{S} \leq 200$ м; $d_{\text{в}} = 0,01 \div 0,05$ м; $t = 0,3 \div 2$ м; $d_{\text{г}} = 0,5$ м; $b_{\text{п}} = 0,01 \div 0,05$ м; $l \leq 20$ м; $a/l = 0,5 \div 4$.

Для розрахунку параметрів захисного пристрою, заземлювального, за допомогою ЕО необхідно виконати такі етапи:

1. Встановлення нормативного розміру опору захисного заземлювального пристрою.
2. Визначення параметрів, характеристик, необхідних для виконання розрахунку.
3. Розрахунок параметрів захисного пристрою, що заземлює, задовольняючим вимогам ПУЕ.

Перераховані вище етапи складаються з виконання ряду послідовних операцій, що викладені у виді такого алгоритму рішення задачі.

Блок-схема

Постановка задачі: встановлення потужності трансформатора(генератора) живлення; напруги живлення, струму замикання на землю електроустановки; типу ґрунту; кліматичної зони, у якій розташована електроустановка; нормативного розміру опору захисного пристрою, що заземлює
Вибір геометричних розмірів вертикальних заземлювачів і горизонтальної сполучної смуги
Визначення питомого опору ґрунту, коефіцієнта сезонності
Розрахунок питомого опору ґрунту. Розрахунок опору одиночного вертикального заземлювача
Розрахунок опору горизонтальної сполучної смуги
Визначення орієнтованої кількості одиночних вертикальних заземлювачів. Визначення коефіцієнтів використання вертикальних заземлювачів і горизонтальної сполучної смуги
Розрахунок необхідної кількості вертикальних заземлювачів
Обчислення опору захисного пристрою, що заземлює. Перевірка умови $R_r < R_n$

Приведена послідовність операцій розрахунку захисного пристрою, що заземлює, реалізується з застосуванням обчислювальної програми «EUREKA».

6.5.3 Розрахунок занулення

Зануленням називається спеціальне електричне з'єднання металевих частин електроустановки, що не мають струму, які можуть бути під напругою в аварійній ситуації, із нульовим захисним провідником (рис. 6.28). Дія занулення заснована на перетворенні замикання на корпус в однофазне коротке замикання з метою формування великих струмів, здатних забезпечити спрацьовування захисту (плавких запобіжників, автоматичних вимикачів, магнітних пускачів з умонтованим тепловим захистом і т.п.). Час відключення аварійного режиму ЕУ від мережі, що живить, складає 5-7 с при захисті плавкими вставками (запобіжниками) і 1-2 с при захисті автоматичними вимикачами.

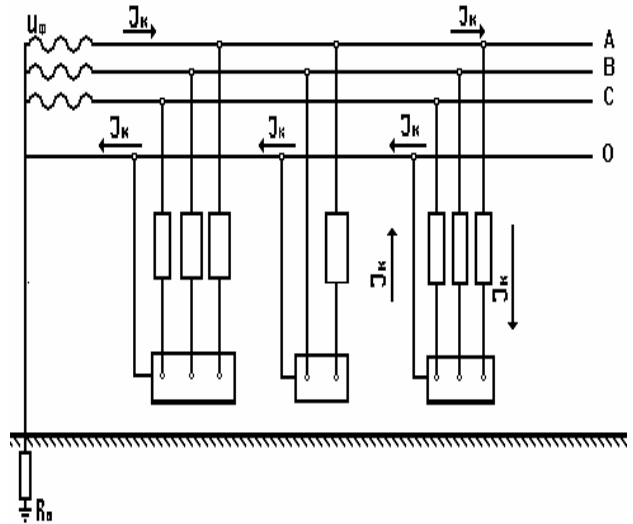


Рис. 6.28. Схема занулення

Занулення застосовується в мережах із глухо заземленою нейтраллю, що для забезпечення пристрою занулення перетворюють у трьохфазні чотирьохпровідні мережі. При цьому для забезпечення ефективного реагування занулення необхідно, щоб нульовий захисний провід мав провідність не менше 0,5 провідності фазного проводу. Для надійного спрацьовування захисту необхідно виконувати умови:

$$I_{к.з.} > 3I_{пл}^n \quad \text{або} \quad I_{к.з.} > 1,25 I_{авт.}^n$$

де $I_{пл}^n$ – номінальний струм вставки плавкого запобіжника;

$I_{авт.}^n$ – номінальний струм спрацьовування автомата.

Плавкі вставки запобіжника необхідно підбирати за розміром пускового струму електродвигуна з урахуванням режиму його роботи:

$$I_{пл}^n = I_{ел.дв.}^{пуск} / \alpha, \quad (6.15)$$

де $I_{ел.дв.}^{пуск}$ – пусковий струм електродвигуна;

α – коефіцієнт режиму роботи (для асинхронних двигунів $\alpha = 1,6 - 2,5$);

$$I_{ел.дв.}^{пуск} = I^n / \beta, \quad (6.16)$$

де I^n – номінальний робочий струм електродвигуна;

β – коефіцієнт перевантаження, прийнятий за каталогом для електродвигунів ($\beta = 5 - 7$).

Рішення задачі розрахунку параметрів занулення з використанням ЕОМ складається з таких етапів:

1. Визначення характеристик фазних провідників, трансформатора живлення.
2. Розрахунок струмових характеристик електроустановки, для якої розраховується схема занулення.
3. Вибір перетину нульового проводу, розрахунок струмів короткого замикання.

Методика розрахунку параметрів занулення полягає у виконанні таких дій (алгоритм рішення задачі):

Постановка задачі:
встановлення потужності і напруги живлення трансформатора, що живить електроустановку, схеми з'єднання його обмоток; встановлення типу електроустановки, її пускових характеристик, умов експлуатації
Розрахунок номінального струму електричної установки
Розрахунок розміру пускового струму електроустановки (обов'язково враховується тип ЕУ)
Розрахунок струму миттєвого спрацьовування електричного вимикача
Вибір стандартного перетину нульового проводу. Розрахунок щільності струму
Розрахунок активного й індуктивного опорів фазного і нульового провідників з урахуванням їхньої довжини
Визначення розміру загального зовнішнього індуктивного опору петлі «фаза-нуль»
Розрахунок повного опору петлі «фаза-нуль»
Визначення струму короткого замикання
Перевірка умови надійного спрацьовування захисту електроустановки методом занулення

Примітка: Практичне рішення аналізованої задачі здійснюється з використанням програми «EUREKA».

Приклад. Розрахувати схему занулення при потужності трансформатора, що живить, 630 кВА, схема з'єднання обмоток трансформатора – «зірка», електродвигун асинхронний серії 4 А, $U = 380$ В, $n = 3000$ хв⁻¹ тип 4 А 1602.

Рішення. 1. Перевіряємо умову забезпечення спроможності занулення, що відключає:

$$I_{кз} > 3 I_{пл}^H ; \quad I_{кз} = U_{\phi} / (Z_m / 3 + Z_n), \quad (6.17)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга;

Z_m – опір трансформатора, Ом (визначається по табл. 6.14.);

Z_n – опір петлі фаза-нуль, що визначається за формулою:

$$Z_n = \sqrt{(R_{\phi} + R_H)^2 + (X_{\phi} + X_H + X_{II})^2}, \quad (6.18)$$

де R_{ϕ} , R_H – активний опір фазного і нульового проводів, Ом;
 X_{ϕ} , X_H – внутрішні індуктивні опори фазного і нульового проводів, Ом;
 X_{II} – зовнішній індуктивний опір петлі «фаза-нуль», Ом.

Таблиця 6.14

**Наближені розрахункові повні опори, Ом
 масляних трансформаторів за ДСТУ 2104-92**

Потужність трансформатора, кВА	Z_T , при схемі з'єднання обмоток		Потужність трансформатора, кВА	Z_T , при схемі з'єднання обмоток	
	зіркою	трикутником		зіркою	трикутником
25	3,11	0,906	250	0,312	0,09
40	1,949	0,562	400	0,195	0,056
63	1,237	0,36	630	0,129	0,042
100	0,799	0,226	1000	0,081	0,027
160	0,487	0,141			

Примітка: Номінальна напруга обмоток 6-10 к

2. Визначаємо номінальний струм електродвигуна:

$$I_{\text{ел.дв}}^H = P \cdot 1000 / \sqrt{3UH \cdot \cos \alpha} ,$$

де P – номінальна потужність двигуна, кВт (табл. 6.15);

UH – номінальна напруга, В;

$\cos \alpha$ – коефіцієнт потужності;

$$I_{\text{ел.дв}}^H = 15 \cdot 1000 / \sqrt{3 \cdot 380 \cdot 0,9} = 29,3 \text{ А.}$$

Таблиця 6.15

Закриті електродвигуни єдиної серії 4АМ (основне виконання), що обдуваються

Тип	Потужність, кВт	$\cos \alpha$	$I^{\text{пус}} / I^H$	Тип	Потужність, кВт	$\cos \alpha$	$I^{\text{пус}} / I^H$
4ААМ56А2	0,18	0,76	5	4АМ160М2	18,5	0,92	7,5
4ААМ56В2	0,25	0,77	5	4АМ180S2	22	0,91	7,5
4АМ63А2	0,37	0,86	5	4АМ180М2	30	0,90	7,5
4АМ63В2	0,55	0,86	5	4АМ200М2	37	0,89	7,5
4АМ63В2	0,55	0,87	5,5	4АМ200L2	45	0,90	7,5
4АМ71В2	1,1	0,87	5,5	4АМ225М2	55	0,92	7,5
4АМ80А2	1,5	0,85	6,5	4АМ250S2	75	0,89	7,5
4АМ80В2	2,2	0,87	6,5	4АМ250М2	90	0,90	7,5
4АМ90L2	3	0,88	6,5	4АМ280S2	110	0,89	7,0
4АМ100S2	4	0,89	7,5	4АМ280М2	132	0,89	7,0
4АМ100L2	5,5	0,91	7,5	4АМ315S2	160	0,90	7,0
4АМ112М2	7,5	0,88	7,5	4АМ315М2	200	0,90	7,0
4АМ132М2	11	0,90	7,5	4АМ355S2	250	0,90	7,0
4АМ160S2	15	0,91	7,5	4АМ355М2	315	0,91	7,0

Примітка: Частота обертання двигунів 3000 хв⁻¹.

Для розрахунку активних опорів R_{ϕ} і R_0 задаються перетином, матеріалом фазного і нульового провідників. Опір провідників із кольорових металів

визначається за формулою:

$$R = \rho \cdot l / S, \quad (6.19)$$

де ρ - питомий опір провідника (для міді $\rho = 0,018$, для алюмінію $\rho = 0,028$ Ом·мм²/м);

l – довжина провідника, м;

S – площа поперечного перерізу, мм².

3. Активний і індуктивний опори провідників вибираємо з табл. 6.16.

Таблиця 6.16

Активні r і індуктивні XW опори сталевих провідників при перемінному струмі з частотою 50 Гц

Розмір або діаметр, мм	Площа перерізу, мм ²	Активні / індуктивні опори, Ом/км при щільності струму, А/мм ²			
		0,5	1,0	1,5	2,0
Смуга прямокутного перерізу					
20 x 4	80	5,24/3,14	4,20/2,52	3,48/2,09	2,79/1,78
30 x 4	120	3,66/2,20	2,91/1,75	2,38/1,43	2,04/1,22
40 x 4	160	2,80/1,68	2,24/1,34	1,81/1,09	1,54/0,92
50 x 4	200	1,77/1,06	1,34/0,80	1,08/0,65	-
60 x 4	240	3,83/2,03	2,56/1,54	2,08/1,25	-
30 x 5	150	2,10/1,26	1,60/0,96	1,28/0,77	-
50 x 5	250	2,02/1,33	1,51/0,89	1,15/0,70	-
Провідник круглого перерізу					
5	19,63	17/10,2	14,4/8,65	12,4/7,45	10,7/6,4
6	28,27	13,7/8,2	11,2/6,7	9,4/5,65	8/4,8
8	50,27	9,6/5,75	7,5/4,5	6,4/3,84	5,3/3,2
10	78,54	7,2/4,32	5,4/3,24	4,2/2,52	-
12	113,1	5,6/3,36	4/2,4	-	-

У цьому випадку по заданій довжині провідника і заданому профілю перетину визначаємо очікуване значення струму короткого замикання. Розмір зовнішнього індуктивного опору петлі «фаза-нуль» звичайно приймають рівним 0,5 Ом/мм.

4. За табл. 6.16 знаходимо основні технічні характеристики електродвигуна ($P = 15$ кВт, $\cos \alpha = 0,91$, $I_{\text{ел.дв.}}^{\text{н.с.}} / I^H = 7,5$) і визначаємо пусковий струм двигуна:

$$I_{\text{ел.дв.}}^{\text{н.с.}} = 7,5 \cdot 25,3 = 189,75 \text{ А.}$$

5. Визначаємо номінальний струм плавкої вставки:

$$I_{\text{пл. вст.}}^{\text{н.с.}} = I_{\text{ел.дв.}}^{\text{н.с.}} / \alpha = 189,75 / 2 = 94,87 \text{ А,}$$

де α – коефіцієнт режиму роботи, приймається для двигунів із частими вмиканнями (наприклад, двигунів для кранів) $\alpha = 1,6-1,8$; для двигунів, що призводять у механізми з рідкісними пусками (конвеєр, вентилятор) $\alpha = 2-2,5$.

Тоді очікуваний розмір струму короткого замикання:

$$I_{к.з.} > 3 I'_{пл. вст.} = 3 \cdot 94,87 = 284,61 \text{ А.}$$

Задаючись стандартним перетином нульового проводу 4x40 мм визначаємо щільність струму:

$$\delta = I_{к.з.}/S = 284,61/4 \cdot 40 = 1,8 \text{ А/мм}^2.$$

За табл. 6.16 знаходимо активний і індуктивний опір сталевих провідників. Для цього задаємо перетин і довжину нульового l_o і фазного l_ϕ провідників, виконаних із сталі: $l_o = 100$ м, перетином 4x40 мм; $S = 160 \text{ мм}^2$; $l_\phi = 100$ м; перетином $\varnothing 8$ мм; $S = 50,27 \text{ мм}^2$. Перетин нульового провідника і його довжини вибираються з умови, щоб повна провідність нульового проводу була не менше 50% повної провідності фазного проводу, тобто:

$$l/(R_o + X_o) > l/2(R_\phi + X_\phi). \quad (6.20)$$

Активний опір фазного проводу обирається за табл. 6.16 у залежності від його площі перетину і щільності струму:

$$R_\phi = r \cdot l_\phi = 5,74 \cdot 0,1 = 0,57 \text{ Ом.}$$

Тоді активний опір нульового проводу буде рівно:

$$R_o = r \cdot l_o = 1,64 \cdot 0,1 = 0,164 \text{ Ом.}$$

Визначаємо внутрішній індуктивний опір фазного і нульового провідників X_ϕ і X_o :

$$\begin{aligned} X_\phi &= X_\omega \cdot l_\phi = 3,46 \cdot 0,1 = 0,346 \text{ Ом;} \\ X_o &= X_\omega \cdot l_o = 0,98 \cdot 0,1 = 0,098 \text{ Ом,} \end{aligned}$$

де: X_ω – знаходимо з табл. 6.16 – 12, Ом;

l – довжина провідника, км.

Зовнішній індуктивний опір петлі «фаза-нуль» $X_o = 0,5$ Ом/км. Загальна довжина петлі «фаза-нуль» $100 + 100 = 200$ м = 0,2 км, тоді:

$$X_o = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ Ом.}$$

Використовуючи отримані дані, обчислюємо Z_n і визначаємо струм короткого замикання:

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_o)^2 + (X_\phi + X_o + X_{II})^2} = \sqrt{(0,57 + 0,164)^2 + (0,346 + 0,098 + 0,1)^2} = 0,92 \text{ Ом;}$$

$$I_{к.з.} = U_\phi / (Z_T / 3 + Z_n) = 380 / (0,129 / 3 + 0,92) = 400 \text{ А.}$$

Перевіряємо умову надійного спрацьовування захисту:

$$I_{к.з.} > 3I_{пл. вст.}^{H} \quad 400 > 3 \cdot 94,87 \text{ А.}$$

Струм $I_{к.з.}$ більш ніж у півтора рази перевищує розрахунковий номінальний струм плавкої вставки. Тому при замиканні фази на корпус така плавка вставка забезпечить надійне відключення ЕУ від мережі живлення. По номінальному розрахунковим струмом вибираємо плавку вставку серії ПН2-100 із номінальним струмом 100 А при напрузі 380 В (табл. 6.17).

Таблиця 6.17

Значення ІНПЛ_{ВР} стандартних запобіжників для мереж напругою 220 і 380 В

Тип запобіжника	Номінальний струм плавкої вставки $I_{пл. вст.}^H, \text{ А}$	Тип запобіжника	Номінальний струм плавкої вставки $I_{пл. вст.}^H, \text{ А}$
ППН-33-ХЗ	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160	НПН60М	20, 25, 35, 45, 60
ППН-35-ХЗ	10, 16, 20, 32, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250	ПН2-100	30, 40, 50, 60, 80, 100
ППН-37-ХЗ	40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400	ПН2-250	80, 100, 120, 150, 200, 250
ППН-39-ХЗ	100, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630	ПН2-400	200, 250, 300, 350, 400
ППН-41-ХЗ	630, 800, 1000, 1250	ПН2-600	300, 400, 500, 600
НПН15	6, 10, 15	ПН2-1000	500, 600, 750, 800, 1000

Блокування – устрої, що відключають живлення електроустановки при спробі несанкціонованого доступу до неї і застосовуються в електроустановках, у котрих часто провадяться роботи на струмопровідних частинах (випробувальні стенди, установки для випробувальні ізоляції підвищеною напругою і т.п.). Блокування також застосовуються в конструкціях рубильників, пускачів, автоматичних вимикачів і інших електричних апаратів, що працюють в умовах, при яких подаються підвищені вимоги безпеки (наприклад, суднові, підземні та інші електроустановки). *Блокування за принципом дії різняться на електричні і механічні.*

Електричні блокування здійснюють розірвання ланцюга спеціальними контактами, що встановлюються на дверях огорожень, кришках і дверцятах кожухів.

Якщо керування електроустановкою провадиться дистанційно, блокувальні контакти включаються в ланцюг керування пусковим апаратом. Найбільш доцільний для цієї мети магнітний пускач або контактор, тому що блокувальні контакти при відкриванні дверей розмикають ланцюг живлення його котушки (рис. 6.29).

При обриві цього ланцюга електроустановка відключається, як і при відкриванні дверей. Це запобігає можливість нещасного випадку при несправному ланцюзі блокування. Електроустановка не може бути включена при закриванні дверей, тому що замикання блокувальних контактів не є достатнім – для вмикання ЕУ додатково потрібно натискання кнопки. Тому,

якщо оператор увійшов всередину огороження ЕУ, він не може виявитися під напругою при випадковому закриванні дверей. Вмикання блокувальних контактів у силовий ланцюг живлення ЕУ не виключає цієї можливості і така схема блокування застосовуватися не повинна.

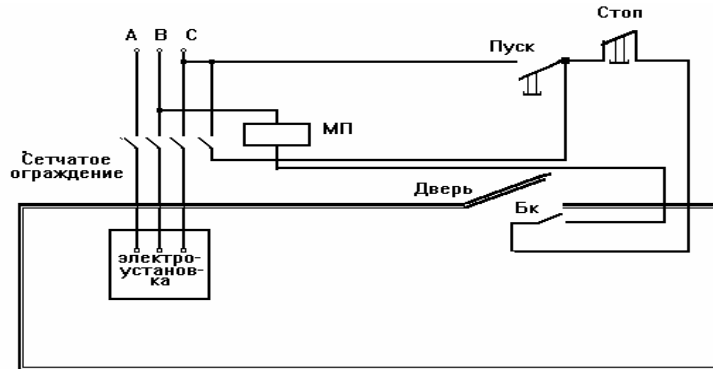


Рис. 6.29. Схема електричного блокування дверей

Розглянемо вмикання блокувальних контактів у ланцюг котушки автоматичного вимикача, що відключає. У цьому випадку блокувальні контакти при відкриванні дверей огороження ЕУ повинні замикати ланцюг котушки. Обрив цього ланцюга не призводить до відключення живлення ЕУ. При відкриванні дверей блокування не спрацює і людина може пройти за огороження ЕУ і потрапити під напругу. У такий спосіб аналізована схема блокування застосовуватися не повинна.

Функціонально для забезпечення безпеки необхідно, щоб блокувальні контакти розмикалися вже при незначному розкриванні дверей (10-15 см), таким чином, щоб людина не могла проникнути за огороження при невідключеній напрузі живлення ЕУ. Конструктивно блокувальні контакти повинні встановлюватися на обох половинках двостулкових дверей, щоб не було можливості включити електроустановку, залишивши відкритою одну зі стулук.

Механічні блокування, застосовувані в електричних апаратах, не повинні дозволяти відкриття апарату (зняття кожуха) із зберіганням напруги живлення і, навпаки, – вмикання електричного апарата при відкритій (знятій) кришці.

У апаратурі автоматики, обчислювальних машинах, радіоустановках і інших електронних пристроях застосовуються блокові схеми, що забезпечують механічне блокування. У загальному корпусі, на окремих платах встановлюються окремі блоки, що з'єднуються з іншим пристроєм штепсельним з'єднанням (розніманням). При висуванні або видаленні блока зі свого місця установочне штепсельне рознімання розмикається і у такий спосіб блок автоматично відключається від його струмопровідних частин.

Блокування застосовуються також для попередження помилкових дій персоналу при переключеннях у розподільних пристроях і на підстанціях.

Захисне відключення є додатковим заходом захисту, найбільше швидкодіюче, тому що забезпечує автоматичне відключення електроустановок, як тільки в них з'явиться небезпека поразки електричним струмом.

Основними параметрами пристроїв захисного відключення (ПЗВ) є розмір струму відпливу, на який реагує пристрій, і його швидкодія. Так, найпоширенішим є ПЗВ з параметрами: струм вставки, який дорівнює струму відпливу, – 30 м, час відключення живлення – 30 мс.

6.5.4. Блискавкозахист будинків і споруджень

Блискавкозахист – комплекс захисних пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, цілості будинків і споруд, устаткування і матеріалів від можливих вибухів, загорянь і руйнацій, викликаних впливом блискавки.

Відомий первинний і повторний вплив блискавки, що підрозділяються на 4 види: перший вид – первинний вплив блискавки або, так званий, прямий удар, є найбільш сильним. При такому впливі виникає безпосередній контакт блискавки з об'єктом, що супроводжується протіканням через нього струму блискавки. У результаті високої температури в каналі блискавки (до 30 000 °С) відбувається миттєвий нагрів конструкцій і повітря. Останній, розширюючись, утворює ударну повітряну хвилю, що руйнує будинки і споруди.

Другий, третій і четвертий види називаються повторним впливом блискавки і пов'язані з виникненням електростатичної і електромагнітної індукції, а також із заносом високих потенціалів у споруду. Останній вид спроможний викликати іскріння в повітряних проміжках між металевими конструкціями будинку, що може спричинити пожежу або вибух.

Нижче розглянуті методи захисту об'єктів від впливу блискавки в такій послідовності – захист від впливу другого, третього і четвертого виду, і далі в розділі – захист від впливу першого виду.

Захист від **електростатичної індукції** полягає у відводі індукційованих електростатичних зарядів у землю, приєднанням устаткування до спеціальною заземлювача або до захисного заземлення електроустановки, опір котрого повинний бути не більш 10 Ом.

Захист від **електромагнітної індукції** здійснюється пристроєм перемичок (як правило за допомогою зварювання) між протяжними металевими комунікаціями в місцях їхнього зближення менше, ніж на 10 см з інтервалом між перемичками не більш 20 м для перетікання наведеного струму блискавки з одного контуру в інший без утворення електричних розрядів.

Захист від **заносу високих потенціалів** усередину будинку забезпечується відводом потенціалів у землю поза будинками шляхом з'єднання металевих комунікацій на вході в будинок до заземлювача захисту від електричної індукції або захисних заземлень електроустановок.

Для захисту об'єктів від **прямих ударів блискавки** (первинний вплив) споруджуються **блискавковідводи**, що приймають на себе струм блискавки і відводять його в землю.

Блискавковідводи бувають стержневі, тросові або сітчасті (рис. 6.30). Блискавковідводи складаються з блискавкоприймача (1), блискавкопровода (2) і пристрою, що заземлює, (3). По кількості спільно діючих блискавкоприймачів

вони діляться на одиночні, подвійні і багатократні.

У теперішній час не існує таких пристроїв і методів, які здатні змінити природні погодні явища до такого ступеню, щоб запобігти удару блискавки. Дугові розряди блискавки, що влучають у будівлі, споруди (або в їх системи енергопостачання), є

небезпекою для самих будівель, споруд, обладнання та устаткування, що знаходяться всередині, для життя людей, а також для енергетичних систем, тому прийняття заходів блискавкозахисту є край важливим.

Необхідність захисту, економічне обґрунтування заходів захисту і відповідний їх вибір визначають з урахуванням управління ризиком, який розглядається в ДСТУ EN 62305-2:2012.

Для оцінки доцільності забезпечення блискавкозахисту об'єкту необхідно провести оцінку ризику у відповідності з процедурами, які означені у ДСТУ EN 62305-2:2012. Приймають до уваги наступні ризики, що відповідають типам шкоди:

- R_1 – загроза для життя;
- R_2 – порушення комунального обслуговування;
- R_3 – невідновлюєма втрата культурних цінностей.

Блискавкозахист необхідний у тому випадку, якщо ризик R (R_1 - R_3) перебільшує допустимий рівень R_T :

$$R > R_T. \quad (6.21)$$

Для оцінки ризику розглядають наступне:

- саму будівлю;
- устаткування в будівлі;
- обладнання, що знаходиться в будівлі;
- присутність людей, що знаходяться в будівлі або в зоні на відстані 3 м від будівлі;
- навколишнє середовище, на яке впливає пошкодження будівлі.

Значення допустимого ризику повинен визначати правомочний компетентний орган. Характерні значення допустимого ризику R_T , у випадках, коли удари блискавки стають причиною загибелі людей або нанесення шкоди громадським або культурним цінностям, наведено в табл. 6.18.

Усі ці питання вирішуються на першому етапі проектних робіт відповідною організацією з подальшим погодженням з Держпраці.

Будинки і споруди (або їх частини), в залежності від призначення, інтенсивності грозової діяльності в районі їх знаходження, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки та її вторинних дій.

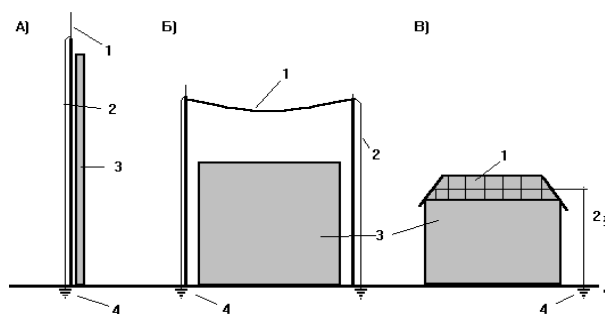


Рис. 6.30. Види блискавкозахисту:
а – стержнева ; б – тросова; в – сітчаста:
1- блискавкоприймач; 2 – блискавкопровід;
3 – об'єкт, що захищається; 4 – заземлення

Типові значення допустимого ризику R_T

Типи шкоди	R_T
загибель людей	10^{-5}
порушення комунального обслуговування	10^{-3}
втрата культурних цінностей	10^{-3}

Проект блискавкозахисту повинен містити проект зовнішньої та внутрішньої системи блискавкозахисту (СБЗ або LPS – lightning protection system).

Призначенням зовнішньої LPS є:

- перехопити спалах блискавки у будівлю (споруду) (з допомогою системи перехоплення);
- відвести безпечним чином струм блискавки до землі (з допомогою системи доземних провідників);
- розсіяти його у землі (з допомогою системи земляного закінчення).

Функція внутрішньої LPS полягає у запобіганні небезпечному іскрінню всередині будівлі (споруди), з використанням еквіпотенційного сполучення або роздільної відстані (а отже, електричне ізолювання) між елементами LPS та іншими струмопровідними елементами всередині будівлі (споруди).

Проект LPS складається з наступних етапів (рис. Е.1 ДСТУ EN 62305-3):

- 1) характеристика захищеної будівлі (споруди);
- 2) оцінювання ризиків та визначення необхідного рівня блискавкозахисту (РБЗ або LPL – lightning protection level);
- 3) вибір типу зовнішньої LPS;
- 4) визначення розмірів компонентів зовнішньої LPS (місце встановлення та висота перехоплювача блискавки, система доземних провідників, система земляного закінчення);
- 5) проектування внутрішньої LPS (визначення меж зон захисту від вторинних дій блискавки, порядок екранування на межах зон захисту від вторинних дій блискавки);
- 6) виконання необхідних креслень.

Для визначення класу LPS слід проводити оцінку ризику відповідно ДСТУ EN 62305-2. Досвід проведення вказаної оцінки показує, що для об'єктів з ризиком вибуху необхідна, як правило, LPS II-го класу, а для пожежонебезпечних об'єктів – LPS або II-го, або III-го класу. Тому для усіх об'єктів КП доцільно застосовувати LPS не нижче II-го класу.

Відповідно до таблиці 1 ДСТУ EN 62305-3 LPS II класу відповідає II-й LPL.

Проект зовнішньої LPS. Відповідно п. 5.1.2 ДСТУ EN 62305-3 у більшості випадків зовнішня LPS може бути приєднана до захищеної будівлі. Ізольовану зовнішню LPS належить розглядати, якщо термічні та вибухові ефекти у точці ураження або на провідниках, що несуть струм блискавки, можуть становити небезпеку для будівлі (споруди) або для її вмісту. Типовими прикладами є будівлі (споруди) з займистою покрівлею, будівлі (споруди) з займистими стінами та зонами з ризиком вибуху і пожежі.

Відповідно п. 5.2.2 та додатку D ДСТУ EN 62305-3 компоненти перехоплювачів, встановлені на будівлі (споруді), має бути розміщено на кутах, виступаючих точках (особливо на найвищих рівнях фасадів) у відповідності з одним або кількома з таких методів:

- метод захисного кута (protection angle design method),
- метод сфери, що котиться (rolling sphere design method).

Метод сфери, що котиться, вважається найбільш точним методом. Метод сфери, що котиться, може бути застосований при проектуванні системи блискавкозахисту для будівель та споруд будь-якої складної форми. Застосовуючи цей метод, розміщення системи перехоплення вважається відповідним, якщо жодна точка будівлі (споруди), яка захищається, не торкається сфери радіусом r , залежно від класу LPS, яка котиться навколо та верхівкою будівлі (споруди) в усіх можливих напрямках. Таким чином, сфера торкається лише системи перехоплювачів.

Вигляд об'єму, що захищається, приводиться у Додатку А до ДСТУ EN 62305-3.

На рис. 6.31 приведений переріз у вертикальній площині об'єму, який захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем, що розраховано методом сфери, яка котиться.

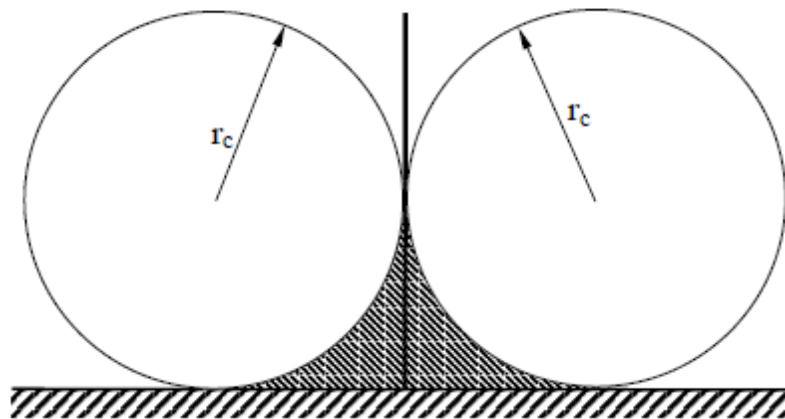


Рис. 6.31. Переріз у вертикальній площині об'єму, який захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем (розраховано за методом сфери, що котиться)

Радіус сфери, що котиться визначається класом LPS. Відповідно таблиці 2 ДСТУ EN 62305-3 для LPS II класу радіус сфери, що котиться, дорівнює $r_c = 30$ м.

Метод захисного кута підходить до об'єктів простої форми. Розміщення системи перехоплення вважається відповідним, якщо будівля (споруда), що захищається, повністю знаходиться у межах захищеного об'єму, який забезпечується системою перехоплення.

Об'єм, що захищається вертикальними стрижнями, приймається таким, що має форму прямого кругового конуса, вершина якого розташована на осі блискавкоприймача, з половинним кутом при вершині α , залежно від класу LPS, та на висоті системи перехоплення. Приклади захищеного об'єму наведені на рис. 6.32 - 6.34.

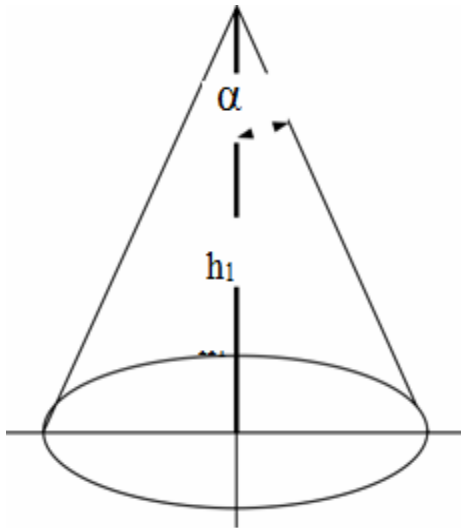


Рис. 6.32. Об'єм, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем (розрахований методом захисного кута)

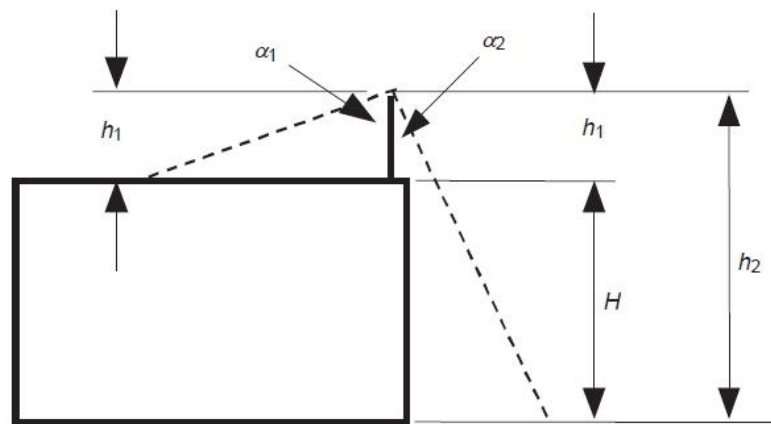


Рис. 6.33. Об'єм, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем (розрахований методом захисного кута)

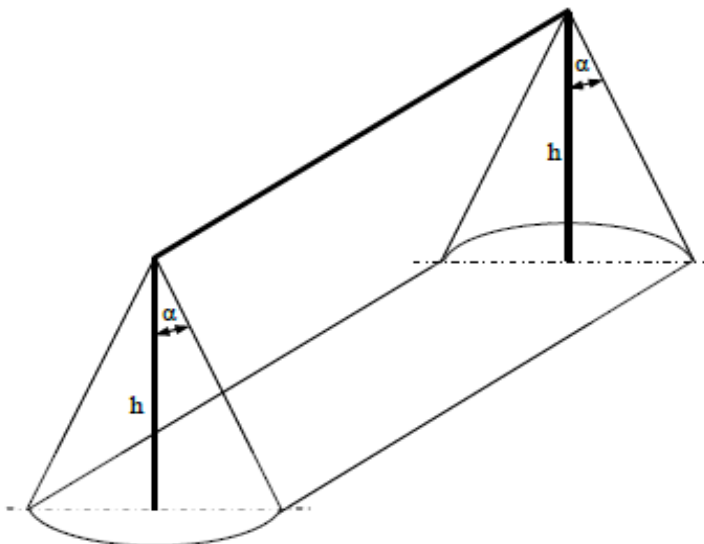


Рис. 6.34. Об'єм, що захищається дротовою системою перехоплення (розрахований методом захисного кута)

Об'єм, що захищається дротом, визначається компонентуванням об'єму, який захищається віртуальними вертикальними стрижнями з вершинами на дроті. На рис. 6.34 приведено об'єм, що захищається дротовою системою перехоплення, що розрахована методом захисного кута.

Відповідно рисунку 1 ДСТУ EN 62305-3 захисний кут α залежить від висоти перехоплювача блискавки h . На рис. 6.35 приведено залежність величини захисного кута α від висоти перехоплювача блискавки h для LPS II класу.

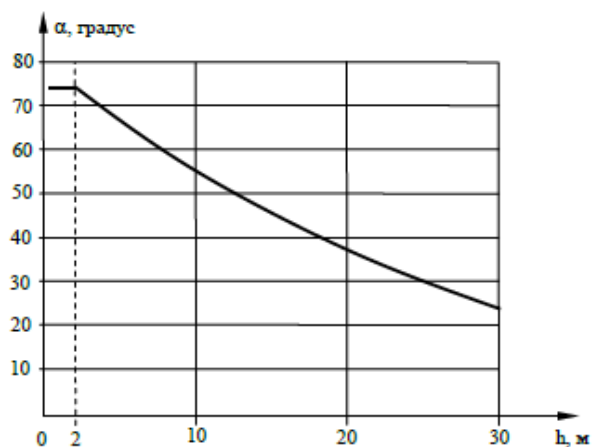


Рис. 6.35. Визначення величини захисного кута для LPS II класу

За рекомендаціями п. D.3.3 ДСТУ EN 62305-3 для усіх систем блискавкозахисту вибухонебезпечних споруд слід використовувати систему земляного закінчення (заземлення) В-типу. Цей тип включає зовнішній кільцевий провідник стосовно споруди, що захищається, який контактує з ґрунтом принаймні на 80% його загальної довжини, або фундаментний заземлювальний електрод, який утворює замкнене коло. Такі заземлювальні електроди можуть також бути поєднані у сітку.

Опір землі системи земляного закінчення будівель (споруд), які містять вибухові суміші, має бути якнайменшим з можливих та не перевищувати 10 Ом.

Проект внутрішньої LPS. Система блискавкозахисту будинку також повинна включати внутрішню систему захисту від блискавки – частина LPS, що складається з системи еквіпотенційних сполучень захисту від блискавки та/або електричної ізоляції зовнішньої LPS (ДСТУ EN 62305-4).

Виділяється зони захисту від вторинних дій блискавки (LPZ – lighting protection zone): LPZ 0_A, LPZ 0_B, LPZ 1, LPZ 2 (рис. 6.36).

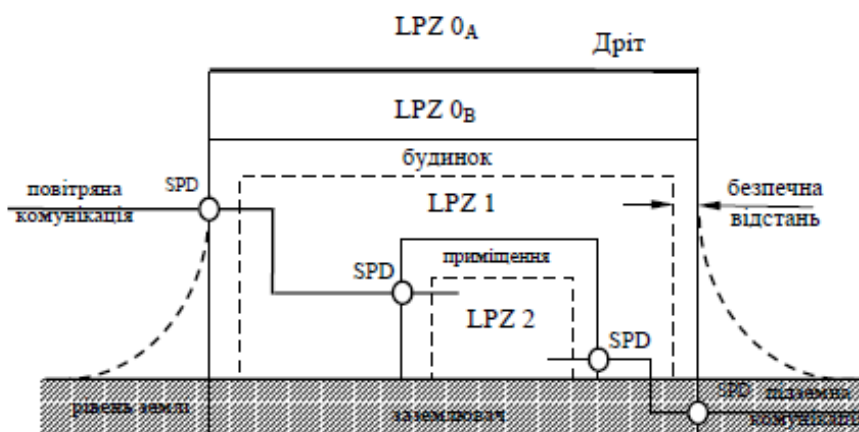


Рис. 6.36. Зони захисту від вторинних дій блискавки при застосуванні дротової системи перехоплення

Для об'єктів КП достатньо обмежитися зонами захисту від вторинних дій блискавки: LPZ 0_A, LPZ 0_B, LPZ 1 (рис. 6.37).

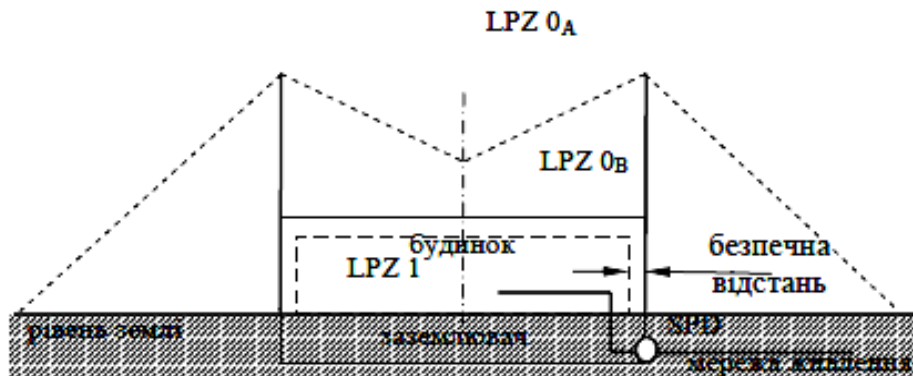


Рис. 6.37. Зони захисту від вторинних дій блискавки при застосуванні для захисту від прямих влучень блискавки розрахованої системи перехоплення

На межах зон повинні здійснюватися заходи щодо екранування і з'єднання всіх металевих елементів і комунікацій, що перетинають межу.

Металева конструкція будівельної споруди використовується або може бути використана як екран. Подібна екранна структура утворюється сталевією арматурою даху, стін, підлоги будівлі, а також металевими деталями даху, фасадів, сталевими каркасами, решітками. Ця екрануюча структура утворює електромагнітний екран з отворами (за рахунок вікон, дверей, вентиляційних отворів, чарунок сітки в арматурі, щілин в металевому фасаді, отворів для ліній електропостачання тощо). Для зменшення впливу електромагнітних полів усі провідні частини об'єкта електрично об'єднуються і з'єднуються з системою блискавкозахисту.

При перетинанні меж зон електричними комунікаціями на межах зон встановлюються пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD – surge protective device).

Проект блискавкозахисту

Розрахувати систему блискавкозахисту шліфувальної ділянки машинобудівного заводу розміри приміщення – 18×12×4 м.

Система блискавкозахисту (LPS – lightning protection system) будинку включає зовнішній та внутрішній блискавкозахист.

Розрахуємо зовнішню LPS.

Шліфувальна ділянка меблевої фабрики є об'єктом з ризиком вибуху (утворюється вибухонебезпечна зона класу 22). Тому застосовуємо LPS II-го класу.

Відповідно до таблиці 1 ДСТУ EN 62305-3 LPS II класу відповідає II-й рівень блискавкозахисту (LPL – lightning protection level).

Відповідно п. 5.2.2 та додатку D ДСТУ EN 62305-3 компоненти перехоплювачів, встановлені на будівлі (споруді), мають бути розміщені на кутах, вищупних точках (особливо на найвищих рівнях всяких фасадів) – стрижньові перехоплювачі встановлюємо на даху будівлі у кутах.

Розрахунок зовнішньої LPS здійснюємо методом захисного кута

(protection angle design method). Об'єм, що захищається одним вертикальним стрижнем, має форму прямого кругового конуса, вершина якого розташована на осі перехоплювача, з половинним кутом при вершині α .

Відповідно до таблиці 2 ДСТУ EN 62305-3 для LPS II-го класу захисний кут α залежить від висоти перехоплювача блискавки h та визначається з графічної залежності з рисунку 1 ДСТУ EN 62305-3.

Приймаємо висоту перехоплювача блискавки від землі: $h_2 = 11$ м. Відповідно висота перехоплювача блискавки над дахом: $h_1 = h_2 - H = 11 - 4 = 7$ м.

В цьому випадку величини захисних кутів дорівнюють $\alpha_1 \approx 61^\circ$, $\alpha_2 \approx 53^\circ$.

З геометричних міркувань об'єм, що захищається для одного стрижня, має форму прямого кругового конуса з наступними розмірами:

- висота конусу над дахом – $h_1 = 7$ м ,
- висота конусу від землі – $h_2 = 11$ м ,
- радіус конусу на рівні землі – $r_2 = h_2 \cdot \operatorname{tg}\alpha_2 = 11 \cdot \operatorname{tg}53^\circ \approx 14,6$ м ,
- радіус горизонтального перерізу на висоті будинку $H = 4$ м над будинком $r_1 = h_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha_1 = 7 \cdot \operatorname{tg}61^\circ \approx 12,6$ м , над землею $r_3 = h_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha_2 = 7 \cdot \operatorname{tg}53^\circ \approx 9,3$ м .

Також з геометричних міркувань (теорема Піфагора) на висоті $H = 4$ м конус захисту повинний мати радіус (половина довжини діагоналі даху будинку):

$$r_{\min} = \sqrt{\left(\frac{A}{2}\right)^2 + \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{18}{2}\right)^2 + \left(\frac{12}{2}\right)^2} = \sqrt{9^2 + 6^2} = \sqrt{117} = 10,8 \text{ м} < 12,6 \text{ м},$$

де A – довжина будинку, B – ширина будинку, H – висота будинку.

Виходячи з цього, робимо висновок, що будівля повністю захищається перехоплювачем блискавки, що пропонується.

Відповідно п. 5.2.1 ДСТУ EN 62305-3 окремі стрижні перехоплювачів блискавки мають бути з'єднані між собою на рівні покрівлі для забезпечення розподілу струму.

Для елементів зовнішньої LPS обираємо оцинковану сталеву трубу (таблиця 6 ДСТУ EN 62305-3):

- перехоплювач блискавки – переріз не менше 50 мм^2 ;
- доземні провідники – переріз не менше 50 мм^2 .

За рекомендаціями п. D.3.3 ДСТУ EN 62305-3 для усіх систем блискавкозахисту вибухонебезпечних споруд слід використовувати систему земляного закінчення (заземлення) В-типу. Цей тип включає зовнішній кільцевий провідник стосовно споруди, що захищається, який контактує з ґрунтом принаймні на 80% його загальної довжини, або фундаментний заземлювальний електрод, який утворює замкнене коло. Такі заземлювальні електроди можуть також бути поєднані у сітку.

Згідно до таблиці 6 ДСТУ EN 62305-3 для зовнішнього кільцевого провідника обираємо оцинковане сталеве коло діаметром не менше 14 мм.

Від перехоплювача блискавки до системи земляного закінчення прокладаємо доземні провідники найкоротшим шляхом через місця, малоімовірні для знаходження людей.

Опір землі системи земляного закінчення будівель (споруд), які містять вибухові суміші, має бути якнайменшим з можливих та не перевищувати 10 Ом.

Розрахуємо внутрішню LPS – систему еквіпотенційних сполучень захисту від блискавки та/або електричної ізоляції зовнішньої LPS (ДСТУ EN 62305-4)

Спочатку виділяємо зони захисту від вторинних дій блискавки (LPZ – lighting protection zone): LPZ 0_A, LPZ 0_B, LPZ 1 (рис. 6.37).

На межах зон здійснюються заходи щодо екранування і з'єднання всіх металевих елементів і комунікацій, що перетинають межу. При перетинанні меж зон електричними комунікаціями на межах зон встановлюються пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD – surge protective device).

Екранування є основним способом зменшення електромагнітних перешкод. Металева конструкція будівельної споруди використовується або може бути використана як екран. Подібна екранна структура утворюється сталевією арматурою даху, стін, підлоги будівлі, а також металевими деталями даху, фасадів, сталевими каркасами, решітками. Ця екрануюча структура утворює електромагнітний екран з отворами (за рахунок вікон, дверей, вентиляційних отворів, чарунок сітки в арматурі, щілин в металевому фасаді, отворів для ліній електропостачання тощо). Для зменшення впливу електромагнітних полів всі провідні частини об'єкта електрично об'єднуються і з'єднуються з LPS об'єкту.

6.5.5. Безпека від можливих розрядів статичної електрики

Бензин зі швидкістю $v = 100$ л/хв.. наливають у цистерну місткістю $M = 1000$ л швидкість електризації бензину $q = 1,1 \cdot 10^{-8}$ А·с/л. У якому випадку буде забезпечена безпека від можливих розрядів статичної електрики?

Рішення. Визначимо потенціал на цистерні у кінці наливу. загальний заряд, що передається електризованим бензином цистерні, складе:

$$Q = g \cdot M, \quad (6.22)$$

де: g – заряд продукту, к/л; M – кількість перекачаного продукту, л.

Підставляючи задані значення, отримаємо:

$$Q = 1,1 \cdot 10^{-8} \cdot 1000 = 11 \cdot 10^{-6} \text{ К.}$$

Якщо електричну ємність цистерни прийняти рівною 10^{-9} Ф, то потенціал на її корпусі у кінці наливу буде:

$$U = 11 \cdot 10^{-6} / 10^{-9} = 11 \cdot 10^3 \text{ В.}$$

При даному потенціалі у випадку розряду енергії іскри між цистерною та землею:

$$E = 0,5 \cdot CU^2 = 0,5 \cdot 10^{-9} \cdot 121 \cdot 10^6 = 60,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж},$$

тоді як для запалення бензину достатньо іскри з енергією :

$$E_{\min} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

Отже, потенціал на цистерні повинен бути не більше:

$$U_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{2E_{\min}}{C}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3}}{10^{-9}}} = 1350 \text{ В}.$$

Для зменшення потенціалу до допустимої величини необхідно передбачити заземлення, величина опору якого може бути визначена з виразу:

$$R \leq \frac{U_{\text{доп}} \cdot t}{Q} = \frac{U_{\text{доп}} \cdot M}{Q \cdot \rho},$$

$$R = \frac{1,35 \cdot 10^3 \cdot 1000 \cdot 60}{11 \cdot 10^{-6} \cdot 100} = 73,6 \cdot 10^9 \text{ Ом}.$$

При цьому час повного розряду буде:

$$T = 3\tau = 3RC = 3 \cdot 10^{-9} \cdot 73,6 \cdot 10^9 = 220,8 \text{ с}.$$

Приймаючи до уваги, що у вибухонебезпечному середовищі стала часу релаксації повинна бути $\tau_{\text{доп}} \leq 0,001 \text{ с}$, необхідно мати заземлюючі пристрої з опором.

Розділ 7. БЕЗПЕКА ВИКОНАННЯ ОСНОВНИХ БУДІВЕЛЬНО-МОНТАЖНИХ РОБІТ

7.1. Основні інженерні рішення охорони праці в технологічних картах на виробничі процеси

Технологічні карти – основні документи проекту виробничих робіт. У них вирішуються всі питання безпечної організації праці та усунення джерел можливого травматизму: аналізу конструктивних рішень будівель і споруд застосовно до виконання даного виду робіт і методів праці відповідно до вимог нормативних актів і стандартів ССБТ; приведення вибраної технології відповідно до реальних умов виробництва, а у разі необхідності розробка спеціальних заходів, що попереджають нещасні випадки (сучасні засоби загального і особистого захисту, обмежувачі руху, повороту і вантажопідйомності, автоматичне знімне вантажозахватні пристосування, електротехнічні пристрої та ін.).

ДБН А.3.2-2:2009 ССБТ «Охорона праці і промислова безпека в будівництві Основні положення» ввів вимогу до місця роботи машин, яке повинне бути визначене так, щоб був забезпечений простір, достатній для огляду робочої зони і маневрування.

Використання проміжних сигнальників для передачі сигналів машиністу не дозволяється. Отже, виходячи з цієї вимоги, в технологічних картах необхідно вирішувати питання вибору механізму, місця його установки і послідовностей монтажу конструкцій.

7.2. Земляні роботи

7.2.1. Загальні питання охорони праці при проведенні земляних робіт

Основною причиною нещасних випадків при виконанні земляних робіт є обвалення ґрунту в котлованах і траншеях в процесі їх розробки і при подальших роботах нульового циклу внаслідок дії таких причин:

- перевищення допустимої глибини вертикальних стінок (без кріплень) нестійких укосів;
- порушення правил розробки траншей і котлованів;
- недостатньої стійкості і міцності кріплень;
- порушення технології провадження земляних робіт;
- неправильного обліку геологічних умов будівельного майданчика;
- зміни вогкості гранту.

Випадки виробничого травматизму при провадженні земляних робіт можливі також через мимовільне переміщення будівельних машин і механізмів, втрату машинами стійкості і недостатньої кваліфікації робітників, керуючої машинами.

Земляні роботи в зоні розташування інженерних мереж (водопровід,

газопровід, електричні кабелі, теплові мережі) потрібно провести відповідно до узгодженого проекту тільки після дозволу від організації, що відповідає за експлуатацію даної мережі. До дозволу додається план (схема) земляних робіт з вказівкою розташування глибини закладення комунікацій.

До початку земляних робіт потрібно встановити знаки, які вказують на місця розташування підземних комунікацій. При наближенні до лінії підземних комунікацій земляні роботи необхідно проводити під безпосереднім наглядом виконроба або майстра, а в безпосередній близькості від комунікацій, крім того, під наглядом працівника організації, що експлуатує ці комунікації. Розробка ґрунту в безпосередній близькості від лінії діючих підземних комунікацій допускається тільки лопатами без різких ударів, користуватися ударними інструментами (ломи, кирки, клинки і пневматичні інструменти) забороняється.

Якщо земляні роботи проводяться в населених пунктах, де можливий рух людей і транспорту, то місця робіт повинні бути огорожені суцільним захисним обгороджуванням. На огорожах повинні бути встановлені попереджувальні написи, знаки і сигнальне освітлення на висоті не менше за 2 м.

До початку розробки ґрунту необхідно виконати всі заходи щодо відведення поверхневих і ґрунтових вод. Провадження робіт у виїмках з укосами в місцях, які зазнавали зволоження, дозволяється тільки після ретельного огляду майстром стану ґрунту укосів і вживання відповідних заходів безпеки. При закладанні траншей і котлованів без кріплень в межах призми обвалення ґрунту забороняється складування обладнання, матеріалів, установка механізмів, рух машин, прокладка рейкових шляхів і т.д.

Під час провадження робіт в котловані або траншеї потрібно постійно спостерігати за бермами. У разі появи подовжніх тріщин необхідно негайно повідомити про це виконробу (майстру) і видалити робітників з небезпечних місць.

Для спуску або підйому робітників в котловани застосовують драбини шириною не менше за 0,75 м з поручнями, а для спуску і підйому робітників у вузькі траншеї – приставні сходи з врізаними сходинками. Спуск робітників в котловани і траншеї по розпірках кріплень не допускається.

У місцях переходу робітників через траншеї глибиною більше за 1 м необхідно влаштовувати перехідні містки шириною не менше за 0,6 м з поручнями на висоті 1,1 м.

Перед спуском робітників в траншеї, шурфи, котловани глибиною більше за 1,3 м і при настанні відлиги майстру необхідно перевірити стійкість укосів, кріплення і вжити заходів по забезпеченню безпеки робіт.

При веденні робіт ґрунт, що виймається з траншеї або котловану, необхідно розміщувати з одного боку на відстані не менше за 0,5 м від брівки виїмки. Валуни, камені, відшаровування ґрунту, виявлене на укосах виїмки, повинне бути видалене.

У зоні дії установок, що генерують вібрацію, вживають заходів проти обвалення укосів.

7.2.2. Проектування проведення земляних робіт

При проектуванні провадження земляних робіт необхідно враховувати вимоги ДБН А.3.2-2:2009 ССБТ «Охорона праці і промислова безпека в будівництві Основні положення», НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопіднімальних кранів, підймальних пристроїв і відповідного обладнання. Наказ Міністерства соціальної політики України №62 від 19.01.2018 р., НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. Наказ Міністерства соціальної політики України 05.03.2018 № 333, НПАОП 0.00-7.14-17. Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками. Наказ Мінсоцполітики України 28.12.2017 р. № 2072, ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) (с 01.07.2019), ДСТУ 3273-95. Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги, ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарні будівельних площ і ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови.

Перелік питань охорони праці, що вирішуються в технологічних картах на земляні роботи, приведений в таблиці 7.1.

Основна небезпека при земляних роботах – обвалення ґрунту в процесі його розробки і подальших роботах при закладенні підмурків, укладанні труб і т.п.

Риття котлованів і траншей з вертикальними стінками без кріплень в нескельних і не мерзлих ґрунтах вище за рівень ґрунтових вод і при відсутності поблизу підземних споруд допускається на глибину не більш: 1 м в насипних, піщаних великоуламкових ґрунтах, 1,25 м – в супісях, 1,5 м – в суглинках і глинах.

Допустима крутість укосів приведена в ДБН А.3.2-2:2009 ССБТ «Охорона праці і промислова безпека в будівництві Основні положення». При використанні роторних і траншейних екскаваторів допускається глибина траншей без кріплення до 3м.

Спосіб захисту виїмок від притоки ґрунтових вод передбачає використання установок штучного глибинного водопониження, заморожування або хімічного закріплення ґрунтів, а також шпунтових огорож.

Крутість укосів для виїмок глибиною більше за 5 м у всіх випадках і менше за 5 м при несприятливих геологічних умовах встановлюють розрахунком. При глибині виїмок більше за 15 м для забезпечення стійкості укосу, а також в цілях затримання падаючого ґрунту влаштовують запобіжні берми, ширина яких може бути знайдена з умови:

$$a \geq 0,1 H,$$

де: а – ширина берми, м;

Н – висота уступу, м.

Для забезпечення стійкості вертикальних стінок котлованів і траншей глибиною, що перевищує допустиму, застосовують інвентарні кріплення: до 3 м, більше за 3 м – по індивідуальних проектах, затверджених головним інженером будівельної організації.

Доцільне застосування наступних розроблених типів кріплень: ЦНДІОМТП для траншей глибиною до 4 м і шириною до 2 м при шаровій засипці і ущільненні ґрунту; «Трансводбуд» (для траншей глибиною до 3 м і шириною до 1,2 м при порівняно постійній глибині); «Моспідзембуд» – при глибині до 2 м і ширині 0,8-1,2 при малих об’ємах робіт, що розосередилися; ВНДІДБ – при глибині до 2 м, ширині 0,6-1,5 м в піщаних ґрунтах; «Південспецбуд» – при глибині до 2 м, ширині 0,76-2 м при укладанні трубопроводу окремими трубами; системи Солодова при глибині 3 м, ширині 1-1,2 м при спланованій поверхні землі по краям траншеї, ДІБІ при глибині до 3 м, ширині 0,8-1,3.

Для пристрою траншей глибиною більше за 3 м в кожному окремому випадку розробляють проект кріплень з розрахунком елементів на активний тиск ґрунту з урахуванням додаткових навантажень на призму обвалення.

Таблиця 7.1

**Інженерні рішення з охорони праці в технологічних картах
на земляні роботи**

№ п/п	Проектно-розрахункові	Організаційні
1	Визначення допустимих глибин забою і схилів траншей, проектування способів провадження робіт ведучими механізмами	Загальні вказівки по безпечному веденню земляних робіт
2	Розрахунок тимчасових і постійних небезпечних зон, позначення їх на кресленні і проектуванні огорож	Заходи щодо охорони небезпечних зон (знаки, сигнали, написи)
3	Визначення безпечної зони ведення робіт поблизу підземних комунікацій, проектування технології виконання робіт	Вказівки по організації робіт поблизу підземних комунікацій
4	Розрахунок місцевого освітлення робочих ділянок, проектування і розміщення освітлювальної системи	Вказівки по безпечній експлуатації прийнятих світильників місцевого освітлення
5	Розрахунок кріпильного пристосування при розробці глибоких траншей і котлованів з вертикальними стінками, підбір інвентарних коштів кріплення	Загальні вказівки по безпечній установці, перестановці і експлуатації коштів кріплення
6	Підбір коштів безпечного спуску робітників в котловани і траншеї	-
7	Розрахунок або підбір обладнання для водовідведення і водозниження, розміщення його на кресленні	Вказівки по безпечній експлуатації засобів водовідведення і водозниження
8	Визначення безпечних схем руху землерийних машин і транспорту	Заходи щодо безпечної експлуатації автотранспорту

7.2.3. Упорядкування укосів земляних споруд

Основними елементами відкритої розробки кар'єру, котловану або траншеї без кріплення є: сторона – l ; висота уступу – H ; форма уступу; кут укосу – α ; крутість (рис. 7.1).

Обвалення укосу відбувається частіше за все по лінії AC , розташованій під кутом θ до горизонту. Об'єм ABC називають призмою обвалення.

Призма обвалення утримується в рівновазі силами тертя, прикладеними в площині зсуву.

Перед розробкою траншей і котлованів необхідно заздалегідь визначити крутість укосів, що забезпечує безпеку провадження робіт, з урахуванням глибини траншеї або котловану і вибрати спосіб формування укосів.

Риття котлованів і траншей з укосами без кріплень в нескільких грунтах вище за рівень ґрунтових вод (з урахуванням капілярного підняття) або в грунтах, осушених за допомогою штучного водозниження допускається з дотриманням нормативної глибини виїмки і крутості укосів (табл. 4.5).

Перед відкриттям котлованів і траншей без укосів, незалежно від вигляду ґрунту, розрахунковим шляхом необхідно визначити їх максимально безпечну глибину, що забезпечує стійкість вертикальних стін.

Методика розрахунку безпечної глибини котлованів і траншей без укосів така:

1. Розраховують критичну висоту вертикальної стінки котловану (траншеї) за формулою:

$$H_{кр} = 2C \cdot \cos \varphi / \gamma (1 - \sin \varphi), \quad (7.1)$$

де: $H_{кр}$ – критична висота вертикальної стінки, м;

C – сила зчеплення ґрунту, т/м² (табл. 7.2);

γ – об'ємна вага ґрунту т/м³ (табл. 7.2);

φ – кут внутрішнього тертя (табл. 7.2).

2. Визначають граничну глибину котловану або траншеї з вертикальною стінкою, вводять коефіцієнт запасу, що приймається рівним 1,25:

$$H_{пр} = H_{кр} / 1,25, \quad (7.2)$$

де $H_{пр}$ – гранична висота вертикальної стінки, м.

Глибина розробки котлованів і траншей з вертикальними стінками без кріплень встановлюється у відповідності з ДБН А.3.2.2-2009 і складає не більше за 1 м в насипних, піщаних, великоуламкових грунтах; 1,25 м в супесях; 1,5 м в глинах.

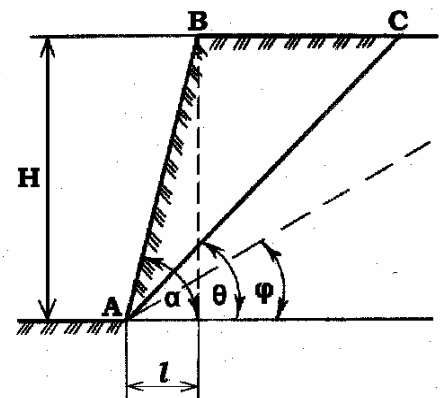


Рис. 7.1. Схема укосу

При проектуванні котлованів і траншей глибиною більше за 5 м необхідно зробити розрахунок стійкості укосів.

Згідно ДБН А.3.2.2-2009, переміщення, установка і робота машин поблизу виїмок з незакріпленими укосами дозволяється тільки за межами призми обвалення на відстані, встановленій проектом провадження робіт. При відсутності рішень в ППР найменшу відстань l_n до найближчих опор машин вибирається згідно табл. 4.4.

При глибині виїмки менше за 5 м найменша допустима відстань від верхньої будови шляху (кінця шпали, гусениці, колеса) до основи укосу визначається за наближеною оцінкою заднього краю призми обвалення з використанням формули:

$$l_n = 1,2 a \cdot h + 1, \quad (7.3)$$

де: h – глибина виїмки, м;

a – коефіцієнт закладення укосу, який приймається за даними табл.7.2.

Таблиця 7.2

Характеристики ґрунту

Ґрунт	Об'ємна вага γ , (т/м ³)	Кут внутрішнього тертя ϕ , (град.)	Сила зчеплення ґрунту C , (т/м ²)
Глина	1,7-2	7-20	0-20
Суглинок легкий	1,5-1,8	12-25	0-16
Суглинок пілоподібний	1,5-1,7	15-25	0-16
Суглинок лесовидний	1,4-1,7	12-25	0-20
Супісок	1,5-1,7	18-30	0-10
Пісок дрібнозернистий	1,6-1,9	22-35	0-0,5
Пісок середньозернистий	1,6-1,9	26-35	0-0,3
Пісок крупнозернистий	1,6-2	27-40	0-0,2

7.2.4. Упорядкування котлованів і траншей з кріпленням

Для котлованів і траншей глибиною до 3 м застосовують, як правило, інвентарні кріплення, виконані за типовими проектами. Вибір типу кріплення (табл. 7.3) при глибині виїмки до 3 м залежить від вигляду ґрунту і його стану вогкості.

Для виїмок глибиною більше за 3 м встановлюють кріплення за індивідуальними проектами, затверджених головним інженером будівництва згідно ППР. Конструктивні рішення кріплення ґрунту наведені в рис. 7.2.

Таблиця 7.3

Типи кріплень залежно від виду ґрунтів

Види ґрунтів	Типи кріплень
природної вологості (за виключенням сипких)	горизонтальне з просвітом в одну дошку
підвищеної вологості і сипкі	суцільне вертикальне або горизонтальне
усі види при сильному притоку ґрунтових вод	шпунтове огородження з забиванням на глибину не менше 0,75 м у шар, що є підстилаючим вологонепроникним

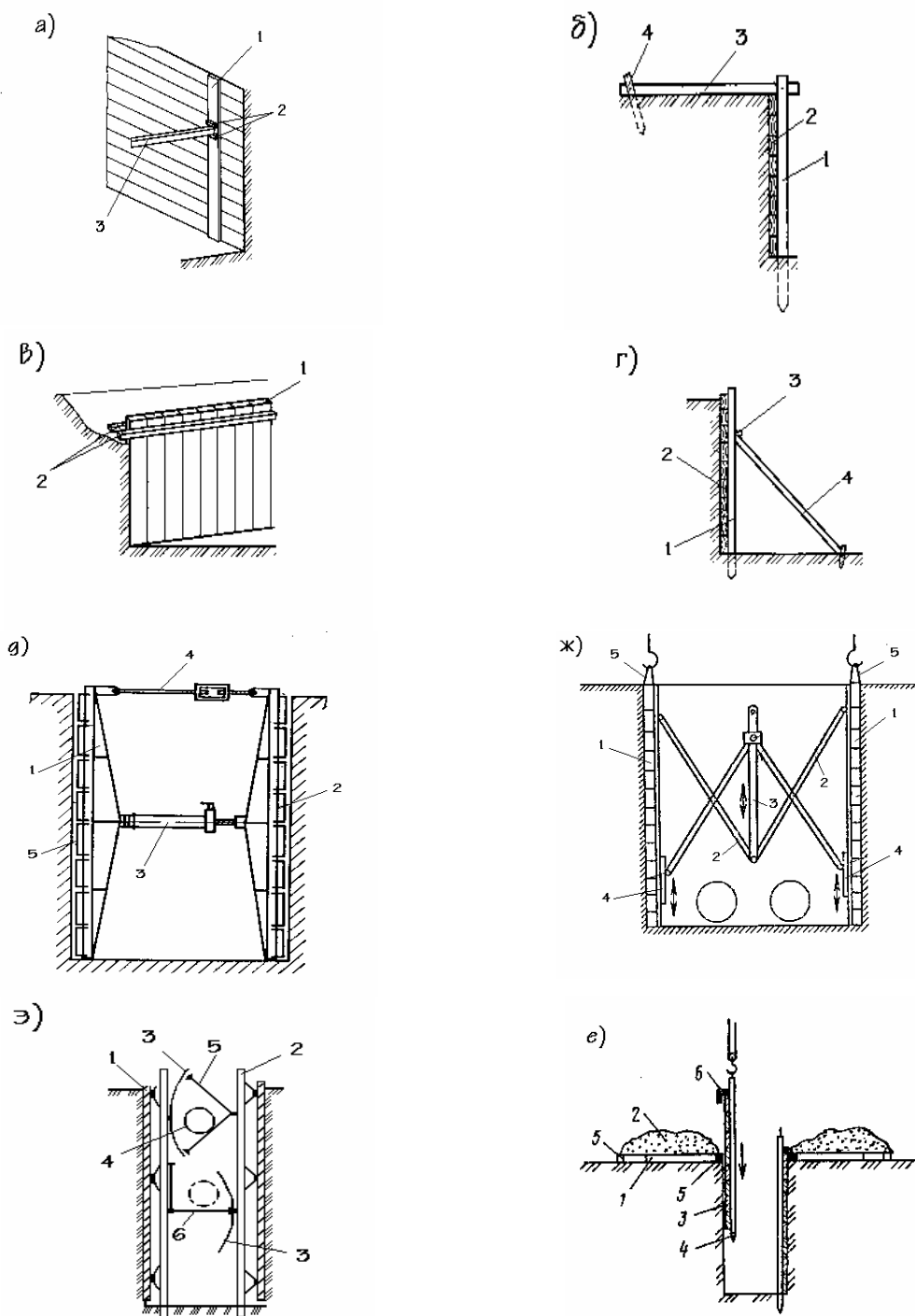


Рис. 7.2. Конструктивні рішення кріплення ґрунту:

- а – кріплення розпірками (1 – стойка; 2 – бобишки; 3 – розпірка);
 б) анкерне кріплення (1 – стойка; 2 – кріпильні дошки; 3 – стяжка; 4 – анкер);
 в) шпунтове кріплення (1 – дерев'яний шпунт; 2 – прогони);
 г) підкосне кріплення (1 – стойка; 2 – кріпильні дошки; 3 – бобишка; 4 – підкос);
 д) пристрій для кріплення траншей (1 – стойка; 2 – направляюча;
 3 – розсувні розпірки; 4 – розтяжки; 5 – сталеві щити);
 ж) пристрій для кріплення стін траншей (1 – захищаючі щити; 2 – розпірки;
 3 – тяга; 4 – розпірні колодки; 5 – петлі);
 з) кріплення стін траншей при прокладці трубопроводів (1 – дерев'яний щит;
 2 – розпірна рама; 3 – секторна опора; 4 – труба, що опускається; 5, 6 – шарнірні розпірки);
 е) тимчасове кріплення при прокладці трубопроводів (1 – анкерні елементи;
 2 – ґрунт, що витягується; 3 – щити; 4 – стойки; 5 – скоба; 6 – крюк)

Переваги інвентарних кріплень: збірність елементів; можливість установки їх зверху без спуску в траншею; можливість механізації установки і розбирання, розрахунку всіх елементів на міцність і стійкість.

Основні вимоги безпеки праці при упорядкуванні котлованів і траншей.

Встановлювати кріплення необхідно вниз по мірі розробки виїмки на глибину не більше за 5 м (в нестійких грунтах на 0,2-0,25 м). При установці кріплень верхня частина їх повинна виступати над брівкою виїмки не менш ніж на 15 см.

Упорядкування неінвентарних дерев'яних кріплень траншей глибиною до 3 м повинно відповідати таким вимогам: для кріплення ґрунтів природної вогкості, крім піщаних, використовують дошки товщиною не менше за 4 см, а для піщаних ґрунтів і ґрунтів підвищеної вогкості – не менше за 5 см, які закладають за вертикальні стойки впритул до ґрунту із зміцненням розпірки; Стойки кріплень встановлюються не рідше, ніж через 1,5 м, розпірки кріплень розміщуються на відстані не більше за 1 м, у кінців розпірки забивають бобишки.

При викиданні ґрунту з виїмок глибиною більше за 1,8 м необхідно влаштовувати на розпірках полки-настили, які необхідно захищати бортовими дошками шириною не менше за 15 см.

При упорядкуванні кріплень кріпильний матеріал потрібно подавати у виїмку механізованим способом. Скидати його в траншеї або котловани забороняється. За станом кріплень потрібно вести систематичне спостереження. Кріплення, встановлені зимою, оглядають особливо ретельно і при необхідності посилюють. Засипають виїмки частинами. При цьому кріплення розбирають знизу-вгору, видаляючи одночасно не більш трьох дощок в стійких грунтах, а в нестійких – не більше за одну.

При видаленні дощок потрібно відповідно переставляти розпірки. Розбирання кріплень проводять під наглядом виконроба або майстра.

При зведенні підземних споруд в сипучих і насичених водою грунтах не треба розбирати кріплення, так як це може привести до аварії.

Звичайно виїмки засипають без розбору кріплення, про що складається відповідний акт.

7.2.5. Розрахунок кріплень

Розрахунок інвентарних кріплень проводиться з метою визначення допустимих робочих навантажень на елементи кріплення. При упорядкуванні неінвентарних кріплень застосування їх повинно супроводжувати розрахунком на міцність. Конструкції кріплення розраховуються на міцність і стійкість в найбільш не вигідних умовах.

При розрахунку кріплень повинні враховуватися наступні види навантажень.

Основне навантаження – активне тиску власної ваги ґрунту в момент утворення і сповзання призми обвалення.

Додаткові навантаження – динамічний; фільтраційний тиск; тиск від навантаження на берму (вийнятий ґрунт, вага матеріалів і конструкцій).

Приклад. Розрахувати неінвентарне кріплення стінок в ґрунті з характеристиками: $\gamma=18\text{кН/м}^3$; $C=12\text{кПа}$, $\varphi=40$. Глибина траншеї $H=10\text{м}$ з вертикальними стінками ($\alpha=90^\circ$). Коефіцієнт стійкості $m=1,5$, коефіцієнт запасу стійкості 1,2.

Алгоритм послідовності розрахунку неінвентарних кріплень котлованів і траншей

Постановка задачі:	
Визначення питомої ваги ґрунту, питомого зчеплення, кута внутрішнього тертя ґрунту; встановлення глибини траншеї (котловану), кута стінок по відношенню до поверхні ґрунту; коефіцієнта стійкості і коефіцієнта запасу стійкості; матеріалу розпірки (дерево, метал)	
Розрахунок активного тиску ґрунту на кріплення	
Розрахунок відстані між стойками кріплення	
Визначення додаткового напруження деревини на вигин на нижню розпірку	
Визначення додаткового напруження деревини на вигин на верхню розпірку	
Розрахунок площі поперечного перетину розпірки	
Визначення діаметра дерев'яної (металевої) розпірки	
Визначення відстані між розпірками	
Розрахунок закінчено	

Рішення. Визначимо активний тиск на кріплення:

$$E_a = \gamma H \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) - 2C \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi/2) =$$

$$= 18 \cdot 10 \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2) - 2 \cdot 12 \operatorname{tg}(45^\circ - \varphi/2) = 28 \text{ кПа}$$

Розраховуємо відстань між стойками:

$$l = 1440 \cdot 0,05 / \sqrt{1000 \cdot 28} = 0,43 \text{ м.}$$

Визначаємо відстань між стойками з урахуванням додаткового напруження деревини на вигин. $R_{изг}$:

- на нижню розпірку $R_{изг.н} = E_a \cdot H \cdot l / 3 = 28 \cdot 10 \cdot 0,43 / 3 = 40 \text{ кН};$
- на верхню розпірку $R_{изг.в} = E_a \cdot H \cdot l / 6 = 28 \cdot 10 \cdot 0,43 / 6 = 20 \text{ кН.}$

З урахуванням коефіцієнта $\varphi_f=1$ знайдемо розрахунковий перетин при осьовому стисненні розпірок:

$$F = 40 / 1 \cdot 14710 \text{ м}^2$$

Алгоритм розрахунку надійності інвентарних кріплень

Постановка задачі:	
Як матеріал розпірки приймається, як правило, метал. Визначення питомої ваги ґрунту, кута його внутрішнього тертя; глибини траншеї (котловану), кута стінок; коефіцієнт стійкості; коефіцієнта запасу стійкості; встановлення довжини розпірки; діаметра труби розпірки; межі міцності стали на стиснення; вибір діаметра труби розпірки	
Розрахунок зусилля в розпірці	
Розрахунок усередненого діаметра труби розпірки	
Розрахунок площі поперечного перетину труби розпірки	
Розрахунок гнучкості розпірки	
Визначення активного тиску ґрунту	
Порівняння з нормативними даними	
Немає	Так
Перерахунок параметрів розпірки інвентарного кріплення із зміною її характеристик (діаметра труби, товщини стінок і т.п.)	Розрахунок закінчений

Примітка. Приведені алгоритми використовуються при розрахунку неінвентарних кріплень із залученням обчислювальної програми «EUREKA».

Розраховуємо діаметр дерев'яної розпірки

$$D = \sqrt{4F/\pi} = \sqrt{4 \cdot 0,0027/3,14} = 0,059 \text{ м.}$$

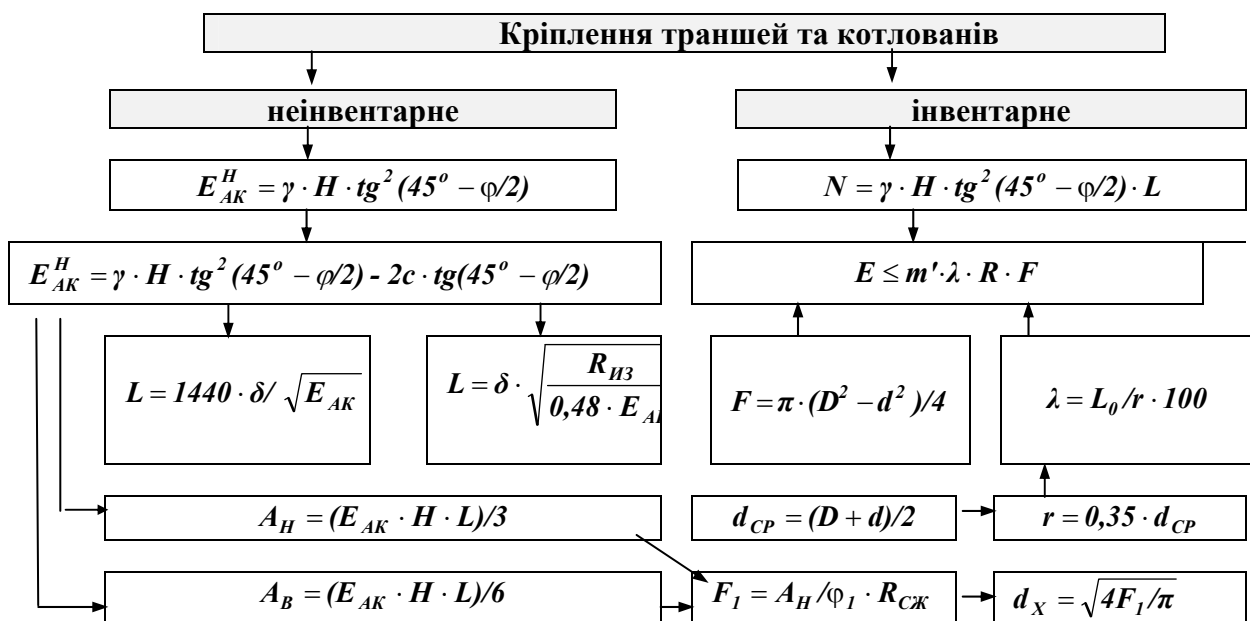


Рис. 7.3. Схема розрахунку основних елементів кріплення ґрунту

Примітка: де: $E_{\text{нак}}$ – активний тиск незв’язного ґрунту, кПа;
 $E_{\text{сак}}$ – активний тиск зв’язного ґрунту, кПа;
 φ - кут внутрішнього тертя ґрунту, град.;
 γ - питома вага ґрунту, кН/м³;
 C – питома зчеплення, кПа;
 L – крок стійкий, м;
 δ - товщина дошки, м;
 $R_{\text{из}}$ – розрахунковий опір деревини на вигин, кПа;
 $A_{\text{н}}$ – розрахункове навантаження на нижню розпірку, кН;
 $A_{\text{в}}$ – розрахункове навантаження на верхню розпірку, кН;
 F_1 – пл.оща перетину розпірки, м²;
 φ_1 – коефіцієнт подовжнього вигину;
 $R_{\text{сж}}$ – розрахунковий опір деревини на стиснення, кПа;
 d_x – діаметр дерев’яної розпірки, м;
 N – зусилля в розпірці, кН;
 F – площа поперечного перетину труби, м²;
 m' - коефіцієнт умов праці;
 R – межа міцності стали на стиснення, кПа;
 λ – гнучкість;
 L_0 – вільна довжина розпірки, м;
 D, d – зовнішній і внутрішній діаметр труби, м.

Відповідно до розрахунку для неінвентарного кріплення, що проектується, повинні бути використані розпірки діаметром не менше за 0,06 м, дошки $\delta=0,05$ м при відстані між стойками не більше за 0,4 м.

7.2.6. Безпека праці при веденні земляних робіт в зимовий час

У зимовий період часу розробку ґрунту необхідно виконувати у відповідності з ППР. Для розробки мерзлих ґрунтів застосовують такі методи:

- вибуховий спосіб;
- метод відтавання (гарячою водою, парою, електричним струмом);
- застосування динамічного ударного навантаження.

При цих способах розробки мерзлого ґрунту частіше за все мають місце травми робітників: удари відлітаючими шматками мерзлого ґрунту, опіки і поразка електричним струмом, а також можливі поразки людей і руйнування будівель і споруд ударною хвилею.

Метод руйнування мерзлих ґрунтів **динамічним ударним навантаженням (сколюванням)** є найбільш ефективним.

Для рихлення мерзлих ґрунтів динамічним ударним навантаженням застосовують крани і екскаватори, стріли яких забезпечені ударними інструментами у вигляді кулі- або клина-баби. Масу і форму їх вибирають в залежності від опору ґрунту рихлення.

Для забезпечення безпечної розробки мерзлого ґрунту динамічним ударним навантаженням необхідно захищати небезпечну зону. При рихленні ґрунтів в безпосередній близькості від будівель, споруд і механізмів, що знаходяться в зоні розлітання ґрунту, а також в межах населених пунктів, розроблювана площа ґрунту повинна бути прикрита від розлітання шматків

грунту захисними сітками. Висота захисних сіток і відстань від місця їх установки до місця розпушення ґрунту ударними інструментами повинні відповідати даним табл. 7.4.

Таблиця 7.4

Залежність розмірів захисних сіток від відстані до місця падіння робочого органу

Відстань від місця падіння до місця установки захисних сіток, м	Висота захисних сіток в м, при падінні робочого органу під кутом		
	80°	70°	65°
4	1,0	1,5	1,8
6	1,0	2,0	2,5
8	1,5	3,0	3,5
10	1,8	3,2	4,0
12	1,4	3,4	4,0
14	1,0	2,8	3,8
16	1,0	2,5	3,5

Рихлення ґрунту із застосуванням ударних інструментів забезпечується при товщині мерзлого шару до 1 м.

При більш глибокому замерзанні ґрунту і при проведенні земляних робіт в зимовий час на великих площах, розташованих вдалині від промислових і житлових споруд, найбільш ефективним і економічним є **вибуховий спосіб** розробки мерзлих ґрунтів. Вибухові роботи виконуються в суворій відповідності з ППР.

Істотним чинником безпеки провадження вибухових робіт є встановлення таких відстаней, на яких вибух тієї або іншої кількості вибухових речовин (ВР) при вибраному методі ведення робіт є безпечним. Безпечна відстань при дії ударної хвилі визначається за формулою:

$$R_B = K_B \sqrt{q}, \quad (7.4)$$

де: R_B – відстань, на якій повітряна ударна хвиля вибуху втрачає здатність завдавати поразки заданої інтенсивності;

q – вага вибухового заряду, кг;

K_B – коефіцієнт пропорціональності.

K_B – приймається для п'яти ступенів інтенсивності руйнування і умов вибуху:

1 ступінь ($K_B=50\div 150$) – для зарядів на поверхні землі і при повній відсутності пошкоджень;

2 ступінь ($K_B=20\div 30$) – при випадковому пошкодженні заскління;

3 ступінь ($K_B=6\div 8$) – при повному руйнування заскління, частковому руйнуванні рам, дверей, сараїв;

4 ступінь ($K_B=4\div 3$) – при руйнуванні внутрішніх перегородок, рам, дверей сараїв;

5 ступінь ($K_B=1,5$) – при проломі міцних цегельних стін, пошкодженні залізниць, мостів.

Спосіб **відтавання ґрунту** доцільно застосовувати при невеликих об'ємах земляних робіт, відсутності коштів механічного рихлення, при наявності підземних комунікацій, а також в обмежених умовах.

Основними причинами травмування робітників при цьому способі розробки мерзлого ґрунту є опіки і поразки електричним струмом. При виконанні робіт, пов'язаних з електропідігрівом ґрунту, площу, що прогрівається потрібно захищати так, щоб відстань між контуром дільниці, що прогрівається, і обгороджуванням була не менше за 3 м. На обгороджуванні повинні бути вивішені попереджувальні сигнали, а в нічний час встановлене освітлення. За процесом електропідігріву ґрунту повинен стежити черговий електрик, забезпечений засобами індивідуального захисту від поразки електричним струмом.

При відтаванні ґрунту за допомогою пари, води або рідкого палива всі робітники повинні бути забезпечені спецодягом і засобами захисту від опіків. На робочих місцях вивішують попереджувальні знаки і написи.

Обслуговування установок дозволяється тільки робітникам, які пройшли спеціальне навчання і інструктаж з охорони праці. На дільницях, що прогріваються знаходяться людям категорично забороняється.

Приклад. Необхідно визначити безпечну установку екскаватора (рис. 7.4) відносно брівки котловану глибиною 5 м в глинистих ґрунтах.

Рішення. 1. За даними табл. 4.4 для заданих умов $l_H = 3,5$ м.

2. Визначаємо допустиму відстань установки екскаватора за формулою оцінки можливого положення призми обвалення:

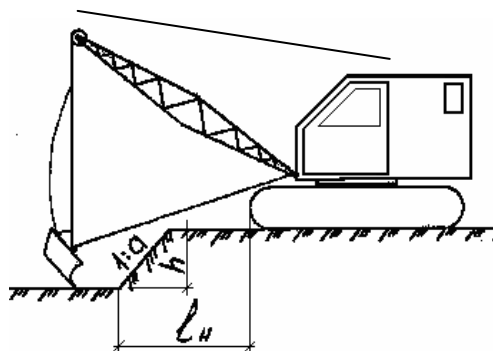


Рис. 7.4. Схема до прикладу

$$l_H = 1,2a \cdot h + 1 = 1,2 \cdot 0,5 \cdot 5 + 1 = 4 \text{ м.}$$

Приймаємо $l_H = 4$ м.

Приклад. Визначити безпечну відстань від відкритого складу вибухових речовин на 300 кг до будівельного майданчика, де є санітарно-побутові приміщення.

Рішення. 1. Оскільки на будівельному майданчику працюють люди, а тому навіть при випадковому пошкодженні скла можливо травмування людей, приймаємо 1-у ступінь безпеки ($K_B = 50$).

2. Визначаємо безпечну відстань від території будівельного майданчика до складу ВВ:

$$R_B = K_B \sqrt{q} = 50 \cdot \sqrt{300} = 866 \text{ м.}$$

3. Розраховуємо безпечну відстань з урахуванням обвалювання:

$$R_B = 10 \cdot \sqrt{300} = 173 \text{ м.}$$

7.3. Кам'яні роботи

7.3.1. Загальні питання охорони праці при проведенні кам'яних робіт

Виконання робіт з дрібно штучних матеріалів пов'язане з виявом ряду небезпечних чинників, до яких відносяться:

- падіння людини, а також матеріалів і інструменту з висоти;
- застосування вантажопідіймальних машин;
- електричний струм;
- транспортні засоби;
- атмосфера електрика та інші травмуючі чинники.

Велике значення для встановлення професійного і кваліфікаційного складу робочих, визначення необхідної кількості і номенклатури засобів безпеки, термінів їх постачання мають прийняті конструктивні (вигляд кладки, товщина стіни) організаційно-технологічні рішення (змінність робіт, розподіл на захватки, яруси і т.д.). Крім того, роботи можуть виконуватися комплексною бригадою, коли всі види робіт виконуються її членами при необхідності, а може бути прийнята організація робіт, при якій бригада розчленовується на спеціалізовані ланки, які мають свої функції. Так, каменяри займаються тільки кладкою (зовнішніх і внутрішніх стін, стін-перегородок); ланка монтажників – монтажем перегородок, елементів перекриттів і покриття, санітарно-технічних кабін; одна ланка установкою підмостків, що захищають обладнання, заготівки матеріалів.

Потрібно зазначити, що будівництво будівель і споруд з цегли і керамічних каменів ведеться останнім часом в основному по індивідуальних проектах, тому і технологічні карти, без яких виконання заборонене, на такі об'єкти розробляються індивідуально.

Основна увага при їх розробці приділяється профілактиці падінь людини і предметів (матеріалів, інструмента) з висоти.

Згідно ДБН А.3.2-2:2009 ССБТ «Охорона праці і промислова безпека в будівництві Основні положення», для попередження травмування від падіння працюючих і предметів з висоти потрібно передбачати:

- переважне першочергове обладнання постійних захищаючих конструкцій (стіл, панелей, огорож балконів і отворів);
- обладнання тимчасових захищаючих пристроїв;
- місця і способи кріплення страхувальних канатів і запобіжних поясів;
- засоби підмоцвання;
- шляхи і засоби підйому працюючих до робочих місць;
- засоби контейнеризації і тара для переміщення штучних матеріалів, а також розчину і бетону з урахуванням характеру переміщуваного вантажу і зручності подачі його до місця роботи;
- вантажозахватне пристосування;
- способи страховки;
- порядок і способи складування матеріалів;
- місця пристрою захисних перекриттів, настилів, козирків в процесі

виконання робіт і при їх поєднанні з іншими роботами по вертикалі;

- способи видалення відходів будівельних матеріалів і сміття.

З метою реалізації цих положень на практиці при зведенні стін більше за 7,0 м у висоту по периметру будівлі встановлюються захисні козирки, що відповідають таким вимогам:

- ширина захисних козирків повинна бути не менше за 1,5 м, і вони повинні бути встановлені з схилом до стіни так, щоб кут, той, що утворюється між нижньою частиною стіни будівлі і поверхнею козирка був 110° , а зазор між стіною будівлі і настилом козирка не перевищував 50 мм;

- захисні козирки повинні витримувати рівномірно розподілене снігове навантаження, встановлене для даного кліматичного району, і зосереджене навантаження не менше за 1600Н (160кгс), прикладене в середині прольоту;

- перший ряд захисних козирків повинен мати суцільний настил на висоті не більше за 6,0 м від землі і зберігатися до повного закінчення укладання стін; а другий ряд, виготовлений суцільного або з сітчастого матеріалів з вічком не більше за 50x50 мм встановлюється на висоті 6-7 м над першим рядом, а потім по ходу укладання переставляється через кожні 6-7 м.

Без обладнання захисних козирків допускається вести укладання стін висотою до 7,0 м з позначенням (обгороджуванням) небезпечної зони по периметру будівлі.

Робітники, зайняті на установці, очищенні або знятті захисних козирків, повинні працювати із запобіжними поясами. Ходити по козирках, використовувати їх в якості підмостів, а також складувати на них матеріали не допускається.

При укладанні стін будівель і споруд (надалі будівель) на висоту до 0,7 м від робочого настилу і відстані від його рівня за стіною, що зводиться по поверхні землі або перекриття, застосовувати засоби колективного захисту (захищаючі або уловлюючі пристрої) або запобіжні пояси.

При односторонньому примиканні до стін настилів засоби підмоцнення, перекриття отвори в стінах повинні захищатися, якщо відстань від рівня настилу (перекриття) до низу отвору менше 0,7 м.

Однією з причин падіння людей з висоти при виконанні кам'яних робіт є їх знаходження в положенні стоячи на стіні. У цьому випадку розчин, що не схопився грає роль змазки для свіжопокладеного ряду цегли, тому укладання зовнішніх стін товщиною до 0,75 м не допускається в положенні стоячи на стіні.

При товщині стіни більше за 0,75 м дозволяється проводити кладку зі стіни, однак при цьому потрібно застосовувати запобіжний пояс, надійно закріплений за страхувальний пристрій.

Під час перерви в роботі матеріали і інструменти потрібно зі стін прибирати.

Не допускається укладання стін будівель вищого поверху без установки несучих конструкцій міжповерхового перекриття, а також майданчиків і сходових маршів. Різниця висот укладання, що зводиться на суміжних захватках і при укладенні прилеглих стін, не повинна перевищувати висоти

поверху на сходах, перекриттях (покриттях), на яких не ведуться кам'яні роботи, встановлюються огорожі для попередження падіння людей. Особливу увагу потрібно приділяти обгороджуванню технологічних та інших отворів в міжповерхових перекриттях і покриттях будівель.

Входи в будівлю, що будується, повинні розташовуватися зі сторони, протилежній установці баштових кранів і мають бути захищені зверху суцільним навісом шириною не менше за ширину входу з вильотом не менше за 2,0 м від стіни будівлі або захисним інвентарним коридором.

При підйомі, переміщенні і подачі на робоче місце дрібноштучних матеріалів кранами потрібно використовувати піддони, контейнери і вантажозахватні пристрої, що виключають їх падіння.

Цегельна кладка будівель з міжповерховими перекриттями виконується із застосуванням підмостків, що встановлюються на міжповерхові перекриття. При висоті поверху, рівній або більше за 3,5 м, рекомендується застосовувати підймальні підмости, що дозволяють змінювати висоту робочого настилу в процесі укладання.

Засоби підмоцнування, технологічне оснащення і інструменти повинні відповідати вимогам розділу

Робочі настили засобів підмоцнування повинні бути рівними, із зазорами між дошками не більше за 5 мм; при розташуванні настилу на висоті 1,3 м і більше за обгороджування висотою 1,1 м проміжний і бортовий елементи (останній висотою 0,15 м).

З'єднання щитів настилів внапуск допускається тільки в подовжньому напрямі (по їх довжині): кінці стикованих елементів (щитів) настилу повинні розташовуватися на спорах і перекривати їх не менше за 0,2 м в кожную сторону.

Ширина проходу в робочій зоні на засобах підмоцнування повинна бути не менше за 0,6 м; рівень настилу підмостків (при перестановці) повинен знаходитися нижче за рівень кладки не менш ніж на 150 мм; ширина настилу для кам'яних робіт – 2,0 м або 1,5 м при подачі матеріалів за допомогою машин і механізмів; розрахункове навантаження на настил 250 кг/м².

Певну небезпеку, з точки зору можливого падіння конструкції, представляє вільно стояча кам'яна стіна, тому введені обмеження допустимої висоти стіни в залежності від її товщини, щільності кладки при заданій величині швидкісного натиску вітру (табл. 7.5).

Якщо стіна, що зводиться пов'язана з поперечними або іншими стінами жорсткими конструкціями, то при відстані між цими конструкціями, не перевищуючими 3,5 Н (де Н – висота стіни, що допускається), висота стіни, що зводиться, може бути збільшена на 15%, при відстанях не більше за 2,5 Н – на 25%, а при відстанях не більше за 1,5 Н – на 40%.

Висота кам'яних неармованих перегородок, не розкріплених перекриттями або тимчасовими кріпленнями, не повинні перевищувати 1,5 м для перегородок товщиною 9 см, виконаних з каменів, і 1,8 м перегородок товщиною 12 см, виконаних з цегли. Якщо перегородки пов'язані з поперечними стінами або іншими перегородками, жорсткими конструкціями, то їх допустимі висоти приймаються відповідно до вказівок табл. 7.4.

Допустимі висоти вільно стоячих кам'яних стін

Товщина стін, см	Об'ємна маса (щільність) кладки, кг/м ³	Допустимі висоти стін (м) при швидкісному напорі вітру (Н/м ²) – швидкість вітру (м/с)			
		до 150 (15)	до 270 (21)	до 450 (27)	до 1000 (40)
25	від 1000 до 1300	2,3	1,6	1,3	-
	від 1300 до 1600	3,0	2,1	1,4	-
	більше 1600	3,8	2,6	1,6	-
38	від 1000 до 1300	4,5	4,0	2,4	1,3
	від 1300 до 1600	4,8	4,3	3,1	1,5
	більше 1600	5,2	4,7	4,0	1,7
51	від 1000 до 1300	6,0	5,7	4,3	2,0
	від 1300 до 1600	6,3	6,0	5,6	2,5
	більше 1600	6,5	6,3	6,0	3,1
64	від 1000 до 1300	7,0	6,6	6,0	2,7
	від 1300 до 1600	7,4	7,0	6,5	3,5
	більше 1600	7,7	7,4	7,0	4,3

Пристрій карниза, облицювання стін пов'язані з установкою тимчасових кріплень, знімати (демонтувати) які допускається після досягнення розчином міцності, встановленої проектом.

Особливої уваги вимагає організація робіт з укладання промислових цегельних труб, так як роботи виконуються на висоті в умовах організаційної робочої зони.

Над місцем завантаження підйомника встановлюється захисний подвійний настил з дощок товщиною не менше за 40 мм на висоті 2,5-5,0 м.

Проведення робіт на верху труби під час грози або при вітрі швидкістю більше за 15 м/с не допускається.

Обробляти природні камені в межах території будівельного майданчика слід в спеціально виділених місцях, де не допускається знаходження осіб, що не беруть участь в роботі.

Робочі місця, розташовані на відстані менше за 3,0 м один від одного, повинні бути розділені захисними екранами.

Зведення кам'яних конструкцій методом заморожування пов'язане з тим, що в період відтавання кладка втрачає в значній мірі міцність, тому цей метод дозволяється використовувати при наявності в проекті вказівок про можливість, порядок і умови його застосування. При цьому повинен бути визначений спосіб відтавання конструкцій (штучний, природний) і вказані заходи щодо забезпечення стійкості і геометричної незмінності конструкцій на період відтавання і наборі міцності розчину.

У період природного відтавання і затвердіння розчину в кам'яних конструкціях, виконаних способом заморожування, потрібно встановити постійне спостереження за ними. Перебування в приміщенні або споруді осіб, що не бере участь в заходах щодо забезпечення стійкості вказаних конструкцій, не допускається.

7.3.2. Проектування проведення кам'яних робіт

При проектуванні провадження кам'яних робіт необхідно враховувати вимоги ДБН А.3.2-2:2009 ССБТ «Охорона праці і промислова безпека в будівництві Основні положення ДСТУ 8828:2109 Пожежна безпека, ДСТУ Б В.2.8-39:2011 Засоби підмоцнування. Загальні технічні умови, ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) (с 01.07.2019), ДСТУ 3273-95. Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги, ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарні будівельних площ і ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови, Рекомендації по перевезенню, складуванню і зберіганню будівельних матеріалів, виробів і конструкцій в будівництві, Перелік питань охорони праці, що вирішуються в технологічних картах на кам'яні роботи, приведені в табл. 7.6.

Основними заходами щодо попередження виробничого травматизму вважають заходи щодо виключення падіння людини і предметів з висоти, обвалення засобів підмоцнування і конструкцій, що зводяться. Важливо не допускати порушень вимог безпеки при організації робочих місць.

У технологічній карті особлива увага повинна бути приділена технологічній послідовності зведення кам'яних конструкцій, правильному вибору лісів, підмостів, обладнання огорож, установці захисних козирків, а також умовам ведення робіт при негативних температурах.

Як засоби підмоцнування рекомендуються металеві трубчасті ліси конструкції ЦНДІОМТП, а також інвентарні підмости пакетні або підймальні. Ширину робочого настилу при кам'яній кладці приймають рівно 2,5 м. При цьому розміщення матеріалів на настилі повинно забезпечувати необхідні проходи шириною не менше за 0,6 м.

Як обгороджування по периметру цегельної будівлі рекомендується обгороджування конструкціями з сіткоматеріалів ЦНДІОМТП. Підвісні майданчики або ліси підвішують на сталевих канатах, які заздалегідь розраховують на задане навантаження із запасом міцності не менш шестикратного.

При виконанні кам'яної кладки при низьких температурах в технологічній карті необхідно передбачити: граничну висоту кладки, допустиму в період відтавання розчину; тимчасове кріплення для розвантаження несучих конструкцій на період їх відтавання; марки розчинів, що застосовуються для зимової кладки і хімічні добавки; час витримки окремих елементів конструкцій, що зводяться при низьких температурах.

Для провадження кам'яних робіт нижче нульової відмітки додатково передбачають рішення по обладнанню драбин і приставних сходів, механізації робіт по подачі матеріалів і т.д.

Засоби підмоцнування для ведення кам'яних робіт повинні бути визначені так, щоб рівень кладки після кожного їх переміщення був не менш ніж на 0,7 м

вище за рівень робочого настилу або перекриття.

Питання техніки безпеки і виробничої санітарії в технологічних картах на покрівельні роботи, обробні і спеціальні вирішують аналогічно.

Таблиця 7.6

Інженерні рішення з охорони праці в технологічних картах на кам'яні роботи

№	Проектно-розрахункові	Організаційні
1	визначення небезпечних зон дії підйомно-транспортних механізмів, підбір або проектування захисних козирків і огорож небезпечних зон	вказівки по безпечному виконанню робіт в зоні дії підйомно-транспортних механізмів
2	розрахунок і проектування індивідуальних або підбір інвентарних лісів і підмостків для ведення кам'яної кладки	заходи щодо безпечної організації монтажу і демонтажу лісів і підмостків
3	підбір або проектування коштів підйому робітників на ліси і підмости	-
4	розрахунки по можливому завантаженню лісів і підмостків матеріалами	вказівки по безпечній послідовності монтажу лісів і підмостків
5	розрахунок або підбір світильників місцевого освітлення зони ведення кам'яної кладки	вказівки по безпечній експлуатації освітлювальної системи
6	підбір підйомно-транспортних механізмів, що забезпечують безпечне ведення кам'яної кладки і прив'язку їх до об'єкта	заходи щодо безпечної експлуатації підйомно-транспортних механізмів
7	визначення безпечної послідовності виконання робіт на захватках і в різних рівнях	вказівки по безпечному веденню робіт в різних рівнях будівлі
8	розрахунок і підбір засобів тимчасового кріплення карнизів і інших елементів, виступаючих з плоскої стіни	вказівки по безпечній організації праці каменярів
9	розрахунок потреби і підбір інструмента, пристосування і засобів індивідуального захисту	вказівки по застосуванню засобів індивідуального захисту

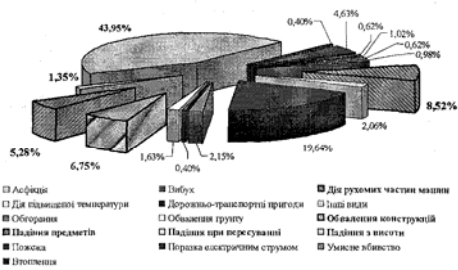
7.3.3. Технологічна карта на кладку стін з цеглини з розшиванням швів

1. Область застосування

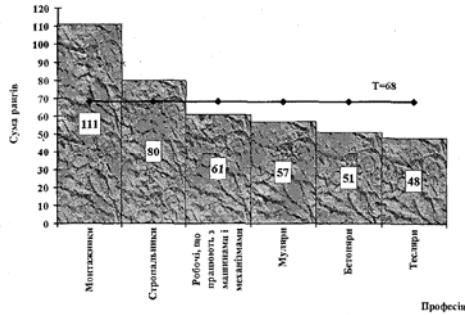
1.1. Справжня технологічна карта призначена для застосування при улаштуванні цегляних стін завтовшки 2,5 цеглини неармованих з використанням керамічної суцільної цегли за ДСТУ Б.В. 2.7-61-97, силікатної цегли за ГОСТ 379-95, цементно-вапняного розчину за ДСТУ Б.В.2.7-23-95.

1.2. Карта складена з урахуванням вимог ДБН В.2.1-10-2009, ДБН В.2.6-33:2018, ДБН В.2.6-160:2010, ДБН В.2.6-161:2017, ДБН В.2.6-162:2010, ДБН В.2.6-163:2010 та ДСТУ Б.В. 2.7-61-97 – цегла керамічна суцільна, ДСТУ Б.В.2.7-23-95 – цементно-вапняний розчин, а також міжнародного стандарту ІСО-9001 по управлінню якістю і забезпеченню якості проектно-технологічної продукції в частині відповідності вимогам нормативної документації і споживача (рис.7.5-а, рис. 7.5-б).

ПИТОМА ВАГА ОКРЕМОГО ТРАВМОНЕБЕЗПЕЧНОГО ЧИННИКА ПО ВІДНОШЕННЮ ДО ОСНОВНИХ ТРАВМУЮЧИХ ЧИННИКІВ У БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ



ДІАГРАМА РАНГІВ ПРОФЕСІЙ, НАЙБІЛЬШ СХИЛЬНИХ ДО ТРАВМАТИЗМУ



Відхилення, що допускаються, при кладці цегли (показані пунктирними лініями)

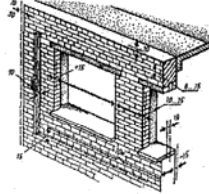
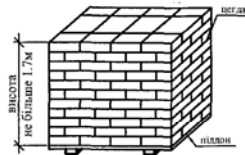


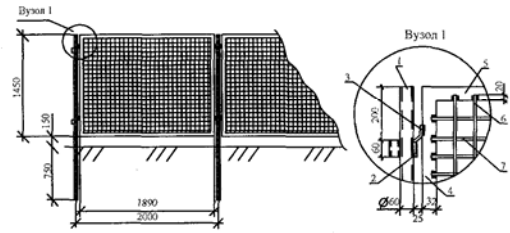
Схема складування цегли



Відомість машин, механізмів та пристосувань

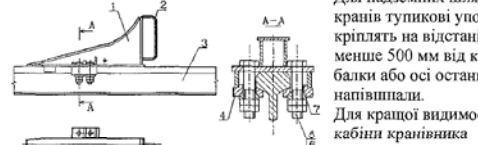
№ з/п	Найменування	Марка	Од. вимір.	Кіль-ть	Примітка
1	Агрегат для прийому, перемішування і видаті розчину кладки в ящики		шт	1	
2	Кельма кладаря	КК	шт	8	ГОСТ 9533
3	Молоток - кирочка	МКИ	шт	8	ГОСТ 11042
4	Лопата розчин	ЛР	шт	8	ГОСТ 3620
5	Метр складаний металевий		шт	4	ГОСТ 7253
6	Рівень будівельний	Ус2-300	шт	4	ГОСТ 9416
7	Рулетка металева	РС	шт	4	ГОСТ 7502-80*
8	Схил	ВІД-200	шт	12	ГОСТ 7948-80
9	Косинець дерев'яний 500x700		шт	4	ТУ 22-3949-77
10	Пила - ножівка		шт	4	ГОСТ 1435
11	Рівень гнучкий водяний		шт	4	ТУ 25-11-760-72
12	Правило контрольне	І-2м	шт	4	
13	Ящик для розчину емк. 0,25 м³	КМР-01-14	шт	4	ТУ 654-52-02 73
14	Шнур розмічальний		шт	4	ТУ 22 4629-80
15	Відро		шт	8	ГОСТ 20588
16	Молоток сталевий будівельний	МКУ	шт	6	

Огорожа колії баштового крана



- 1 - стійка; 2 - патрубок; 3 - напівскоба; 4 - рамка вертикальна;
5 - рамка горизонтальна; 6 - стрижень вертикальний; 7 - стрижень горизонтальний

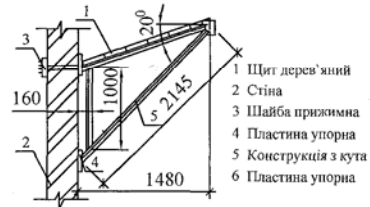
Конструкція тупикових упор НПЦ «Путь К» для баштових кранів



- 1 - червик; 2 - рукоятка; 3 - напрямна;
4 - притиск; 5,6 - болт, гайка; 7 - шайба сферична

Для надземних шляхів кранів тупикові упори кріплять на відстані не менше 500 мм від кінця балки або осі останньої напівшпali. Для крайньої видимості з кабіни кранівника тупикові упори необхідно забарвлювати у відмітний (бажано червоний) колір.

Захисний козирок



- 1 Шитт дерев'яний
2 Стіна
3 Шайба прижимна
4 Пластина упорна
5 Конструкція з кута
6 Пластина упорна

При улаштуванні козирків дотримують наступні вимоги: перший ряд козирків встановлюють на висоті не більше 6 м від землі і залишають до закінчення кладки стін на всю висоту; другий, виготовлений суцільним або з сітчастих матеріалів з осередком не більш 50x50 мм, - на висоті 6...7 м над першим, а потім по ходу кладки переставляють через кожних 6...7 м.

Перелік засобів захисту при виконанні кам'яних робіт

№ з/п	Найменування	Од. вимір.	Кіль-ть	Примітка
1	Каски будівельні	шт	8	ГОСТ 12.4.087
2	Рукавичі робочі	пара	16	ТУ 36-2103
3	Пояс запобіжний	шт	8	ТУ 36-2103
4	Риштування блочні	шт	50	Р.Ч. ЦНІОМТІ
5	Огорожа віконних та дверних отворів зовнішніх стін	шт	30	

Техніко-економічні показники

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Примітка
1	Витрати праці на весь обсяг робіт	люд-день	1073.27	
2	Витрати машино-змін на весь обсяг робіт	маш-змін	24.64	
3	Тривалість виконання робіт	дні	176	
4	Загальний об'єм виконання кам'яних робіт	м³	1577.60	
5	Вироблення 1 муляра за зміну	м³/люд.-день	1.5	

Технологічна карта на безпечну організацію виконання кам'яних робіт			
Виконав	Робоче місце	Страна	Лист
Лазаренко Л.А.			
Перевірив	Лазаренко Л.А.	1	1
ІБФО ДВНЗ ПАДАБА			

Рис. 7.5-б. Зразок технологічної карти на безпечну організацію виконання кам'яних робіт

1.3. Карта розроблена стосовно улаштування цегляних стін об'ємом 100 м³ з використанням цегли керамічної суцільної М-75 та цементно-вапняного розчину М-25.

1.4. Прив'язка технологічної карти до конкретних об'єктів і умов виконання робіт полягає в уточненні об'ємів робіт, а також необхідних трудових і матеріально-технічних ресурсів.

2. Організація і технологія будівельного процесу

2.1. До початку цегляної кладки стін повинні бути доставлені на майданчик і підготовлені до роботи баштовий монтажний кран, підмости, необхідні пристосування, інвентар і матеріали.

2.2. Доставку цегли на об'єкт здійснюють пакетами в спеціально обладнаних бортових машинах. Розчин на об'єкт доставляють розчинозмішувачем типу СБ – 69, СБ – 92 та ін. і вивантажують в установку для перемішування і видачі розчину (УБ – 342 або МС – 353).

2.3. Складування цегли передбачене на спланованому майданчику на піддонах.

2.4. Розвантаження цегли з автомашин і подачу на склад здійснюють в пакетах на піддонах, до робочого місця – стропами 4СК1-3,2/4,7; УСК1-1,6/2,0. Розчин подають на робоче місце інвентарним роздаточним бункером об'ємом 0,8 м³ в металеві ящики об'ємом 0,35 м³ із заповненням їх по 0,25 м³ розчину.

2.5. Роботи по зведенню стін з цеглини з розшиванням швів виконує бригада в наступному складі (табл. 7.7):

Таблиця 7.7

Склад бригад при роботах зі зведення стін

Працівник	1 зміна	2 зміна	3 зміна
Каменяр 4 розряд	4	4	-
Каменяр 2 розряд	4	4	-
Монтажник-такелажник 4 розряд	-	-	1
Монтажник-такелажник 2 розряд	-	-	1
Такелажник 2 розряд	2	2	-

2.6. При виробництві цегляної кладки стін використовуються інвентарні панельні риштування; для кладки зовнішніх стін в зоні сходової клітки – перехідний майданчик.

Загальну ширину робочих місць приймають рівною 2,5-2,6 м, зокрема робоча зона 60-70 см.

2.7. Роботи по виробництву цегляної кладки стін виконують в наступній технологічній послідовності: підготовка робочих місць каменярів; цегляна кладка стін з розшиванням швів.

2.8. Підготовку робочих місць каменярів виконують в наступному порядку: встановлюють риштування; розставляють на риштуваннях цеглу в кількості, необхідній для двогодинної роботи; розставляють ящики для розчину; встановлюють порядовки з вказівкою на них відміток віконних і дверних отворів і т.д.

2.9. Процес цегляної кладки складається з наступних операцій: установка і перестановка причалування; рубка і тесання цегли (в міру необхідності); подача цегли і розкладка їх на стіні; перелопачування, подача, розстилання і розрівнювання розчину на стіні; укладання цегли в конструкцію (у верстові ряди і в забутку); розшивання швів; перевірка правильності викладеної кладки.

2.10. Роботи по зведенню цегляних стін необхідно виконувати відповідно до проекту.

2.11. Товщина горизонтальних швів кладки повинна складати 12 мм, вертикальних – 10 мм. При вимушених розривах кладку необхідно виконувати у вигляді убіжної або вертикальної штраби.

2.12. При виконанні розриву кладки вертикальною штрабою в шви кладки слід закласти сітку (арматуру) з подовжніх стрижнів діаметром не більше 6 мм, з поперечних стрижнів – не більше 3 мм з відстанню до 1,5 м по висоті кладки, а також в рівні кожного перекриття.

Число подовжніх стрижнів арматури приймається з розрахунку одного стрижня на кожних 12 см товщини стіни, але не менше двох при товщині стіни 12 см.

2.13. При улаштуванні стиків арматури без зварки кінці гладких стрижнів повинні закінчуватися крюками і зв'язуватися дротом з перехлестом стрижнів на 20 діаметрів.

2.14. До початку кладки встановлюють і закріплюють кутові і проміжні порядовки. Їх виконують по схилу і нівеліру. Зарубки для кожного ряду на всіх порядовках повинні бути в одній горизонтальній площині. Порядовки встановлюються на кутах, в місцях перетину і примикання стін, а на прямих ділянках стін – на відстані 10-15 м одну від іншої. Виконавши закріплення і вивірення порядовки на кутах стін, викладають маяки у вигляді убіжної штраби. При укладанні зовнішніх стін верхній причальних шнур встановлюють для кожного ряду, натягуючи його на рівні верху цегли, що укладається, з відступом від вертикальної площини кладки на 1-2 мм.

2.15. Ряди цегли починають і закінчують викладати із зовнішньої версти. Кладку будь-яких конструкцій та їх елементів, а також укладання цегли під опорними частинами конструкцій незалежно від системи перев'язки слід починати і закінчувати рядом поперечиковим.

2.16. Кладку стіни веде ланка «двійка», що складається з каменярів 4-го та 2-го розрядів. Ланка повинна бути закріплене за виділеною йому ділянкою на весь період кам'яної кладки. Кладка ведеться з внутрішньої сторони стіни з інвентарних риштувань.

В процесі кладки стіни робота в ланці розподіляється таким чином:

2.16.1. При кладці зовнішньої версти поперечикового ряду каменяр 2-го розряду бере з пакету по дві лицьові цегли і, відступивши від краю ділянки на 50-60 см, розкладає їх на внутрішній половині стіни поперечиковими гранями паралельно стіні, по дві цеглини з інтервалом в 12-13 см між стопками, потім бере з ящика лопатою розчин і розстиляє його на зовнішній половині стіни у вигляді грядки шириною 23-24 см, завтовшки 2-2,5 см з відступом від краю

простіноків в 1,5-2 см.

Каменярь 4-го розряду веде кладку «вприжим». Кельмою він розрівнює розчин на ділянці завдовжки 50-60 см, потім лівою рукою підносить цеглину до місця укладання, а кельмою в правій руці загібає частину розчину в стороні від ліжка, підготовленого під цеглу, що укладається, і наносить його на ложкову грань, після чого притискує цеглину до раніше укладеної, притискуючи її до полотна кельми і одночасно правою рукою витягає кельму. Натисненням цеглини, що укладається, каменярь утворює з розчину вертикальний поперечний шов. Укладену цеглину каменярь осаджує до рівня раніше укладених натисненням лівої руки і легким постукуванням ручкою або полотном кельми. Вичавлений на поверхню стіни розчин каменярь підрізає кельмою і закидає в ліжко розчину.

2.16.2. При кладці внутрішньої версти ложкового ряду каменярь 2-го розряду розкладає звичайну цеглину на зовнішній версті в тому ж порядку, як і для кладки зовнішньої версти ложкового ряду. Потім розстилає розчин на внутрішній половині стіни для кладки внутрішньої версти і забутки. Кладку внутрішньої версти ложкового ряду каменярь 4-го розряду веде «вприсик», загібаючи розчин поперечиковою гранню цеглини в тому ж порядку, як і для зовнішньої версти. За наявності отворів каменярь 4-го розряду закладає в кладку просмолені пробки.

2.16.3. При кладці зовнішньої версти ложкового ряду каменярь 2-го розряду бере з пакету по дві лицьові цеглини і, відступивши на 50-60 см від краю ділянки, розкладає їх на внутрішній половині стіни ложковими гранями паралельно осі стіни, стопками по дві цеглини з інтервалом в одну цеглину між стопками. Потім розстилає розчин на зовнішній версті у вигляді грядки шириною 10-11 см, завтовшки 2-2,5 см. Каменярь 4-го розряду веде кладку зовнішньої версти «вприжим», обмежуючи її на кінці ділянки убіжною штрабою.

2.16.4. При кладці внутрішньої версти поперечникового ряду каменярь 2-го розряду розкладає звичайну цеглину на зовнішній версті, не відступаючи від краю ділянки, і розстилає розчин на внутрішній половині стіни в тому ж порядку, що і для зовнішньої версти. Каменярь 4-го розряду веде кладку «вприсик». Розрівнюючи розчин кельмою і тримаючи цеглину в лівій руці в похилому положенні, він ложковою гранню загібає частину розчину з ліжка на відстані 5-6 см від раніше укладеної цеглини. Поступово виправляючи положення цеглини до горизонтального, каменярь просуває його з розчином до раніше укладеної цеглини, утворюючи вертикальний шов, і обсаджує цеглину на ліжку розчину до рівня раніше укладених натисненням руки і постукуванням ручкою або полотном кельми. Вичавлений на поверхню стіни розчин він підрізає кельмою і закидає в ліжко розчину.

2.16.5. При кладці забутки каменярь 2-го розряду, слідуючи за каменярем 4-го розряду, що викладає внутрішню версту ряду, бере з пакету по цеглині в кожену руку і укладає їх в забутку способом «вполуприсик». Для цього, тримаючи цеглу майже навзнаки, загібає їх ложковими гранями розчин для часткового заповнення вертикального шва і щільно притискує до ліжка розчину

так, щоб верхня площина укладених в забутку цегли була на одному рівні з верстовими. Повністю вертикальні шви заповнюються при розстиланні розчину для наступного по висоті ряду кладки. Каменяр 4-го розряду, закінчивши внутрішню версту, переходить на укладання цегли в забутку, а каменяр 2-го розряду подає йому цеглу.

Розшивання швів здійснюється каменярем 2-го розряду одночасно з кладкою, причому спочатку розшиваються горизонтальні шви, а потім вертикальні. Операція розшивання швів виконується в два прийоми: спочатку широкою частиною розшивання, а потім вузькій після тієї, що затерла поверхні шва дрантям.

2.17. Зведення стін в зимових умовах.

Кладку кам'яних конструкцій в зимових умовах слід виконувати на цементних, цементно-вапняних і цементно-глинистих розчинах.

Склад будівельного розчину заданої марки для зимових робіт, рухливість розчину і терміни збереження рухливості встановлює заздалегідь будівельна лабораторія.

Зведення стін і стовпів по периметру будівлі і в межах між осадковими швами слід виконувати рівномірно, не допускається розриви по висоті більш ніж на 1/2 поверху.

При кладці глухих ділянок стін і кутів розриви допускаються заввишки не більше 1/2 поверху і виконуються штрабою.

Не допускається при перервах в роботі укладати розчин на верхній ряд кладки. Для оберігання від обмерзання і занесення снігом на час перерви в роботі верх кладки слід накривати.

Конструкції стін з цегли в зимових умовах допускається зводити наступними способами:

- з протиморозними добавками на розчинах не нижче марки 50;
- на звичайних (без протиморозних добавок) розчинах з подальшим своєчасним зміцненням кладки прогріванням;
- способом заморожування на звичайних (без протиморозних добавок) розчинах не нижче марки 10 за умови забезпечення достатньої здатності несучої конструкцій в період відтавання (при нульовій міцності розчину).

Застосування розчинів з протиморозними добавками для конкретного виду кам'яних конструкцій повинне бути узгоджене з проектною організацією.

Кладку на розчинах з хімічними добавками ведуть на відкритому повітрі так само, як і кладку способом заморожування на звичайних підігрітих розчинах, але з обов'язковим дотриманням вимог спеціальних інструкцій.

Суміш розчину з хімічними добавками у момент укладання повинна мати температуру не нижче 5 °С. Замерзлий, а потім відігрітий гарячою водою розчин використовувати забороняється.

Кладку способом прогрівання конструкцій необхідно виконувати з дотриманням наступних вимог:

- утеплена частина споруди повинна обладнатися вентиляцією, що забезпечує вологість повітря в період прогрівання не більше 70 %;
- вантаження прогрітої кладки допускається тільки після

контрольних випробувань і встановлення необхідної міцності розчину відігрітої кладки;

- температура усередині частини будівлі, що прогривається, в найбільш охолоджених місцях – у зовнішніх стін на висоті 0,5 м від підлоги – повинна бути не нижче 10 °С.

Глибина відтавання кладки, тривалість відтавання, міцність розчинів, що тверднуть при різних температурах, приймається відповідно до ДБН В.2.1-10:2018.

Способом заморожування на звичайних (без протиморозних добавок) розчинах, протягом зимового періоду, при відповідному обґрунтуванні розрахунком, дозволяється зводити будівлю висотою не більше чотирьох поверхів і не вище 15 м.

При кладці способом заморожування розчинів (без протиморозних добавок) необхідно дотримувати наступні вимоги:

- виконувати роботи слід одночасно по всій захватці;
- щоб уникнути замерзання розчину, його слід укладати не більше ніж на дві суміжні цеглини при виконанні версти і не більше ніж на 6-8 цегли при виконанні забутування;
- на робочому місці муляра допускається мати запас розчину не більше ніж на 30-40 хв. Ящик для розчину необхідно утепляти або підігрівати. Використання замерзлого або відігрітого гарячою водою розчину не допускається.

Температура розчину у момент його укладання повинна відповідати показникам, приведеним в табл. 7.8.

Таблиця 7.8

Температура розчину в момент його укладання

Температура повітря	Позитивна температура розчину °С, на робочому місці для кладки стін з цегли	
	при швидкості вітру, м/с	
	до 6	понад 6
до – 10 °С	5	10
від – 11 °С до – 20 °С	10	15
нижче – 20 °С	15	20

Перед настанням відлиги до початку відтавання кладки слід передбачити заходи щодо розвантаження, тимчасового кріплення або посилення перенапружених її ділянок (стовпів, простінків). З перекриттів необхідно видалити випадкові навантаження.

3. Вимоги до якості і приймання робіт

Контроль якості робіт по улаштуванню стін повинен здійснюватися спеціальними службами, що створюються в будівельній організації і оснащені технічними засобами, що забезпечують необхідну достовірність і повноту контролю.

Контроль якості робіт повинен включати вхідний контроль робочої

документації, конструкцій, матеріалів і устаткування; операційний контроль виробництва робіт по пристрою стін і приймальний контроль якості стін.

3.3. Вхідний контроль:

3.3.1. Підприємство-виробник зобов'язане супроводжувати партію цеглини документом, що задовольняє якість, в якій указується:

- номер і дата видачі документа;
- найменування і адреса підприємства-виробника;
- найменування і умови позначення продукції;
- номер партії і кількість відвантаженої продукції;
- дані про результати випробувань по водопоглинанню;
- позначення стандарту на цеглину.

Не менше 20 % цеглини в партії повинні мати на одній з граней відтиснення-клеймо підприємства-виробника.

3.3.2. Відхилення від встановлених розмірів і показників зовнішнього вигляду цеглини не повинні перевищувати на одному виробі (ДСТУ Б.В. 2.7-61-97):

3.3.3. Загальна кількість цегли з отбитостями, що перевищує допустимі (п.п. 3.3.2), повинно бути не більше 5 %.

Кількість половинок цегли в партії повинна бути не більше 5 %.

3.4. Операційний контроль якості робіт по пристрою перегородок виконують відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення, ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування», ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування», ДБН В.2.6-161:2017 «Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення», ДБН В.2.6-160:2010 «Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення», ДБН В.2.6-162:2010 «Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення», ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування».

Вертикальність граней і кутів кладки, горизонтальність її рядів необхідно перевіряти по ходу виконання кладки (через 0,5-0,6 м) з усуненням виявлених відхилень в межах ярусу.

3.5. Приймання виконаних робіт по зведенню цегляних стін необхідно після обштукатурювання внутрішніх поверхонь.

Елементи кам'яних конструкцій, прихованих в процесі виробництва будівельно-монтажних робіт, слід приймати по документах, що засвідчують їх відповідність проекту і нормативно-технічній документації.

При прийманні закінченої роботи необхідно перевіряти: правильність перев'язки швів, їх товщину і заповнення, а також горизонтальність рядів кладки; геометричні розміри і положення.

3.5.3. Перелік технологічних процесів, що підлягають контролю, з вказівкою предмету контролю, способу і інструменту контролю, час проведення контролю, відповідального за контроль, технічних критеріїв оцінки якості приводяться в табл. 7.9.

Таблиця 7.9

Перелік технологічних процесів, що підлягають контролю

Найменування технологічних процесів, що підлягають контролю	Предмет контролю	Спосіб контролю	Норматив	Час проведення контролю	Відповідальний за контроль	Технічні характеристики оцінки якості
1	2	3	4	5	6	7
Улаштування цегляних стін	товщина стін	вимірник, журнал робіт, лінійка 150, рулетка	ДСТУ ГОСТ 427-2009, ГОСТ 7502-89	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	±15 мм
	відмітки опорних поверхонь	вимірник, геодезична виконавча схема	-	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	-15 мм
	ширина простінків	вимірник, журнал робіт, лінійка 150, рулетка	ДСТУ ГОСТ 427-2009, ГОСТ 7502-89	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	-10мм
	товщина швів	вимірник, журнал робіт, горизонтальний і вертикальний	ДСТУ ГОСТ 427-2009	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	-2; +3 мм 2; +2 мм
	ширина отворів	вимірник, журнал робіт, лінійка 150, рулетка	ДСТУ ГОСТ 427-2009, ГОСТ 7502-89	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	+15 мм
	зсув вертикальних осей віконних отворів від вертикалі	вимірник, виконавча схема, рулетка	ГОСТ 7502-89	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	20 мм
	зсув осей перегородок від розбивочних осей	вимірник, виконавча схема, рулетка	ГОСТ 7502-89	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	10 мм

1	2	3	4	5	6	7
Улаштування цегляних стін	відхилення поверхні і кутів кладки на один поверх; на будівлю більш одного поверху	вимірник, геодезична виконавча схема	-	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	10 мм 30 мм
	відхилення рядів кладки від горизонталі на 10 м довжини	технічний огляд, геодезична виконавча схема	-	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	15 мм
	нерівності вертикальної поверхні кладки при накладенні рейки довжиною 2м	технічний огляд, журнал робіт	-	в процесі виробництва робіт	майстер, виконроб	10 мм

4. Безпека праці, екологічна і пожежна безпека

4.1. Роботи по улаштуванню цегляних стін із затиранням швів необхідно вести відповідно до вимог ДБН А.3.2-2:2009 ССБТ «Охорона праці і промислова безпека в будівництві Основні положення».

4.2. Допуск робочих до виконання цегляної кладки з риштувань вирішується після огляду виконробом або майстром спільно з бригадиром справності несучих конструкцій риштувань.

4.3. Піддони, контейнери і вантажозахватні засоби повинні виключати падіння вантажу при підйомі.

4.4. Риштування не можна перенавантажувати матеріалами понад встановлене розрахункове навантаження. Матеріали укладаються так, щоб вони не заважали проходу робочих. Між штабелями матеріалів і стіною залишають робочий прохід шириною не менше 60 см. Зазор між стіною і робочим настилом риштувань не повинен перевищувати 5 см.

Всі настили риштувань висотою більше 1,3 м захищаються поручнями заввишки не менше 1 м. Для підйому робочих на риштування встановлюються драбини з поручнями.

За станом всіх конструкцій риштування встановлюється систематичне спостереження. Щодня після закінчення роботи риштування очищаються від сміття. Стан риштувань щодня перед початком зміни перевіряються майстром і бригадиром.

Кладку нового ярусу стін виконують так, щоб рівень її після кожного переміщення риштувань знаходився на 15 см вище попереднього. Необхідно стежити, щоб матеріали і інструмент не залишались на стінах під час перерв.

4.5. Робочі, зайняті на пристрої цегляної кладки, повинні бути забезпечені

спецодягом, спецвзуттям і іншими засобами індивідуального захисту в кількості не менш встановлених норм.

4.6. На місцях виробництва робіт повинні бути питна вода і аптечка для надання першої медичної допомоги.

4.7. Місця виконання робіт повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння відповідно до Правил пожежної безпеки України.

На об'єкті повинна бути призначена особа, відповідальна за збереження і готовність до дії первинних засобів пожежогасіння.

Всі працівники повинні уміти користуватися первинними засобами пожежогасіння.

4.8. Перед початком робіт територія будівництва об'єкту повинна бути підготовлена з визначенням місць установки побутових приміщень, місць складування матеріалів і контейнерів для збору сміття.

Проходи і підступи до евакуаційних виходів повинні бути завжди вільні.

Все будівельне сміття повинне віддалятися в спеціально підготовлені контейнери. Не допускається скидати його без спеціальних пристроїв.

4.9. В період природного відтавання і твердіння розчину в кам'яних конструкціях, виконаних методом заморожування, слід встановлювати постійні спостереження за ними.

4.10. Перебування в будівлі осіб, що не беруть участь в заходах щодо забезпечення стійкості конструкцій, не допускається.

4.11. Не допускається кладка стін в положенні стоячи на стіні.

4.12. Не допускається кладка стін подальшого поверху без установки конструкцій міжповерхового несучого перекриття, а також майданчиків і маршів в сходових клітках.

4.13. При кладці стін заввишки більше 7 м необхідно застосовувати захисні козирки по периметру будівлі, що задовольняють наступним вимогам:

- ширина захисних козирків повинна бути не менше 1,5 м, і вони повинні бути встановлені з ухилом до стіни так, щоб кут, що утворюється між нижньою частиною стіни будівлі і поверхнею козирка, був 110° , а зазор між стіною будівлі і настилем козирка не перевищував 50 мм;

- захисні козирки повинні витримувати рівномірно розподілене снігове навантаження, встановлене для даного кліматичного району, і зосереджене навантаження не менше 1600 Н (160 кгс), прикладену в середині прольоту;

- перший ряд захисних козирків повинен мати суцільний настил на висоті не більше 6 м від землі і зберігатися до повного закінчення кладки стін, а другий ряд, виготовлений суцільним або з сітчастих матеріалів з осередком не більше 50x50 мм, – встановлюватися на висоті 6-7 м над першим рядом, а потім по ходу кладки переставлятися через кожних 6-7 м.

4.14. Робочі, зайняті на установці, очищенні або знятті захисних козирків, повинні працювати із запобіжними поясами.

Ходити по козирках, використовувати їх як риштування, а також складати на них матеріали не допускається.

4.15. Без улаштування захисних козирків допускається вести кладку стін заввишки до 7 м з позначенням небезпечної зони по периметру будівлі.

5. Матеріально-технічні ресурси

5.1. Потреба в основних матеріалах, необхідних для улаштування цегляних стін товщиною в 2,5 цеглини визначається на підставі «Нормативних показників витрати матеріалів» і приведена в табл. 7.10.

Таблиця 7.10

Потреба в основних матеріалах

№ п/п	Найменування матеріалів	Початкові дані					Витрати на 100 м ³
		од. вим.	обґрунтування норм витрати згідно ДБН Д.2.2-8-99	одиниця вимірювання по нормі	об'єм робіт в нормативних одиницях	норма витрати	
1	Вода	м ³	142-0010-2	1 м ³ кладки	1	0,046	4,6
2	Розчин готова кладка важкий цементний - вапняний, марка М25	м ³	1425-11687	1 м ³ кладки	1	0,24	24
3	Цеглина керамічна, силікатна або порожниста	1000 шт	за проектом	1 м ³ кладки	1	0,4	40

5.2 Потреба в машинах, механізмах, устаткуванні, інструменті, інвентарі та пристосуваннях наведено в табл. 7.11.

Таблиця 7.11

Відомість машин, механізмів, устаткування, інструментів і пристосувань

№ п/п	Найменування	Марка	Од. вим.	К-ть	Примітка
1	2	3	4	5	6
1	Агрегат для прийому, перемішування, видачі розчину в ящики	-	шт	1	-
2	Кельма для кам'яних робіт	КК	шт	8	ГОСТ 9533-81
3	Молоток - кірочка	МКІ	шт	8	ГОСТ 11042-90
4	Лопата розчин	ЛР	шт	8	ГОСТ 19596-87
5	Метр сталевий доладної	-	шт	4	ГОСТ 7502 -89
6	Рівень будівельний	Ус2-300	шт	4	ГОСТ 9416-83
7	Рулетка металева	РС	шт	4	ГОСТ 7502 -89
8	Схил сталевий будівельний	ОС-200	шт	12	ГОСТ 7948-80
9	Косинець дерев'яний	-	шт	4	ТУ 22-3949-77
10	Пи́ла-ножі́вка	-	шт	4	ГОСТ 1435-99
11	Рівень гнучкий (водяний)	-	шт	4	ТУ 25-11-760-72
12	Правило контрольне	l=2м	шт	4	-
13	Ящик для розчину ємн. 0,25 м ³	КМР-01-14	шт	4	ТУ 654-52-02-73

Продовження таблиці 7.11

1	2	3	4	5	6
14	Шнур причальний	-	шт	4	ТУ 22-4629-80
15	Відро	-	шт	8	ГОСТ 2055-88
16	Молоток сталевий будівельний	МКУ	шт	6	-
17	Каска будівельна	-	шт	8	ССБТ. ГОСТ 12.4.087
18	Рукавиці	-	пара	16	ТУ 36-2103
19	Пояс строповочний	-	шт	8	ТУ 36-2103
20	Підмости шарнірно-панельні	-	шт	50	-
21	Огородження віконних та дверних отворів зовнішніх стін	-	шт	30	-

6. Техніко-економічні показники

6.1. Трудомісткість виконання робіт визначено в калькуляції трудових витрат і наведено в табл. 7.12.

Таблиця 7.12

Техніко-економічні показники

№ з/п	Найменування	Од. вим.	К-ть	Примітка
1	Об'єм робіт	м ³	1577,6	
2	Витрати праці на весь об'єм робіт	люд - день	1073,27	
3	Витрати праці машинного часу на весь об'єм робіт	маш - зм	24,64	
4	Тривалість виконання робіт	дні	176	
5	Вироблення 1 каменяра в зміну	м ³ /люд-день	1,5	

7.4. Покрівельні роботи

7.4.1. Проектування проведення покрівельних робіт

Виробничі небезпеки при виконанні покрівельних робіт можуть бути пов'язані з можливістю падіння людей з висоти, приготуванням, транспортуванням і нанесенням гарячих бітумних мастик. Необхідно також враховувати можливість опіків (характерних травм для покрівельників), шкідливий вплив на організм людини токсичних матеріалів, що входять до складу покрівельних мастик і емульсій. Тому при розробці технологічних карт необхідно передбачати: способи огорожування робочих місць (ДСТУ Б В.2.8-43:2011 (ГОСТ 23407-78, MOD) Огородження інвентарні будівельних площ та ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови, ДСТУ-Н Б А.3.2-16:2015 Настанова щодо влаштування суцільних захисних огорожень при зведенні каркасно-монолітних будівель); раціональні засоби підмоцнення (ДСТУ Б В.2.8-39:2011 Засоби підмоцнення. Загальні технічні умови); способи безпечного приготування бітумних мастик (ГОСТ 12.1.005-88, ДСТУ-Н БА 3.2-1:20-7 Настанова щодо визначення шкідливих і небезпечних факторів); засоби індивідуального захисту (ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та

класифікація, ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) (с 01.07.2019), ГОСТ 12.4.087-84, ГОСТ 12.4.089-86, ГОСТ 12.3.040-86).

При справному парашютному огорожуванні і схилі покрівлі менше 20° застосування запобіжних поясів не потрібно. Для виконання робіт на плоских дахах без постійних огорож необхідно встановлювати тимчасові переносні запобіжні сітчасті екрани висотою 1 м, які кріпляться до балок, покрівлі струбцинами або іншим пристосуванням. При виконанні робіт на даху схилом більше за 20° робітники забезпечуються запобіжними поясами, страхувальними канатами, нековзним взуттям. Місця кріплення запобіжних поясів повинні бути вказані керівником робіт.

Для проходу працюючих на покрівлі з схилом більше за 20°, а також на дах з покриттям, не розрахованим на навантаження від ваги працюючих, на мокрій або покритій інеєм (снігом) покрівлі необхідно влаштувати трапи шириною не менше за 0,3 м з поперечними планками для упора ніг. Трапи повинні бути надійно укріплені.

Не допускається виконання робіт на покрівлі під час ожеледі, туману, що спричиняє пониження видимості в межах фронту робіт, грози і вітру швидкістю 15 м/с і більше.

Покриття оголовків димарів і установку парасольок вентиляційних шахт необхідно вести з горизонтальних настилів, що укладаються на обрешетку, користуватися приставними сходами забороняється. При висоті оголовків димарів і вентиляційних шахт більше за 1,5 м над поверхнею покрівлі, покриття виконується з стійких підмостків, а робітники забезпечуються запобіжними поясами. Підмостки на даху повинні бути надійно закріплені розчалочними тросами.

Покриття карнизних звісів, навіску і заміну водостічних воронок потрібно вести з випускних лісів, підвісних люльок або пересувних вишок.

Особлива увага приділяється складуванню матеріалів на покрівлі, яке повинно проводитися тільки в тих місцях і кількостях, які передбачені проектом виконання робіт. При цьому передбачаються заходи проти їх падіння, в тому числі і під впливом вітру. Запас матеріалу не повинен перевищувати змінної потреби. Під час перерв у роботі технологічні пристрої, матеріали та інструмент повинні бути закріплені або прибрані з даху.

Вся заготівля елементів (деталі покрівлі, захисні фартуки, ланки водостічних труб, звіси, зливи і т.п.) проводиться тільки на відведених ділянках внизу. Всі деталі і вузли подаються на покрівлю в зібраному вигляді в положенні, близькому до проектного.

При очищенні металевої покрівлі від старої фарби і іржі електрощіткою необхідно заземляти її корпус, а проводи, що підводять струм, брати в гумові трубки. Працюючим з електрощіткою, необхідно одягати м'яке взуття і прив'язуватися до конструкцій даху. Електрощітка також закріплюється страхувальним канатом.

Щоб уникнути доступу людей в зону можливого падіння з покрівлі матеріалів, інструмента, тари і стікання мастики, необхідно над місцями проходу людей влаштовувати суцільні захисні, у вигляді галерей, козирки і т.п., а по периметру будівлі, встановлювати на землі обгороджування небезпечних зон, згідно зі ДБН А.3.2-2:2009 ССБТ «Охорона праці і промислова безпека в будівництві Основні положення».

У ряді випадків потрібний спеціальний розрахунок меж небезпечних зон з урахуванням впливу всіх можливих чинників. Межа небезпечної зони (O_3 , м), що виникає при падінні предметів поблизу будівлі, що будується, може бути визначена за формулою $O_3 = 0,3 H$ м (див. розділ 4.3).

Одним із складових елементів обладнання рулонних покрівель є приготування мастики. Грунтовки, гарячі і холодні мастики, готуються централізовано, доставляються на об'єкт в готовому вигляді і подаються до робочих місць по бітумопроводу або за допомогою вантажопідіймальних машин.

Покрівельні роботи із застосуванням бітумів відносяться до процесів, пов'язаних з виділенням шкідливих речовин. При зниженні температури мастики з 230 °С до 180 °С виділення шкідливих речовин зменшується на 35-40% на робочих місцях покрівельників. Тому дозволяється працювати тільки з мастиками з температурою не вище за 180 °С. Робітники, зайняті на приготуванні гарячої бітумної мастики, забезпечуються захисними окулярами, респіраторами, гумовими чобітьми і захисним спецодягом. Вони обов'язково проходять щорічний медичний огляд, а до початку робіт – інструктаж. Допуск сторонніх осіб до місця провадження робіт забороняється.

Місця варіння і розігрівання бітуму повинні бути віддалені від дерев'яних будівель і складів не менш ніж на 50 м і біля кожного варильного казана повинен знаходитися комплект протипожежних засобів. Якщо для цих цілей використовується декілька казанів, то відстань між ними повинна бути не менше за 5 м. Бітумні суміші всередині приміщень потрібно підігрівати в електричних бачках. Забороняється застосовувати прилади з відкритим вогнем.

Казани для варення і розігрівання покрівельних бітумних сумішей обладнуються приладами для виміру температури, забезпечуються вогнетривкими кришками, що щільно закриваються і закріплюються. Заповнення казанів допускається не більше ніж на 3/4 їх місткості. Над казаном повинен бути влаштований вогнетривкий навіс для захисту від попадання атмосферної вологи. Щоб уникнути викиду розплавленого бітуму, не можна допускати попадання в нього води, льоду, снігу, тому наповнювач, що завантажується в казан, повинен бути сухим.

Розігрітий для приготування грунтовки (праймера) бітум можна підносити до місця зберігання бензину тільки після охолодження до 70 °С. Змішувати розігрітий бітум з бензином допускається на відстані не менше за 50 м від місця його розігрівання. При приготуванні грунтовки розплавлений бітум вливається в розчинник невеликими порціями, а не навпаки, з перемішуванням тільки деревинною мішалкою.

Якщо бітум (або праймер) подається на покрівлю вручну, застосовуються

металеві баки в формі усіченого конуса, зверненого широкою частиною вниз, з кришками, що щільно закриваються, і запірними пристроями. При цьому баки, як і казан для розігрівання бітуму, заповнюються не більш ніж на 3/4 об'єму. Для прийому бачків з розігрітою мастикою на похилій покрівлі влаштовується спеціальний майданчик з горизонтальним, рівним, щільним, жорстким настилом.

При організації трудового процесу необхідно, щоб покрівельники знаходилися тільки з навітряної сторони і площа відкритої поверхні мастики з урахуванням випередження підготовки мастичної основи під полотно руберойду, що приклеюється, була не більше за 0,6 м². Щоб не допускати роботи в зогнутому положенні, що приводить до швидкого стомлювання і підвищеного поглинання шкідливих речовин, покрівельна скребачка повинна мати довжину ручки не менше за 1,8 м.

Якщо роботи з гарячим бітумом виконуються декількома робітниками і ланками, то відстань між ними повинна бути не менше за 10 м. Місця робіт з гарячою бітумною масою, а також проходи і підходи до них повинні бути добре освітлені.

Виконання покрівельних робіт газополум'яним способом здійснюється тільки по наряді-допуску.

При використанні в конструкції покрівлі горючих і важкогорючих утеплювачів наклеювання бітумних рулонних матеріалів газополум'яним способом дозволяється тільки на улаштованій цементно-піщаній або асфальтовій стяжці.

При виконанні покрівельних робіт газополум'яним способом газові балони повинні встановлюватися вертикально і закріплюватися у спеціальних стояках. Візки-стійки з газовими балонами дозволяється встановлювати на поверхні покрівлі, які мають уклін до 25 %. При виконанні робіт на покрівлі з більшим уклоном для стояків із балонами необхідно улаштовувати спеціальні майданчики.

Забороняється тримати в безпосередній близькості від місця виконання робіт із застосуванням пальників легкоспалахуючі і вогненебезпечні матеріали.

7.4.2. Технологічна карта на улаштування покрівель з матеріалів, що наплавляються

Область застосування

Технологічна карта розроблена на вимірник кінцевої продукції – 100 м² покрівельного покриття.

Картою передбачено улаштування покрівлі з рулонного матеріалу, що наплавляється, безвогневим способом.

Організація і технологія будівельного процесу

Роботи повинні виконуватися відповідно до робочих креслень і проекту виробництва робіт.

При проектуванні і улаштуванні покрівлі із застосуванням рулонного

матеріалу, що наплавляється, повинні виконуватися вимоги ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд; ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013 Настанова щодо проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд (СНиП 3.04.01-87, MOD) ; ДСТУ Б А.3.2-11:2009 Система стандартів без безпеки праці. Роботи покрівельні та гідроізоляційні. Вимоги безпеки; ДБН А.3.2-2:2009 ССБТ «Охорона праці і промислова безпека в будівництві Основні положення»; НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України»; ДБН В.1.1.7: 2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

До початку улаштування покрівлі повинні бути виконані і прийняті:

- всі будівельно-монтажні роботи, включаючи замонолічування швів між збірними залізобетонними плитами, установку і закріплення до несучих плит водостічних ворон, компенсатори деформаційних швів, патрубків для пропуску інженерного устаткування, антисептимованих дерев'яних брусків (або рейок) для закріплення ізоляційних шарів і захисних фартухів;

- шари паро- і теплоізоляції, вирівнюючи стягування. Після ухвалення перерахованих робіт повинна бути проведена контрольна перевірка ухилів і рівності основи під покрівлю на всіх поверхнях, включаючи карнизні ділянки покрівель.

Перевірочні роботи повинні включати:

- дотримання проектних ухилів від вододілу та інших вищих відміток ската крівлі до самих нижчих – водостічних – ворон. Для цього слід встановити нівелір між вододілом і водостічною воронкою і за допомогою рейки визначити їх відмітки. Ухили визначаються відношенням перевищення відміток воронки над точками на вододілі до відстані між точками, що заміряються. Якщо опиниться, що ухил основи менше проектного або виявлені контрухили (зворотні ухили), необхідно виправити стяжку, довівши всі відмітки до проектних значень;

- перевірку рівності всієї поверхні проводять шляхом натягнення шнура між точками вододілу і низькою точкою біля воронки, або фуговою триметровою рейкою, що прикладається до поверхні стягування вздовж і поперек ската; просвіт між поверхнею основи і рейкою не повинен перевищувати 5 мм.

Технологічна карта передбачає улаштування покрівлі з руберойду, що наплавляється, по залізобетонних плитах (ухил 2,5-6 %) із застосуванням холодної мастики для наклепки рулонного килима. Вона включає наступні роботи:

- ґрунтування основи;
- наклепка двошарового рулонного килима;
- улаштування захисного шару з гравію;
- вертикальне і горизонтальне транспортування матеріалів.

До початку робіт по улаштуванню основного покрівельного покриття повинні бути виконані наступні роботи:

- здійснена перевірка правильності виконання основи під рулонну покрівлю і складений акт на сховані роботи;

- видалена вода з даху і просушена основа під рулонний килим;
- очищена від будівельного сміття і пилу поверхня, на яку наклеюють водоізоляційний килим;

- підготовлені і встановлені в зоні роботи бригади покрівельників механізми, інвентар, пристосування і засоби безпечного виконання робіт.

Всі будівельні матеріали на покрівлю подають даховим краном К-1.

По покрівлі матеріали розвозять на універсальному візку ЦНПОМТП.

Підготовлену поверхню ґрунтують мастикою. Мاستику готують на об'єктних вузлах, оснащених необхідним устаткуванням, з нафтових бітумів БН-90/130, БНК-90/30 і розчинника (уайт-спирит, керосин).

Ґрунтування слід виконувати ретельно, суцільним шаром, без пропусків. Склад ґрунтовки наносять по всій ізольованій поверхні в два шаруючи: кожен подальший – після висихання і припинення підлипання попереднього. Подача складу ґрунтовки до місця роботи передбачається пересувною установкою ПКУ-35М або будь-якою аналогічною установкою.

Витрати ґрунтовки – 0,2 кг/м².

Рулонний килим дозволяється наклеювати через 24 години після ґрунтування основи.

Наклейку проводять таким чином:

- кінець рулону завдовжки близько 0,5 м змочують мастикою і кріплять до основи або шару килима, що пролягає нижче;

- рулон розкочують за допомогою катка-розкочувача ІР-835 і одночасно змочують мастикою як сам рулон, так і смугу, що приклеюється;

- мастику слід наносити вудкою, не змочуючи при цьому зовнішню поверхню розкочуваного рулону;

- через 7-15 хвилин після нанесення мастики укладене полотнище тричі накочують катком ІР-835.

Для улаштування покрівельного килима з руберойду, що наплавляється, безвогневим (холодним) способом застосовують наступні механізми і пристосування:

- пересувну покрівельну установку для подачі і нанесення мастики ПКУ-35М;

- каток для розкочування і накочення рулонного матеріалу ІР-835;

- установку для нанесення мастики з вудкою-розпилювачем СО-21А.

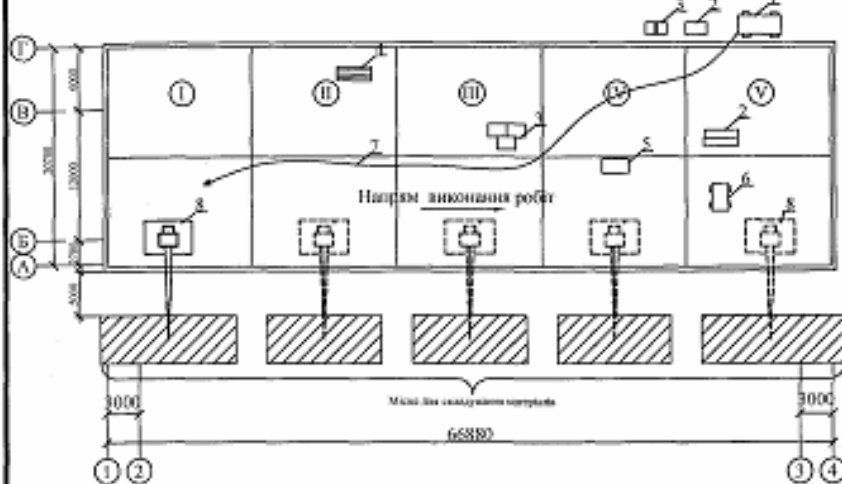
Кількість мастики, що наноситься, повинна складати 0,6-0,8 кг/м².

Особливо ретельно слід приклеювати початок і кінець полотнища, а також його кромки.

Шар килима руберойду, що наплавляється, наклеюють в напрямі від знижених місць до підвищених з розташуванням полотнищ перпендикулярно стоку води. Величина зашморгування полотнищ рулонного килима вздовж і поперек складає 70-100 мм.

Додатковий гідроізоляційний килим в місцях примикань, а також в розжолобках виконують із заздалегідь підготовлених шматків полотнищ руберойду, що наплавляється.

Схема виконання покрівельних робіт



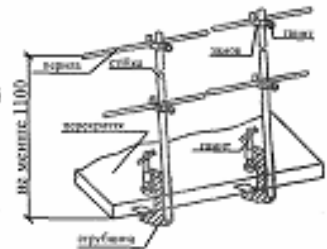
Умовні позначення

- 1 - компресор
- 2 - контейнер
- 3 - піддон
- 4 - рулон поліетиленової плівки
- 5 - ящик для розчину
- 6 - газоплавлена установка
- 7 - шланг повітряний
- 8 - крановий кран

Основні технологічні процеси

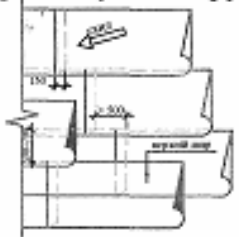
- Ⓘ - підготовка основи
- Ⓜ - улаштування пароізоляції
- Ⓢ - укладка утеплювача
- Ⓝ - улаштування цементно-піщаної стяжки
- Ⓟ - улаштування руберойдного покриття

Конструкція інвентарної огорожі робочих зон по периметру перекриття



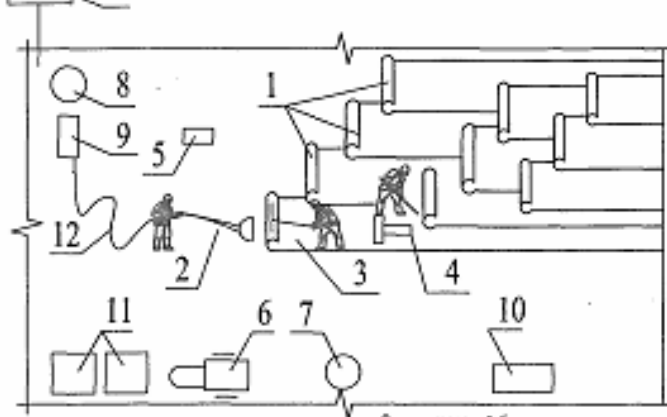
Для створення безпечних умов праці покрівельників при роботі на перекритті при виконанні покрівельних робіт

Схема розкочування рулонів



Безпечна організація робочого місця

13 ланки покрівельників



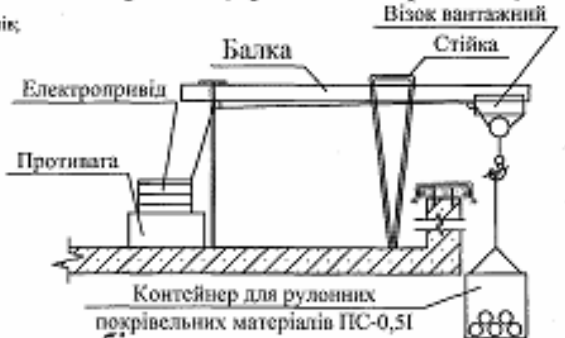
- 1 - рулон руберойду, розкочений насухо;
 - 2 - вудочка-форсулка;
 - 3 - розкочувач;
 - 4 - каток для прикочування руберойду;
 - 5 - запасник;
 - 6 - візок для перевезення рулонів;
 - 7 - смітник для збирання соромішки;
 - 8 - живильний басейн;
 - 9 - компресор;
 - 10 - протипожежний візок;
 - 11 - контейнер для рулонних матеріалів;
 - 12 - шланги;
 - 13 - знаки безпеки;
- робочі місця покрівельників.

Розвантаження контейнера на даху



Покрівельник по черзі бере з контейнера рулон руберойду і укладає їх на дах на відстані 1,2-1,5 м від контейнера.

Засіб механізації для подачі матеріалів на покрівлю (крановий К-1)



Графік виробництва покрівельних робіт

№ з/п	Назва будівельних процесів (операцій)	Обсяг робіт	Оборотні кошти (КЗПВ)	Норматив		Трудоемісткість		Механізація		Кількість робітників	Кількість год.	Тривалість
				кв.м/год.	ман. год.	кв.м/год.	кв.м/год.	Найменування	Ціна			
1	Встановлення сідельної мережі	1 кран	1,00	С 28-2-21	12,50	-	1,56	-	-	6	1	0,5
2	Встановлення основи під стяжку	180 кв.м	13,84	С7-4	9,41	-	0,71	-	-	2	1	9,5
3	Простування вологих місць на даху (розвантаження)	180 кв.м	13,84	С7-4	8,68	-	14,88	-	-	2	1	7,0
4	Улаштування пароізоляції	180 кв.м	13,84	С7-13	3,9	-	8,73	-	-	2	1	3,5
5	Улаштування теплоізоляції	180 кв.м	13,84	С7-14	5,7	-	9,36	-	-	2	1	5
6	Улаштування цементно-піщаної стяжки	180 кв.м	13,84	С7-15	6,8	-	13,76	-	-	2	1	6
7	Трункування вологих місць на даху	300 кв.м	13,84	С7-13	4,18	-	7,08	-	-	2	1	3,5
8	Встановлення протипожежної мережі на даху	300 кв.м	27,68	С7-2	5,96	-	28,63	-	-	3	1	7,0
9	Встановлення мережі водопостачання	300 кв.м	5,23	С7-4	4,6	-	3,02	-	-	3	1	1,5
10	Улаштування заливного шару із стяжки	300 кв.м	13,84	С7-4	2,3	-	3,98	-	-	2	1	2,0
11	Встановлення сідельної мережі	1 кран	1,00	С 28-2-21 а-8,8	10,00	-	1,25	-	-	6	1	0,2
12	Інші роботи						30,00			2	1	16,5

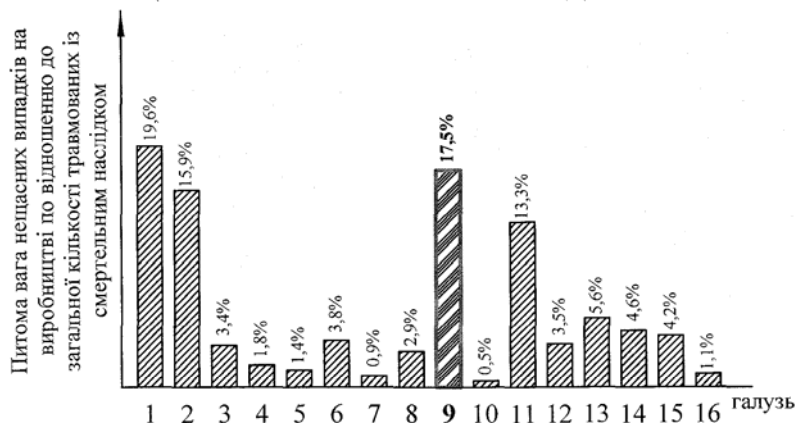
Строповка контейнера з рулонами



Також можна по черзі знімати кроки стропи за підмогою петлі контейнера і підняти смітник майданчиком крана підняти смітник стропи.

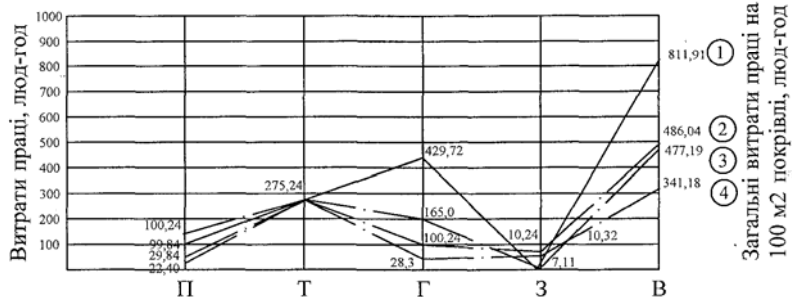
Рис.7.6-а. Технологічна карта організації робіт по улаштуванню покрівлі

ДИНАМІКА ПРОМИСЛОВОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ВИРОБНИЦТВІ ЗІ СМЕРТЕЛЬНОМ ВИПАДКОМ В УКРАЇНІ



- 1-Вугільна промисловість
- 2-Агропромисловий комплекс
- 3-Металургічна промисловість
- 4-Хімічна промисловість
- 5-Зв'язок
- 6-Житлово-комунальне господарство
- 7-Нафтогазовидобувна промисловість
- 8-Котлонадгляд
- 9-Будівництво
- 10-Легка та текстильна промисловість
- 11-Транспорт
- 12-Газопостачання
- 13-Машинобудівництво
- 14-Гірничорудна промисловість
- 15-Енергетика
- 16-Деревообробна промисловість

ЗМІНА ВИТРАТ РУЧНОЇ ТА МЕХАНІЗОВАНОЇ ПРАЦІ ПРИ ВЛАШТУВАННІ ПОКРІВЕЛЬ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇХ ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ



Елементи конструкції покрівлі

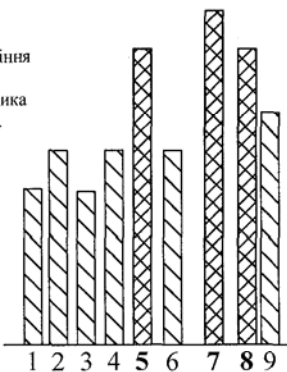
- 1 - рулонна покрівля;
- 2 - безрулонна покрівля;
- 3 - покрівля з наплавляемого руберойду;
- 4 - безрулонна покрівля з полімерних та бітумно-латексних емульсій, армованих посіченим скловолокном.

- П - пароізоляція;
Т - теплоізоляція;
Г - гідроізоляція;
З - захисний шар.

Виробничі шкідливі та небезпечні чинники

1. Падіння з висоти.
2. Відхилення від нормального метеорологічного режиму.
3. Ураження очей пилом.
4. Травмування у результаті розриву шлангу.
5. Вплив виробничого шуму.
6. Опіки.
7. Контакт із мастиками.
8. Вибух, загорання.
9. Електротравматизм.
10. Травмування у результаті падіння утеплювача, рулонів руберойду.
11. Вплив на організм покрівельника шкідливих та токсичних речовин.
12. Наїзд катка.
13. Недостатня освітленість.

ЗМІНА РІВНЯ НЕБЕЗПЕКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВЛАШТУВАННІ ПОКРІВЕЛІ



1. Встановлення та розбір підйомного пристрою.
2. Очищення основи від сміття та бруду.
3. Влаштування пароізоляції, утеплювача та цементно-піщаної стяжки.
4. Розвантаження та перенесення ґрунтовки.
5. Нанесення шару ґрунтовки.
6. Розвантаження та перенесення покрівельних матеріалів.
7. Влаштування покрівельного килима з наплавляємих рулонних матеріалів.
8. Оклеювання місць примикання.
9. Влаштування захисного шару із гравію.

Відомість машин, механізмів та пристосувань

№ з/п	Найменування	Марка, ГОСТ	Од. вим.	Кільк.	Примітка
1	Балон для газу. Маса 22 кг, об'єм 50 л.	ГОСТ 12859-84	шт.	2	Зберігати в газу
2	Агрегат шпатель тиску. Маса 75 кг	ФШШ-2111-1	шт.	1	Навесна групавання
3	Ванна для відмивки матеріалів. Маса 17 кг	РЧ 1628 50.000	шт.	1	Пилова металія
4	Волокниста для балона з газом (газ 3 балона). Маса 23 кг	ШПОМГП РЧ 1329-3.01.000	шт.	1	Перезаправка балона з утеплювач
5	Грибок з сумішкою металіскою	-	шт.	1	Уважати на висоті
6	Защитний пояс	5718-77	шт.	4	Захист робочого від падіння
7	Защитна каска	9820-61	шт.	6	-
8	Защитно-режущий апарат. Маса 0,3 кг	-	шт.	1	Резування рулоно
9	Вентилятор ороєдження	-	шт.	1	-
10	Каток диференціальний. Маса 42,6 кг	IP-830 (CO-109A)	шт.	1	Навчання
11	Каток ручний. Маса 5 кг	IP-735 ЦПБМГП РЧ 735.00.000	шт.	1	Присадка в місцях зашорювань
12	Комплект знаків безпеки	-	шт.	1	-
13	Машина для осушення основи	-	шт.	1	-
14	Метр складний металіскою	7253-54	шт.	1	Виміри
15	Ніж кримп	18975-73	шт.	1	Різка матеріалів
16	Пальник газний. Маса 1,25 кг	ГВ-1-021, ЦПОМГП	шт.	1	Роздвоєння мастико
17	Піддон для рулонних покрівельних матеріалів. Маса 76 кг	ПС-0,3Н	1 шт.	1	Подача рулоно на дах
18	Підйомний пристрій	К-1	шт.	1	-
19	Резулятор для газу. Маса 1,6 кг	ВРЮ-3-2	шт.	2	Регулювання тиску
20	Ручний гумовий. Внутрішній діаметр 9 мм	ГОСТ 9356-25	м	30	Подача газу
21	Рулетка	7502-69	шт.	1	Виміри
22	Стропік 4х гібіковий	Мостострой	шт.	1	Піддон покрівельних матеріалів на дах
23	Шпатель ексцентричний	ТУ 22-3059-74	шт.	2	Відкривання з поверхні підста цементного розчину
24	Комплект пристосувань для роботи з матеріалом ВП-2	-	шт.	1	-
	Брусок 2х2х	-	шт.	1	-
	Бочка з водою 0,5м³	-	шт.	1	-
	Мікро	-	шт.	1	-
	Коло з піском	-	шт.	1	-
	Лопата	-	шт.	1	-

Техніко-економічні показники

№ з/п	Найменування	Одиниця виміру	Кількість	Примітка
1	Витрати праці на весь обсяг робіт	люд-день	114,48	
2	Тривалість виконання робіт	дні	34	
3	Загальний об'єм виконання покрівельних робіт	м²	1384	
4	Вироблення 1 покрівельника за зміну	м²/люд-день	12,1	

Техніко-економічна карта на безпечну організацію виконання покрівельних робіт				
Виконавець	Робоче місце	Сума		
		Люд.	Люд.	Люд.
Інженер	Дітковий М.	1		1
		ІБФО ДВНЗ ПДАБА		

Рис. 7.6-б. Технологічна карта організації робіт по влаштуванню покрівлі

Після наклейки другого шару руберойду проводять улаштування захисного шару з гравію світлих тонів. В першу чергу наносять мастику шаром завтовшки не більше 3 мм. Розливання мастики слід проводити за допомогою механізованих засобів ПКУ-35М. На мастику у міру її заливки відсипають гравій.

Доставку гравію до місця укладання по крівлі проводять візками на гумовому ході. Гравій розрівнюють рейкою, видаляючи надлишки. Гравій повинен бути занурений в мастику на 2/3 висоти зерен (розмір зерен 5-10 мм). Потім поверхню крівлі повторно заливають рівним шаром мастики і засипають гравієм. Загальна товщина захисного шару з гравію повинна складати 10 мм. У захисному шарі необхідно передбачати температурно-усадкові шви шириною 10 мм (у взаємно-перпендикулярних напрямках) і, заповнювати їх герметизуючими мастиками. Гравій накочують полегшеним катком, що створює рівномірне тиск 15-20 кг/см². Технологічна карта організації робіт по улаштуванню покрівлі надана на рис. 7.6-а, рис. 7.6-б.

В процесі підготовки і виконання покрівельних робіт перевіряють:

- якість рулонного матеріалу, що наплавляється, яка повинна відповідати вимогам ТВ;
- готовність окремих конструктивних елементів покриття для виконання покрівельних робіт;
- правильність виконання всіх примикань до виступаючих конструкцій;
- відповідність числа шарів покрівельного килима вказівкам проекту.

Приймання крівлі повинне супроводжуватися ретельним оглядом її поверхні, особливо у воронок, водовідвідних лотків, в разжелобках і в місцях примикань до виступаючих конструкцій над дахом.

Виконана рулонна крівля повинна задовольняти наступним вимогам:

- мати задані ухили;
- не мати місцевих зворотних ухилів, де може затримуватися вода;
- покрівельний килим повинен бути надійно приклеєний до основи, не розшаровуватися і не мати міхурів, западин.

Вимоги до якості і приймання робіт

Виявлені при огляді крівлі виробничі дефекти повинні бути виправлені до здачі будівель або споруд в експлуатацію.

При прийманні виконаних робіт підлягає огляду актами схованих робіт:

- примикання крівлі до водоприймальних воронок;
- примикання крівлі до виступаючих частин вентшахт, антен, розтяжок, стійок, парпетів;
- улаштування пошарово двох шарів покрівельного килима.

Приймання готової покрівлі повинне бути оформлена актом з оцінкою якості робіт.

Вимоги до якості покрівель і предмети контролю наведено в табл. 7.13.

Після закінчення всіх покрівельних робіт необхідно виконати вимоги екологічної чистоти: всі залишки бітуму, мастичних грудок, обрізків рулонних матеріалів повинні бути ретельно упаковані, укладені в ємкості, контейнери і

спущені з покрівлі за допомогою дахового крану К-1, потім вивезені в спеціально відведені зони.

Таблиця 7.13

Вимоги до якості покрівель

Найменування процесів, що підлягають контролю	Предмет контролю вологих місць	Інструмент і спосіб контролю	Періодичність контролю	Відповідальний за контроль	Технічні критерії оцінки якості
Підготовка поверхні підстави	Рівність поверхні, відсутність бруду і вологих місць	Візуально Контрольна рейка	До початку робіт	Майстер	Зазори між покриттям і контрольною рейкою не повинні перевищувати 2 мм, вологість не повинна перевищувати 5%
Нанесення ґрунтовки	Рівномірність і товщина шаруючи	Не менше 5 вимірювань на кожних 70-100 м ² , визначуваних візуальним оглядом	В процесі нанесення	Майстер або бригадир	Товщина ґрунтовки 0,7 мм
Нанесення мастики при наклеїці руберойду	Рівномірність і товщина шаруючи	Не менше 5 вимірювань на кожних 70-100 м ² , визначуваних візуальним оглядом	В процесі робіт	Майстер або бригадир	8 мм Відхилення ±10 %

Безпека праці, екологічна і пожежна безпека

При улаштуванні рулонних покрівель з руберойду, що наплавляється безвогневим способом, повинні дотримуватися правила безпеки праці відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 і правилами пожежної безпеки при проведенні будівельно-монтажних робіт.

При улаштуванні покрівель належить дотримуватись правил з безпеки праці, що додаються до інструкцій з експлуатації відповідних механізмів.

Для транспортування балонів із зрідженим газом пропан-бутаном в зоні будмайданчика або в межах даху допускається використання спеціальних візків, розрахованих на 2 балони. Балони на візках повинні надійно кріпитися хомутом.

Категорично забороняється подавати на дах наповнені газом балони ковпаком вниз.

Кантівка наповнених балонів допускається в межах робочого місця і лише по основі даху, що не дає іскри при ударі по ньому металом.

До робіт по улаштуванню покрівель з руберойду, що наплавляється, допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд,

спеціальну теоретичну і практичну підготовку по існуючих програмах, склали іспити і отримали посвідчення.

Незалежно від виробничого стажу покрівельники повинні пройти вступний (загальний) інструктаж по безпеці праці, а також виробничий (первинний) інструктаж безпосередньо на робочому місці. Забороняється передача покрівельних установок іншим особам без дозволу майстра.

Перед початком роботи покрівельник повинен надіти спецодяг і переконатися в її справності. Взуття повинне бути таким, що не ковзає. Запобіжні пристосування (пояс, мотузок, ходові містки, переносні драбини і тому подібне) повинні бути своєчасно випробувані і мати бирки.

Перед початком роботи покрівельникові необхідно підготувати робоче місце, прибрати непотрібні матеріали, очистити всі проходи від сміття і бруду.

Переконатися в надійності риштувань, а на плоскій крівлі, тимчасової огорожі. Перевірити, чи захищено місце роботи внизу будівлі, укріпити всі матеріали на даху.

Зовнішнім оглядом перевірити справність балонів, пальників, рукавів, надійність їх кріплення (кріпити рукави тільки металевими хомутами), справність редукторів, манометрів.

При роботі на скатах з ухилом більш 20° і при обробці карнизів покрівлі з будь-яким ухилом покрівельник зобов'язаний користуватися запобіжним поясом і мотузком, міцно прив'язаним до стійких конструкцій будівлі. Місця закріплення повинні вказати майстер або виконроб.

Скидати з покрівлі матеріал і інструмент забороняється, щоб уникнути падіння з покрівлі на людей, що проходять, будь-яких предметів, встановлюються запобіжні козирки або захисні коридори над проходами, зовнішніми дверима. Зона можливого падіння предметів захищається, вивішується плакат «Прохід заборонено».

При складуванні на покрівлі штучних матеріалів, інструменту прийняти заходи проти їх ковзання по скату або здування вітром. Розміщувати на даху матеріали допускається тільки в місцях, передбачених проектом виробництва робіт.

Піднімати матеріали слід переважно засобами механізації. Покрівельні матеріали при підйомі треба укладати в спеціальну тару для оберігання від випадання.

Підготовку, обрізання, випрямлення покрівельних листів проводити внизу у визначеному місці на верстаку. Допускаються ці роботи в горищному приміщенні за наявності достатнього освітлення. Для різання сталевих покрівельних листів застосовувати ножиці, що мають спеціальні кільця або цапфи.

Елементи і деталі покрівлі, зокрема компенсатори в швах, захисні фартухи, ланки водостічних труб, сливи, звіси і тому подібне слід подавати на робочі місця в заготовленому вигляді. Заготівка вказаних елементів і деталей безпосередньо на даху не допускається.

Приймальний майданчик вгорі по периметру повинен мати міцну огорожу висотою 1 м і бортову дошку не менше 150 мм.

Приймальний майданчик на покрівлю по периметру повинен мати міцну огорожу висотою 1,1 м і бортова дошка не менше 150 мм.

Риштування та інші засоби повинні бути інвентарними і виготовлені по типових проектах.

Вимоги безпеки при роботі з дахового крану К-1

Кран малої вантажопідйомності – К-1 встановлюється і експлуатується відповідно до заводської інструкції (паспортом) заводу-виробника і інструкції по охороні праці машиніста дахового крану.

Особи, допущені до самостійної роботи (вантажники, покрівельники, машиністи), повинні бути навчені і атестовані на знання безпечного виробництва робіт і проінструктовані по всіх видах виконуваних робіт.

Робочі, що обслуговують крани, повинні бути атестовані на знання пристрою і безпечної експлуатації крана, а також пройти навчання по інструкції з охорони праці для стропальників, обслуговуючих вантажопідйомні машини, керовані з кабіни або з пульта управління.

Роботи по переміщенню вантажу на висоту повинні проводитися під керівництвом керівника робіт (майстри), атестованого по НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідймальних кранів, підймальних пристроїв і відповідного обладнання.

Робочі (покрівельники), зайняті на навантажувально-розвантажувальних роботах, повинні пройти інструктаж з безпеки праці і пожежної безпеки відповідно до Правил охорони праці під час проведення вантажно-розвантажувальних робіт, затверджених наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 21 від 19.01.2015 р.

Інженерно-технічні працівники, майстри, керівники робіт повинні пройти перевірку знань вимог з безпеки праці, знати технологічний процес, пристрій і експлуатацію підйомно-транспортного устаткування, пожежонебезпеки і виробничій санітарії відповідно до їх посадових обов'язків.

Машиніст дахового крану повинен перевіряти правильність і повноту завантаження контрвантажу, бути ознайомлений з небезпечними і шкідливими виробничими чинниками, що діють на того, що працює, – це небезпека отримання травм, можливість поразки електричним струмом, падіння з висоти вантажу, що піднімається, і інші чинники.

Машиніст дахового крана забезпечується спецодягом, спецвзуттям і засобами індивідуального захисту.

Перед початком роботи машиніст дахового крана повинен перевірити надійність кріплення всіх елементів конструкцій і технічну справність крана, заземлення відповідно до «Правил пристрою електроустановок»; перевірити освітлення, горизонтальність установки крана; наявність огорож в робочій зоні підйому крана; справність пульта управління; справність вантажозахватного пристосування, гака, тари і тросів; справність обмежувача висоти підйому крюка; правильність і повноту завантаження контрвантажу щоб уникнути перекидання крана, наявність схем строповки вантажів.

Установку крана проводити так, щоб вантаж при підйомі не міг

зачепитися за виступаючі частини будівлі.

Після монтажу кран повинен бути підданий динамічним випробуванням з перевантаженням 10 % і статичним випробуванням з перевантаженням 25 %, про що складається відповідний акт.

Підйом і спуск вантажів проводиться тільки у вертикальному положенні без підтягання і ривків. Вантаж, що піднімається, повинен утримуватися від обертання і розгойдування. Кранівник і майстер повинні стежити за тим, щоб маса вантажу не перевищувала вантажопідйомність дахового крана, що допускається.

Під час роботи машиніст і покрівельник повинні підготувати матеріал для підйому (відповідно до схеми укладання і строповки), укласти його в контейнер не більше 6-ти рулонів, загальна маса не повинна перевищувати вантажопідйомність крана, перевірити надійність закріплення вантажу.

Підвести вантаж на висоту 200-300 мм, щоб переконатися в правильності зачіпки і надійності гальм, при підйомі вантажу стежити за правильним укладанням вантажного троса.

Перед початком підйому вантажу машиніст крана повинен попередити робочих, обслуговуючих кран, про необхідність їх виходу з небезпечної зони і до тих пір, поки вони знаходяться в небезпечній зоні, не здійснювати підйом вантажу.

Підйом вантажу проводити плавно, без ривків, не допускаючи різкого гальмування при підйомі і опусканні вантажу, а також перемикання електродвигуна з прямого ходу на зворотний без витримки в нейтральному положенні. Недотримання цього правила може привести до обриву троса, поломки якої-небудь частини крана або зриву вантажу.

Під час роботи крана машиніст не повинен:

- здійснювати чищення і змазування механізмів крана;
- залишати вантаж на вазі під час перерв в роботі;
- проводити будь-який ремонт або регулювання гальм;
- надягати торс, що зіскочив, на ролики направляючого блоку;
- допускати підняття вантажу на відтяжку, опускати і переміщати над людьми;
- піднімати людей, стежити за надійністю кріплення каретки пересування;
- поправляти трос, що нерівномірно намотується на барабан, рукою, гачком, палицею або дошкою, бути біля натягнутого троса або допускати присутність біля нього людей.

У разі виникнення несправностей в роботі крана роботу слід припинити, опустити вантаж, ослабити натягнення троса і лише після цього усунути несправність.

Роботу дахового крана слід зупинити, якщо відсутній або несправна кришка на пульті управління і є доступ до струмоведучих частин електроустаткування, при появі шуму, стукоту, запаху гару, різких ривків і поштовхів, а також при несправності обмежувача висоти підйому гака, несправності електроустаткування, гальма, вантажного троса, тари, недостатньої маси контрвантажів.

Якщо при підйомі вантажу припинилася подача електроенергії, необхідно обережно і плавно опустити вантаж вниз, користуючись ручним гальмом. Не слід проводити різке гальмування, оскільки в результаті цього може зламатися опора, на якій укріплений блок.

Після закінчення роботи машиніст зобов'язаний опустити вантажозахватні пристосування і тару вниз.

Вимкнути електроживлення дахового крана і закрити шафу пульта управління на замок, оглянути всі вузли крана, знімні вантажозахватні пристосування і тару і про виявлені недоліки повідомити керівника робіт або особу, відповідальну за справний стан крана.

При виробництві робіт на плоских дахах, що не мають постійної огорожі (парапетних ґрат і тому подібне), необхідно встановлювати тимчасові огорожі заввишки не менше 1,1 м з бортовою дошкою.

Тимчасові огорожі слід встановлювати:

- по периметру ділянки виробництва робіт;
- на ділянках даху, де встановлені битумоварочні казани і битумонасоси.

Місця виконання покрівельних робіт повинні бути забезпечені не менше, чим двома евакуаційними виходами (сходами), а також первинними засобами пожежогасіння відповідно до Правил пожежної безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт.

Під час перерв в роботі технологічні пристосування, інструмент, матеріали і інші дрібні предмети, що знаходяться на робочому місці, повинні бути закріплені або прибрані з даху.

Після закінчення роботи або зміни забороняється залишати на даху матеріали, інструменти або пристосування, щоб уникнути нещасного випадку. Громіздкі пристосування повинні бути надійно закріплені.

Пожежна безпека

При проведенні робіт із застосуванням рулонних матеріалів, що наплаваються, разом з вимогами справжньої інструкції належить також керуватися НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України»; ДБН В.1.1.7- 2016 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва», та іншими нормами і правилами, затвердженими і узгодженими в установленому порядку.

До виробництва покрівельних робіт допускаються робочі, що пройшли медичний огляд, навчені заходам пожежної безпеки і методам проведення цих робіт.

Про проведення інструктажів повинна бути відмітка в спеціальному журналі під розпис. Журнал повинен зберігатися у відповідального за проведення робіт на об'єкті або в будівельній (ремонтній) організації.

Особи, що виконують роботи із застосуванням спеціального устаткування, повинні проходити навчання по програмах пожежно-технічного мінімуму в обов'язковому порядку із здачею заліків (іспитів).

У місць виконання покрівельних робіт, а також біля устаткування, що має підвищену пожежну небезпеку, слід вивішувати стандартні знаки (аншлаги,

таблички) пожежної безпеки.

Перед початком ремонтних або будівельних робіт територія об'єкту повинна бути підготовлена, з визначенням місць установки побутових вагончиків, місць складування матеріалів, балонів з горючими газами або легкозаймистими рідинами.

Побутові вагончики і склади матеріалів (балонів) слід розмішувати на території згідно діючим вимогам норм і правил. Розміщення їх в протипожежних розривах між будівлями і спорудами, а також захаращування ними проїздів (під'їздів) до будівель не допускається.

При ремонтах покрівлі горючий матеріал, що знімається, повинен віддалятися на спеціально підготовлений майданчик. Влаштувати звалища горючих відходів на території об'єктів не дозволяється.

До початку виробництва робіт повинні прийматися заходи по запобіганню розповсюдженню пожежі через отвори в стінах і перекриттях (герметизація стиків внутрішніх і зовнішніх стенів, міжповерхових перекриттів, ущільнення в місцях проходу інженерних комунікацій із забезпеченням необхідних меж вогнестійкості), а на покриттях повинні бути виконані всі передбачені проектом огорожі і виходи на покриття будівель (зі сходових кліток, по зовнішніх сходах).

Протипожежні двері і люки виходів на покриття повинні бути справні і при проведенні робіт закриті. Замикати їх на замки або інші замки забороняється.

Проходи і підступи до евакуаційних виходів і стаціонарних пожежних сходів повинні бути завжди вільними.

На проведення всіх видів робіт з матеріалами, що наплавляються, із застосуванням горючих утеплювачів керівник об'єкту зобов'язаний оформити наряд-допуск.

У наряді-допуску повинні бути вказане місце, технологічна послідовність, способи виробництва, конкретні протипожежні заходи, відповідальні особи і термін його дії.

Укладання горючого утеплювача і улаштування покрівлі з матеріалів, що наплавляються, на покритті слід проводити ділянками не більше 500 м². При цьому укладання покрівлі слід вести на ділянці, розташованій не ближче 5 м від ділянки покриття з утеплювачем, що згорає, без цементно-піщаної стяжки.

При зберіганні на відкритих майданчиках покрівельного матеріалу, що наплавляється, бітуму, горючих утеплювачів і інших будівельних матеріалів, а також устаткування і вантажів в горючій упаковці вони повинні розміщуватися в штабелях або групами площею не більше 100 м². Розрив між штабелями (групами) і від них до будівель та споруд, що будуються, або підсобних належить приймати не менше 24 м.

Після закінчення робочої зміни не дозволяється залишати покрівельні рулонні матеріали, горючий утеплювач, газові балони й інші пальні і вибухонебезпечні речовини і матеріали усередині або на покриттях будівель, а також в протипожежних розривах.

Покрівельний матеріал, горючий утеплювач і інші горючі речовини і

матеріали, використовувані при роботі, необхідно зберігати поза будівлею, що будується або ремонтваного, в споруді, що окремо стоїть, або на спеціальному майданчику на відстані не менше 18 м від будівель, що будуються і тимчасових, споруд і складів.

На об'єкті повинна бути визначена особа, відповідальна за збереження і готовність до дії первинних засобів пожежогасіння.

Вогнегасники повинні завжди міститися в справному стані, періодично оглядатися, перевірятися і своєчасно перезаряджатися.

Використання первинних засобів пожежогасіння для господарських і інших потреб, не пов'язаних з гасінням пожежі, не допускається.

Всі працівники повинні уміти користуватися первинними засобами пожежогасіння, дотримувати вимоги ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення.

Матеріально-технічні ресурси

Потреба в основних матеріалах, необхідних для улаштування покрівлі з матеріалів, що наплавляються, визначається на підставі «Нормативних показників витрати матеріалів» і наведено в табл. 7.14.

Таблиця 7.14

Потреба в основних матеріалах

№ п/п	Найменування матеріалів	Початкові дані					Витрати на 100 м ²
		Од. вим.	обґрунтування норм витрати згідно ДБН Д.2.2-12-99	одиниця вимірювання по нормі	об'єм робіт в нормативних одиницях	норма витрати	
1	Мастика бітумна покрівельна гаряча	т	111-0594	100 м ² крівлі	1	0,3	0,3
2	Гравій для будівельних робіт, фракція 5[3]-10 мм, марка Др8	м ³	1421-9504	100 м ² крівлі	1	1,05	1,05
3	Пропан-бутан технічний	м ³	1546-0066	100 м ² крівлі	1	27,0	27,0
4	Матеріали рулонні крівлі для нижніх шарів[марка за проектом]	м ²	за проектом	100 м ² крівлі	1	345	345

Потреба в машинах, механізмах, устаткуванні, інструменті, інвентарі і пристосуваннях наведено в табл. 7.15.

Таблиця 7.15

Відомість машин, механізмів, устаткування, інструментів і пристосувань

№ п/п	Найменування	Марка, ГОСТ	Од. вим.	К-ть	Примітка
1	2	3	4	5	6
1	Балон для газу. Маса 22 кг, об'єм 50 л	<u>ГОСТ 15860-84</u>	шт.	2	зберігання газу
2	Агрегат високого тиску. Маса 75 кг	Фініш-211-1	шт.	1	нанесення ґрунтовки
3	Візок для підвозу матеріалів. Маса 17 кг	РЧ 1688.00.000	шт.	1	підвіз матеріалів
4	Візок-стійка для балонів з газом (на 2 балони). Маса 23 кг	ЦНПОМТП РЧ 1329-3.01.000	шт.	1	перевезення балонів і установка
5	Гребок з гумовою вставкою	-	шт.	1	ущільнення полотна
6	Запобіжний пояс	5718-77	шт.	4	захист робочого від падіння
7	Захисна каска	ГОСТ Р 12.4.207-99	шт.	6	захист голови робочого
8	Захоплення-розкочувати. Маса 0,3 кг	-	шт.	1	розкочування рулону
9	Інвентарна огорожа	ДСТУ Б В.2.8-43:2011	-	-	захист робочого від падіння
10	Каток диференціальний. Маса 42,6 кг	IP-830 (CO-108A)	шт.	1	накочення
11	Каток ручної. Маса 5 кг	IP-735 ЦНПОМТП РЧ 735.00.000	шт.	1	приклеїла в місцях зашморгувань
12	Комплект знаків безпеки	ДСТУ EN ISO 7010:2019	шт.	1	попередження про небезпеку
13	Машина для осушення основи	CO-107	шт.	1	-
14	Метр складаний металевий	7253-54	шт.	1	вимірювання
15	Покрівельний ніж	18975-86	шт.	1	різання матеріалів
16	Пальник газовий. Маса 1,25 кг	ГВ-1-02П, ЦНПОМТП	шт.	1	розплавлення мастики
17	Піддон для рулонних покрівельних матеріалів. Маса 76 кг	ПС-0,5И	1 шт.	1	подача рулонів на дах
18	Підйомний пристрій	К-1	шт.	1	-
19	Редуктор для газу. Маса 1,6 кг	БПО-5-2	шт.	2	регуляція тиску
20	Рукави гумові. Внутрішній діаметр 9 мм	<u>ГОСТ 9356-75</u>	м	30	подача газу
21	Рулетка	7502-89	шт.	1	вимірювання

Продовження таблиці 7.15

1	2	3	4	5	6	
22	Строп 4-х гіловий	Мосгорстрой	шт.	1	підйом покрівельних матеріалів на дах	
23	Шпатель шкрябань	ТУ 22-3059-74	шт.	2	відскрібання з поверхні підстав цементного розчину	
24	Комплект протипожежних засобів:	вогнегасник ВП-2	-	шт.	1	-
		брзент 2х2м	-	шт.	1	-
		бочка з водою 0,5м ³	-	шт.	1	-
		відро	-	шт.	1	-
		ящик з піском	-	шт.	1	-
		лопата	-	шт.	1	-

Техніко-економічні показники

Трудомісткість виконання робіт визначена в калькуляції трудових витрат і приведена в табл. 7.16.

Таблиця 7.16

Техніко-економічні показники

№ п/п	Найменування	Од. вим.	К-ть	Примітка
1	об'єм робіт	м ²	1384	
2	витрати праці на весь об'єм робіт	люди - день	114,48	
3	тривалість виконання робіт	дні	34	
4	вироблення 1 покрівельника в зміну	м ² /люд - день	12,1	

7.5. Монтажні роботи

При виконанні монтажних і демонтажних робіт трапляється виробничий травматизм, основними причинами якого є:

- недотримання технологічної послідовності монтажу конструкцій, яка передбачається в ППР;
- строповка конструкцій, яка призводить до виникнення зусиль, перевищуючих допустимі в елементах, що підіймаються;
- підйом елементів і конструкцій несправними такелажними пристроями;
- відсутність або наявність захисних пристроїв, що мають конструктивні недоліки;
- робота монтажників без використання індивідуальних захисних засобів;
- низька організація трудового процесу.

Роботи з монтажу окремих елементів і конструкцій відносяться до найбільш небезпечних, тому опрацювання питань охорони праці повинне бути ретельним вже на стадії розробки проекту провадження робіт. До найбільш

відповідальних технологічних операцій при монтажі відносяться: підймання конструкцій, їх строповка і установка в проектне положення. Важливою умовою безпечного провадження робіт є наявність у монтажників технологічного оснащення, яке поліпшує умови їх праці (умови строповки і розстроповки, наявність раціональних індивідуальних засобів захисту, надійні засоби підмашування, наявність напівавтоматичних і автоматичних вантажозахватних пристроїв). Важливим моментом, з точки зору охорони праці, є, при монтажі будівельних конструкцій, забезпечення стійкості вже змонтованих конструкцій (залізобетонних, металевих, конструкцій з дерева і пластмаси) до звільнення їх від крюка монтажного механізму. Застосування при цьому пристроїв для тимчасового закріплення (підкоси, тяги, клини, розчалки, кондуктори), які повинні бути перевірені на сприйняття можливих монтажних навантажень, що виникають в умовах будівельного майданчика.

Найбільш небезпечними при зведенні промислових об'єктів є монтаж сталевих конструкцій, установка яких в проектне положення має специфічні особливості у порівнянні із залізобетонними. Монтаж конструкцій з металу вимагає використання спеціальних перевірок, що забезпечують під час підйому стійкість стислих елементів поясів і ґратів на подовжній вигин. Характерною особливістю монтажу житлових будівель з великих панелей є суворе дотримання безпечної технології їх збирання, послідовність установки яких визначається характером роботи елементів окремих панелей, що встановлюються, схемою вузлів їх з'єднання і вимогами забезпечення міцності і стійкості вже змонтованих конструкцій.

При монтажі будівель з великих блоків безпека робіт повинна забезпечуватися послідовністю монтажу, застосуванням захватного пристосування, правильною установкою блоків в проектне положення, організацією робочого місця, що виключає необхідність перебування монтажників на елементі, що встановлюється.

Іншими словами, на будь-якому етапі монтажу конструкцій і елементів промислових, цивільних, житлових і спеціальних споруд прийняті організаційно-технологічні рішення повинні бути обґрунтовані інженерними рішеннями. Розглянемо деякі з них як приклад.

При проектуванні монтажних робіт необхідно враховувати вимоги: ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві Основні положення; НАОП 0.00-7.14-17. Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками. Наказ Мінсоцполітики України 28.12.2017 р. № 2072.; ДСТУ Б В.2.8-44:2011 Площини і драбини для будівельно-монтажних робіт. Загальні технічні умови (ГОСТ 26887-86, MOD), ДСТУ Б В.2.8-47:2011 Ліса стойкові приставні для будівельно-монтажних робіт. Технічні умови (ГОСТ 27321-87, MOD) ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпека. Загальні вимоги (ГОСТ 12.1.013-78, MOD); ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом; ДБН В.2.6-98-2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення; ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів

безпеки праці. Охорона праці та промислова безпека в будівництві: Інструкції по обладнанню і перебазуванню підкранових шляхів; Інструкції по заземленню пересувних механізмів і електрифікованого інструмента; ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарні будівельних площ і ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови, Рекомендації по перевезенню, складуванню і зберіганню будівельних матеріалів, виробів і конструкцій в будівництві, ДСТУ EN 62305:2012. Захист від блискавки ДСТУ EN 397:2017 Каски захисні промислові (EN 397:2012 + A1:2012, ДСТУ 4304:2004 Пояс запобіжний монтерський.

Перелік питань охорони праці, що вирішуються в технологічних картах на монтажні роботи, приведений в табл. 7.17.

Таблиця 7.17

Інженерні рішення з охорони праці в технологічних картах на монтажні роботи

№	Проектно-розрахункові	Організаційні
1	розрахунки по підбору машин і механізмів безпечного монтажу конструкцій, визначення методу монтажу і схем їх руху	вказівки по безпечній експлуатації монтажних механізмів
2	визначення небезпечних зон монтажу, позначення їх на кресленні, підбір або проектування огорож	вказівки з охорони небезпечних зон, безпечного монтажу і демонтажу баштових кранів
3	розрахунки необхідної кількості і безпечної розкладки деталей, що монтуються і конструкцій	вказівки по безпечній розкладці деталей і конструкцій
4	підбір раціональних вантажозахватних і такелажних засобів, перевірка їх на фактичні навантаження	заходи щодо безпечної строповки і розстроповки конструкцій
5	проектування безпечної послідовності монтажу конструкцій, відображення прийнятих рішень в циклограмах і графіках монтажу	вказівки з безпечної послідовності монтажу і технологічних перервах
6	перевірки і розрахунки конструкцій на монтажні навантаження, підбір коштів забезпечення стійкості і жорсткості	вказівки по забезпеченню стійкості конструкцій в процесі монтажу
7	проектування або підбір коштів безпечного ведення робіт на висоті (підмостках, сходах, робочих майданчиків, люльок і т.д.), засобів індивідуального захисту монтажників	вказівки по застосуванню засобів індивідуального захисту
8	розрахунок і проектування освітлювальної системи, підбір світильників місцевого освітлення робочих місць	вказівки по безпечній експлуатації освітлювальної системи

При складанні технологічної карти на провадження монтажних робіт необхідно передбачити заходи щодо попередження виникнення виробничої небезпеки, пов'язаної з можливістю падіння людини з висоти, падіння предметів і переміщуваних вантажів, небезпечної дії електроструму і працюючих будівельних машин, втрати стійкості машин і конструкцій при тимчасовому їх закріпленні.

Важливо правильно підібрати монтажний механізм, а потім в графічній частині технологічної карти шляхом проектування і розрахунків визначити місце його розташування і зони дії; передбачити заходи щодо дотримання безпечної технологічної послідовності монтажу і місця складування будівельних матеріалів, конструкцій і укрупненого збирання; визначити методи

стійкого тимчасового закріплення елементів будівель і споруд; вказати способи строповки конструкцій і деталей, в тому числі обладнання для строповки деталей, яких немає за проектом; дати перелік необхідних засобів індивідуального захисту, виходячи з кількості працюючих.

З метою зниження потенційної небезпеки монтажних робіт, що виконуються на висоті, доцільно ширше застосовувати методи монтажу укрупненими блоками і конвеєрний метод.

У графіках провадження монтажних робіт передбачати таку їх послідовність, яка виключила б одночасне виконання робіт по одній вертикалі без обладнання суцільних надійних перекрить.

Для строповки конструкцій і обладнання передбачати індивідуальні стропи або спеціальні траверси і схеми строповки. При цьому потрібно мати на увазі, що єдино вірне таке розміщення точок захоплення конструкцій, при якому значення позитивного і негативного моментів було б однаковим. Так, для колон з постійним перетином ця умова виконується у випадку, коли точка захоплення знаходиться дещо вище їх центру тяжіння. Необхідно також враховувати схему армування конструкцій.

7.5.1. Підбір і розрахунок вантажозахватних пристроїв

Пристосування, що навішується на крюк вантажопіймальної машини, називається знімними вантажозахватними пристроями. Вони являють собою різне поєднання основних елементів, що поділяються за функціональним призначенням на захвати, з'єднувальні елементи і механізми управління.

7.5.1.1. Розрахунок вантажозахватних пристроїв і пристосувань

Блокова обойма гака. Найбільш поширеними вантажозахватними пристроями вантажопідіймальних машин є одно- і дворогі гаки і вантажні скоби.

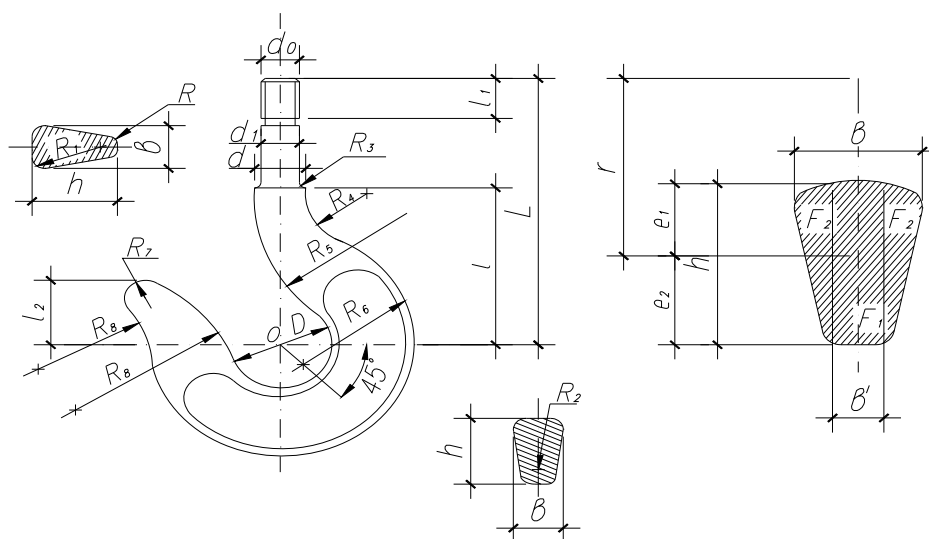


Рис. 7.7. Гак однорогий (а – загальний вигляд; б – поперечний переріз)

Розміри і форма гаків, а також вимоги до якості їх виготовлення приводяться в ДСТУ БВ 2.8-10-98, ДСТУ EN 1677.5:2005.

На підставі даних, приведених в табл. 7.18, залежно від режиму роботи і від вантажопідйомності вибирають основні розміри гака (рис. 7.7).

Таблиця 7.18

Гаки однорогі, мм

Номер гака	Вантажо- підйомність, т			D	O	b	h	d	d ₁	d ₀	L		l, не менше
	ручний привід	режим роботи									тип А	тип Б	
		л, с	т, дт										
1	0,4	0,32	0,25	20	14	12	18	15	12	M12	60	125	30
2	0,5	0,4	0,32	22	16	13	21	15	12	M12	65	135	30
3	0,63	0,5	0,4	25	18	15	24	18	15	M14	70	145	35
4	0,8	0,63	0,5	30	22	18	26	20	17	M16	85	160	45
5	1	0,8	0,63	32	24	20	28	20	17	M16	90	170	45
6	1,25	1	0,8	36	26	22	32	25	20	M20	100	180	50
7	1,6	1,25	1	40	30	24	36	25	20	M20	110	195	60
8	2	1,6	1,25	45	36	26	40	30	25	M24	125	210	60
9	2,5	2	1,65	50	38	30	45	35	30	M27	145	240	70
10	3,2	2,5	2	55	40	34	52	35	30	M30	155	280	70
11	4	3,2	2,5	60	45	38	55	40	35	M33	175	330	85
12	5	4	3,2	65	50	40	65	45	40	M36	190	375	95
13	6,3	5	4	75	55	48	75	52	45	M42	210	425	105
14	8	6,3	5	85	65	54	82	56	50	M48	230	475	130
15	10	8	6,3	95	75	60	90	62	55	M52	260	520	140
16	12,5	10	8	110	85	65	100	68	60	M56	280	580	150
17	16	12,5	10	120	90	75	115	80	70	M65 трап 70×10	325	640	180
18	20	16	12,5	130	100	80	130	85	75	трап 80×10	360	700	190
19	-	20	16	150	120	90	150	95	85	трап 90×12	420	760	210
20	-	25	20	170	130	102	164	110	100	трап 100×12	470	820	250
21	-	32	25	190	145	115	184	125	110	трап 110×12	525	875	285
22	-	40	32	210	160	130	205	135	120	трап 110×12	590	940	310
23	-	50	40	240	180	150	240	160	140	трап 120×16	660	1000	340

Примітка: Гаки типу А – короткі, типу Б – довгі.

Продовження таблиці 7.18

Номер гака	l_1	l_2	R	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	Маса, кг	
												тип А	тип Б
1	20	10	3	11	11	1	8	22	25	4,5	28	0,16	0,24
2	20	10	4	12	12	1,5	8	24	28	4,5	28	0,2	0,3
3	20	12	4	13	13	1,5	9	26	32	5	30	0,32	0,47
4	25	15	5	14	14	1,5	10	30	37	5,5	35	0,45	0,65
5	25	16	5,5	16	16	1,5	11	32	40	6	38	0,55	0,75
6	30	18	5,5	18	18	2,5	13	36	45	6	40	0,8	1,2
7	30	20	6	20	20	2,5	15	40	50	6,5	45	1	1,5
8	35	22	6	30	22	2,5	17	45	55	7	50	1,5	2
9	40	25	7	36	25	2,5	18	50	65	8	55	2,4	3,2
10	45	30	8	38	28	2,5	20	55	70	10	60	3	4
11	50	32	9	42	30	2,5	21	60	80	10	70	4,2	6
12	55	34	9	45	35	2,5	22	70	90	10	80	5,4	8
13	60	38	10	50	40	2,5	25	75	100	11	85	8,2	11,5
14	70	42	12	60	45	2,5	28	85	110	12	95	11,2	15
15	75	48	13	65	50	2,5	30	95	125	15	110	15,6	21
16	80	55	13	75	55	2,5	34	110	140	18	120	22,5	30
17	90	60	14	84	62	2,5	36	120	155	20	125	29,5	40
18	95	65	16	90	70	2,5	40	130	170	21	140	40	52
19	100	75	18	105	75	2,5	45	150	200	22	170	55	70
20	115	80	20	120	100	2,5	50	170	220	30	190	84	105
21	130	95	23	135	110	5	60	180	245	32	210	115	140
22	140	100	25	150	120	5	60	210	270	35	230	154	185
23	150	120	30	170	130	5	65	240	320	40	280	230	275

Примітка: Гаки типу А – короткі, типу Б – довгі.

У разі потреби їх можна перевіряти розрахунком на міцність.
Напруга в стрижні гака:

$$\sigma_p = Q/F_0 \leq [\sigma_p], \quad (7.5)$$

де $Q = mg$ – сила, що діє на гак, тут m – вантажопідйомність гака; g – прискорення сили тяжіння;

$F_0 = \pi d_{\text{вн}}^2 / 4$ – площа ослабленого перетину стрижня, тут $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр різьблення;

$[\sigma_p]$ – напруження, що допускається, на розтягування різьбового стрижня гака із сталі 20 ($[\sigma_p] = 55$ МПа).

Мінімальна висота гайки гака:

$$H = 4Qt / [\pi(d_0^2 - d_{\text{вн}}^2)p], \quad (7.6)$$

де t – крок різьблення стрижня гака;

d_0 – зовнішній діаметр різьблення;

p – питомий тиск, що допускається (для сталі $p = 15 \dots 25$ МПа).

Напруження в тілі гака в перетинах визначаються за формулами:

$$\sigma_p = [Q/(kF)] [e_1 / (r - e_1)] \leq [\sigma_p] \text{ і } \sigma_{cr} - [Q/(kF)] [e_2 / (r + e_2)], \quad (7.7)$$

де F – площа поперечного перетину;

e_1 – відстань від центру тяжіння перетину до найбільш розтягнутих волокон;

e_2 – відстань від центру тяжіння перетину до більш стислих волокон;

$r = 0,5 D + e_1$ – радіус кривизни нейтральної осі гака.

При трапецеїдальній формі поперечного перерізу (рис. 7.7-б):

$$F \approx \frac{1}{2} (b + b') h = F_1 + 2F_2; \quad F_1 = b' h; \quad (7.8)$$

$$F_2 = \frac{b - b'}{2} \cdot \frac{h}{2}; \quad e_1 F = \frac{1}{2} h F_1 + 2 \frac{1}{3} h F_2; \quad (7.9)$$

$$e_1 = \frac{h}{3} \cdot \frac{2b' + b}{b' + b}; \quad (7.10)$$

$$e_2 = h - e_1 = \frac{h}{3} \cdot \frac{b' + 2b}{b' + b}, \quad (7.11)$$

де k – коефіцієнт, що враховує форму перетину (трапеція, круг, прямокутник). При трапецеїдальній формі перетину і співвідношенні $b / b' = 2-2,5$ значення k слід приймати в межах 0,08-0,12.

Гакова блокова обойма (рис. 7.8) крюка складається з захисних листів **1** з сергами **6**, блоків **2**, установлених на осі **3**, і поперечний (траверси) **5**, на якій за допомогою гайки **4** закріплений гак. Навантаження від вантажного гака через упорний шарикопідшипник передається на траверсу.

Розміри поперечного перетину траверси (рис. 7.8-а) визначають розрахунком на згинання:

$$\sigma_b = M_b / W_b \leq [\sigma_b], \quad (7.12)$$

де $M_b = \frac{Q}{4} (t - 0,5d_1)$ – згинальний момент, що виникає в середній частині траверси, тут

$Q = mg$ – навантаження, що діє на вантажний гак, $W_3 = \frac{1}{6} (b - d_2) h^2$ – момент опору при згинанні середнього перерізу траверси.

Допустимо, напруга на згинання при розрахунку траверси $[\sigma_3] = 80-120 \text{ МПа}$.

Діаметр шипа траверси:

$$d_{ш} = \sqrt[3]{M'_3 / (0,1[\sigma_3])}, \quad (7.13)$$

де згинальний момент, що діє на шип:

$$M'_3 = \frac{Q}{2} \cdot \frac{s + s_1}{2} \quad (7.14)$$

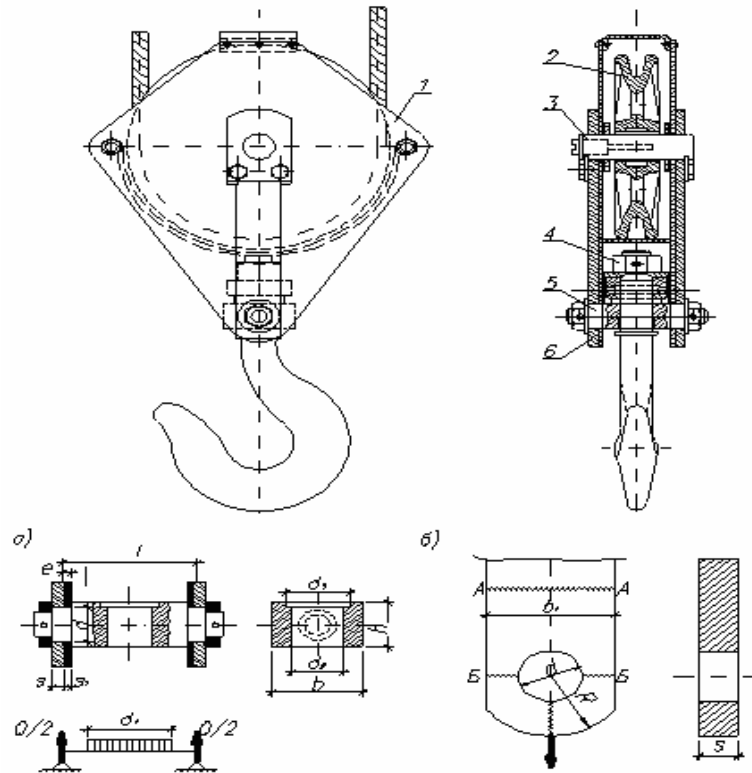


Рис. 7.8. Вантажна обойма.
Елементи гакової вантажної обойми (а – траверса, б – серга)

Перевірка розмірів шипів з розрахунку на питомий тиск:

$$p = Q / [2d_m (s + s_1)]. \quad (7.15)$$

Допустимий питомий тиск $p \approx 80 \dots 150$, мПа.

Навантаження від шипів траверси сприймається сергами, поперечні розміри яких уточнюються розрахунком на розтягування.

Для перетину А – А (рис. 7.8-б):

$$\sigma_p = Q / (2b_1s), \quad (7.16)$$

де Q – зусилля, що діє на траверсу; b_1 – ширина серги; s – товщина серги.

Для перетину Б – Б:

$$\sigma_p = Q / [2(b_1 - d_m)s] \leq [\sigma_p]. \quad (7.17)$$

Вісь блоку перевіряють на згинання:

$$M_{\text{и}} = Ql_p / 4, \quad (7.18)$$

де l_p – розрахункова довжина осі.

Приклад. Визначити основні параметри вантажної обойми гака автомобільного крана вантажопідйомність 6,3 т. Діаметр каната 17,5 мм. Режим роботи середній. ПВ = 25%.

Рішення. По табл. ГОСТ 6627-74 підбираємо гак №14. Для цього гака $D = 85$ мм, $b = 54$ мм, $h = 82$ мм, $d_0 = 48$ мм. Внутрішній діаметр різьблення М48, $d_{\text{вн}} = 41,5$ мм. Площа поперечного перетину стрижня $F_0 = 12,25$ см², крок різьби $t = 5$ мм.

Напруга в стрижні гака:

$$\sigma_p = \frac{6,3 \cdot 10^4}{13,25 \cdot 10^{-4}} = 4 \cdot 10^7 \text{ Па} = 40 \text{ МПа} \leq [\sigma_p] = 55 \text{ МПа}.$$

Мінімальна висота гайки гака по формулі (7.6):

$$H = \frac{4 \cdot 6,3 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{3,14 \left[(48 \cdot 10^{-3})^2 - (41,5 \cdot 10^{-3})^2 \right] \cdot 20 \cdot 10^6} = 0,035 \text{ м} = 35 \text{ мм}$$

Розміри перетину: $b = 54$ мм = 0,054 м, $b = (2,2,5) b'$, приймаємо $b = 2b'$:

$$b' = \frac{b}{2} = \frac{54}{2} = 27 \text{ мм} = 0,027 \text{ м}.$$

Площа перетину:

$$F = \frac{b + b'}{2} h = \frac{5,4 + 2,7}{2} \cdot 8,2 = 33 \text{ см}^2 = 0,0033 \text{ м}^2.$$

Відстань від центру тяжкості перетину до найбільш розтягнутих волокон:

$$e_1 = \frac{h}{3} \frac{2b' + b}{b' + b} = \frac{8,2(2 \cdot 2,7 + 5,4)}{3(2,7 + 5,4)} = 3,7 \text{ см} = 0,037 \text{ м}.$$

Відстань від центру тяжіння перетину до найбільш стислих волокон:

$$e_2 = h - e_1 = 8,2 - 3,7 = 4,5 \text{ см} = 0,045 \text{ м}.$$

Радіус кривизни нейтральної осі гака:

$$r = 0,5D + e_1 = 0,5 \cdot 8,5 + 3,7 = 7,95 \text{ см} = 0,0795 \text{ м}.$$

Приймаємо коефіцієнт, що враховує трапецеїдальну форму перетину, $k=0,12$. Найбільша напруга в перетині:

- для розтягнутих волокон

$$\sigma_p = \frac{Q}{kF} \cdot \frac{e_1}{r - e_1} = \frac{6,3 \cdot 10^4}{0,12 \cdot 33 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{3,7}{7,95 - 3,7} = 138 \text{ МПа};$$

- для стислих волокон

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{Q}{kT} \cdot \frac{e_2}{r + e_2} = \frac{6,3 \cdot 10^4}{0,12 \cdot 33 \cdot 10^{-4}} \frac{4,5}{7,95 + 4,5} = 57,5 \text{ МПа.}$$

Знайдені значення напруги необхідно порівняти з тими, що допускаються. Якщо вони будуть більше допустимих, то необхідно прийняти гак наступного номеру.

Мінімальній діаметр блоку $D_{\text{бл}} \geq 18d_k = 18 \cdot 17,5 = 315$ мм. Приймаємо блок діаметром $D_{\text{бл}} = 324$ мм. П виконання для канатів діаметром 14,18 мм. Зовнішній діаметр $D_1 = 380$ мм. Внутрішній діаметр маточини $d = 100$ мм. Ширина ободу $B_1 = 50$ мм. Довжина маточини $H = 50$ мм. Діаметр маточини $d_1 = 150$ мм. Маса 23 кг. Довжину осі блоку і траверси приймають залежно від розмірів блоку, гака і упорного підшипника.

На стрижень гака діаметром $d_1 = 50$ мм може бути встановлений однорядний упорний підшипник легкої серії 8210, зовнішній діаметр якого 78 мм. Діаметр отвору в траверсі (рис. 7.8- а) $d_2 = 52$ мм.

Діаметр поглиблення для установки підшипника $d_3 = 80$ мм. Відстань між захисними листами, задалегідь приймаємо 120 мм, а розрахункову довжину траверси $l = 140$ мм.

Максимальний згинальний момент:

$$M_3 = \frac{Q}{4}(l - 0,5d_1) = \frac{6,3 \cdot 10^4}{4}(14 \cdot 10^{-2} - 0,5 \cdot 5 \cdot 10^{-2}) = 1810 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Прийнявши допустиму напругу, на згинання траверси $[\sigma_3] = 80$ МПа, визначимо момент опору поперечного перетину на згинання:

$$W_u = \frac{1810}{80 \cdot 10^6} = 22,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 22,5 \text{ см}^3$$

Приймаючи ширину траверси $b = 2d_2 = 2 \cdot 52 = 104$ мм, можна визначити висоту поперечного перетину траверси:

$$h = \sqrt{\frac{6W_3}{b - d_2}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 22,5}{10,4 - 5,2}} = 5,1 \text{ см} = 51 \text{ мм.}$$

Остаточо приймаємо ширину траверси $b = 110$ мм, висоту $h = 50$ мм.

Діаметр шипів траверси $d_{\text{ш}} = 0,8 \cdot h = 0,8 \cdot 50 = 40$ мм, товщина захисних листів $s_1 = 12$ мм, ширина серги $b_1 = 100$ мм.

Згинальний момент, що діє на шип траверси:

$$M'_3 = \frac{6,3 \cdot 10^4}{2} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3} + 12 \cdot 10^{-3}}{2} = 252 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Момент опору поперечного перетину шипа:

$$W'_3 = \frac{\pi b_{\text{ш}}^3}{32} = 0,1 d_{\text{ш}}^3 = 0,1 (40 \cdot 10^{-3})^3 = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Напруга згинання основи шипа:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{252}{6,4 \cdot 10^{-6}} = 39,4 \cdot 10^6 \text{ Па} = 39 \text{ мПа.}$$

Питомий тиск на шип траверси:

$$p = \frac{6,3 \cdot 10^4}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot (4+12) \cdot 10^{-3}} = 50 \cdot 10^6 \text{ Па} = 50 \text{ мПа} < [p]$$

Напруга розтягування в ослабленому поперечному перетині серги:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{6,3 \cdot 10^4}{2(10-4) \cdot 10^{-2} \cdot 1,2 \cdot 10^{-2}} = 43,7 \cdot 10^6 \text{ Па} = 43,7 \text{ мПа.}$$

У маточину блоку можуть бути вставлені два радіальні однорядні шарикопідшипники середньої серії 309 із зовнішнім діаметром, рівним діаметру розточування в маточині блоку $d = 100$ мм з внутрішнім діаметром 45мм. В цьому випадку діаметр осі блока $d_0 = 45$ мм.

Згинальний момент, що діє на вісь блоку:

$$M''_{\text{и}} = \frac{Ql}{2 \cdot 4} = \frac{6,3 \cdot 10^4 \cdot 14 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 4} = 1102 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Момент опору при згинанні поперечного перетину осі блоку:

$$W_3'' = \frac{3,14 \cdot (4,5 \cdot 10^{-2})^3}{32} = 9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Напруга згинання в осі блоку:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{1102}{9 \cdot 10^{-6}} = 122 \cdot 10^6 \text{ Па} = 122 \text{ мПа} < [\sigma_{\text{и}}]$$

Кліщові захвати виконують у вигляді систем важелів із зігнутими вільними кінцями (рис. 7.9-а). Для утримування кліщового захвату в розкритому положенні служать клямки. Пристрої, що забезпечують захоплення вантажів і їх звільнення без участі такелажника, є автоматичними. У напівавтоматичних захватах тільки одна з операцій (закріплення вантажу в захваті або його звільнення) виконується автоматично.

Важеліві захвати утримують вантаж силами тертя між бічними поверхнями вантажів і притискними колодками, шарнірно приєднаними до вільних кінців важелів (рис. 7.9-б).

Необхідна сила притиснення кожної колодки:

$$N = \frac{k_3 Q}{2\mu}, \quad (7.19)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу ($k_3 = 1,1 \dots 1,25$);

μ – коефіцієнт тертя між поверхнями колодок і вантажу ($\mu = 0,12-0,15$ гладка металева колодка по металевій поверхні вантажу; $\mu = 0,3-0,4$ – те ж, по дереву; $\mu = 0,4-0,5$ рифлена металева поверхня колодки по металу; $\mu = 0,6-0,7$ – те ж, по бетону).

Рівняння рівноваги одного з важелів щодо шарніра O має вигляд:

$$Sb - R_N a = N_\mu \frac{c}{2} = 0; \quad R_N = N, \quad (7.20)$$

тоді:

$$S = \frac{N}{b} \left(a - \mu \frac{c}{2} \right) = \frac{k_3 Q}{2b} \left(\frac{a}{\mu} - \frac{c}{2} \right). \quad (7.21)$$

Зусилля в підйомному канаті з урахуванням ваги захвата:

$$P_k = Q + G, \quad P_k = 2S \cos \beta, \quad (7.22)$$

Звідки:

$$S = (Q + G) / (2 \cos \beta). \quad (7.23)$$

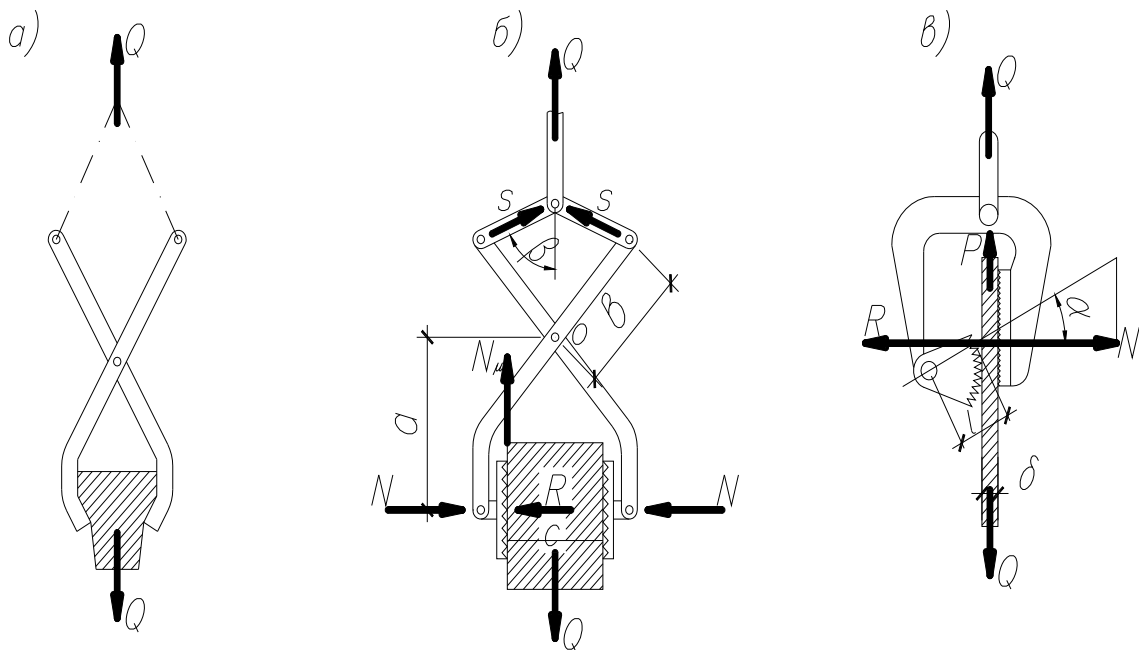


Рис. 7.9. Зажимні захвати
а – клищовий, б – важільно фрикційний; в – ексцентриковий фрикційний

Ексцентрикові фрикційні захвати застосовують переважно для перевантаження і транспортування у вертикальному положенні листових матеріалів (рис. 7.9-в). Зусилля розпору N і рівна йому реактивна сила R_N створюють сили тертя, що діють між листом, що затискається, і ексцентром μ_1 , а також між листом і задньою стінкою захвата μ_2 .

Сила, що утримує вантаж:

$$P = N(\mu_1 + \mu_2) = Q(\mu_1 + \mu_2) / \operatorname{tg} \alpha \quad (7.24)$$

Для сталевих листів $\mu=0,15$, $\mu = 0,1$. Товщина листів $\delta = 6...36$ мм.
Рівняння моментів діючих сил відносно осі ексцентрика:

$$Nl \sin \alpha - N\mu_1 l \cos \alpha - N\mu_2 (1 + \delta) \cos \alpha = 0, \quad (7.25)$$

звідки:

$$\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha - \mu_2 \left(1 + \frac{\delta}{l}\right) \cos \alpha = 0 \quad (7.26)$$

або:

$$\operatorname{tg} \alpha - \mu_1 - \mu_2 \left(1 + \frac{\delta}{l}\right) = 0, \quad \operatorname{tg} \alpha \leq \mu_1 + \mu_2 \left(1 + \frac{\delta}{l}\right), \quad (7.27)$$

Що дозволяє визначити основні параметри захвата.

Стропи – відрізки канатів або ланцюгів, сполучені в кільця або забезпечені кінцевими і навісними ланцюгами, які забезпечують швидку, зручну і безпечну стропівку або розстропівку вантажів. Розміри і характеристики стропів, що найчастіше застосовуються, вказані в таблицях.

Згідно з технічними вимогами до вантажних строп, як гнучкий несучий орган строп, застосовуються сталеві дротяні канати, круглоланцюжні зварні ланцюги, а для невеликих вантажів – пенькові канати. Останнім часом найбільшого поширення отримали багатопрядні сталеві канати. Перевагою круглоланцюжних зварних ланцюгів в порівнянні з канатами є їх висока гнучкість, недоліками – велика маса і можливість раптового руйнування внаслідок швидкого розкриття тріщин, що утворилися, це вимагає ретельного систематичного контролю стану ланок ланцюга. Тому ланцюгові стропи отримали широке застосування в тих галузях народного господарства, де застосування канатних стропів неефективне, тобто в умовах високих температур, абразивного зносу або переміщення вантажів з гострими краями.

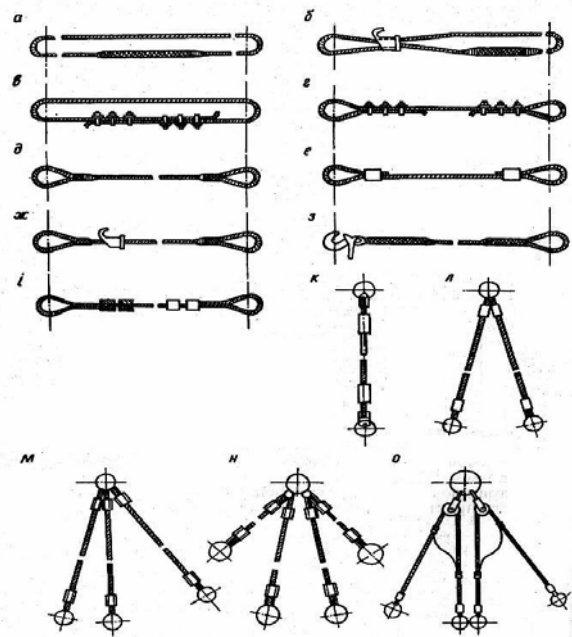


Рис. 7.10. Принципова схема стропів:
а, б, в – універсальні стропи типу СКК;
г, д, е, ж, і – полегшені (двопетлеві) типу СКП
(і – з металевими прокладками);
к – до однопіткової марки СК;
л – двохпіткові марки 2СК; м – трьохпіткові марки 3СК; н – чотирьохпіткові марки 4СК;
о – чотирьохпіткові марки 4СК виконання 2

У відповідності з ДСТУ БВ 2.8-10-9 канатні стропи виготовляються наступних марок (рис. 7.10): СКК (табл. 7.19) строп канатний кільцевий (універсальний); СКП (табл. 7.20) строп канатний двухпетльовий (полегшений); 1СК, 2СК, 3СК, 4СК (табл. 7.21) стропи канатні одно-, двох-, трьох-, чотирьохниткові.

Таблиця 7.19

Характеристика стропів типу СКК

Позначення стропа		Вантажо- підйомність стропа, т	Розрахункове розривне зусилля нитки каната, кН, не менш	Ширина стропа В, мм	Довжина стропа L, м	Діаметр каната за ГОСТ 3071 74, дк, мм
виконання 1	виконання 2					
СКК1 0,8	СКК2 0,8	0,56	23,5	50	0,8...30	7,6
СКК1 1	СКК2 1	0,7	29,4	50	0,8...30	8,5
СКК1 1,6	СКК2 1,6	1,1	47	150	1,5...30	11,5
СКК1 2,5	СКК2 2,5	1,8	74	150	1,5...30	13,5
СКК1 3,6	СКК2 3,6	2,55	106	150	1,5...30	15,5
СКК1 5	СКК2 5	3,55	147	200	2...30	22,5
СКК1 9	СКК2 9	6,36	265	200	2...30	24,5
СКК1 11	СКК2 11	7,8	324	200	2...30	27
СКК1 12,5	СКК2 12,5	8,5	368	200	2...30	29
СКК1 16	СКК2 16	11,3	470	250	2...30	33,5

Таблиця 7.20

Характеристика стропів типу СКП

Позначення стропа		Вантажо- підйомність стропа, т	Розрахункове розривне зусилля нитки та каната, кН, не менш	Довжина стропа L, м	Ширина стропа В, мм	Діаметр каната за ГОСТ 3071 74, дк, мм
виконання 1	виконання 2					
СКП1 0,4	СКП2 0,4	0,28	23,5	1...15	240	7,6
СКП1 0,5	СКП2 0,5	0,35	29,4	1...15	240	8,5
СКП1 0,9	СКП2 0,9	0,63	52,9	2...20	320	11,5
СКП1 1,25	СКП2 1,25	0,88	73,6	2...20	320	13,5
СКП1 1,8	СКП2 1,8	1,3	106	2...20	320	15,5
СКП1 3,6	СКП2 3,6	2,55	212	3...25	400	22,5
СКП1 4,5	СКП2 4,5	3,2	265	3...25	400	24,5
СКП1 6,3	СКП2 6,3	4,45	371	3...25	400	29
СКП1 8	СКП2 8	5,65	471	4...30	500	33,5
СКП1 11	СКП2 11	7,8	647	4...30	500	38

Універсальні стропа типу СКК випускаються в формі замкненої петлі певної довжини. Кінці канатних універсальних стропів з'єднують запліткою, яка дорівнює 40 діаметрам каната, або затискачами. Способи підвішування універсальних стропів на крюк вантажопідіймальної машини, хоч і застосовуються в сучасному будівництві, мають істотний недолік: такелажнику в більшості випадків доводиться підійматися до вузла кріплення стропа для його розстроповки.

Полегшені стропа типу СКП виготовляють з відрізків канатів діаметром

до 38 мм. У залежності від призначення стропа на кінцях його влаштовують петлі з коушами або без них.

Коуш – це стальна пластинка, що вкладається в петлю стропа для запобігання каната від перетирання та інших механічних впливів.

Незважаючи на те, що виготовити полегшений строп складніше, ніж універсальний, цей тип стропа застосовується дуже широко, особливо для строповки елементів, маса яких не перевищує 5 т.

На кінцях полегшених стропів ставляться заплетки, довжина яких складає не менше за 20 діаметрів каната або робляться затиски (втулки).

Таблиця 7.21

Характеристика стропів типу СК

Позначення стропа	Вантажопідйомність	Довжина стропа	L, м	Навантаження, що допускається, кН	
				на ланку	на захоплення
1СК 0,5	0,5	1,1	10	4,9	4,9
1СК 1	1	1,1	15	9,81	9,81
1СК 2	2	1,4	16	19,62	19,62
1СК 3,2	3,2	1,5	20	31,4	31,4
1СК 5	5	1,5	20	49,05	49,05
1СК 10	10	2	20	98,1	98,1
2СК 0,5	0,5	0,9	5	4,9	3,92
2СК 1	1	1,1	15	9,81	7,85
2СК 2	2	1,4	16	19,62	15,7
2СК 3,2	3,2	1,4	16	31,4	24,52
2СК 5	5	1,5	20	49,05	39,24
3СК 1	1	1,2	10	9,81	4,9
3СК 2	2	1,2	15	19,62	9,81
3СК 3,2	3,2	1,6	16	31,4	15,7
3СК 5	5	1,6	16	49,05	24,52
3СК 10	10	2,2	20	98,1	49,05
4СК1 1	1	0,9	5	9,81	3,92
4СК1 2	2	1,3	15	19,62	7,85
4СК1 3,2	3,2	1,3	15	31,4	12,26
4СК1 5	5	1,6	16	49,05	19,62
4СК1 10	10	1,8	20	98,1	39,24
4СК2 1	1	1	5	9,81	3,92
4СК2 2	2	1	10	19,62	7,85
4СК2 3,2	3,2	1	10	31,4	12,26
4СК2 5	5	1,6	15	49,05	19,62
4СК2 10	10	1,8	20	98,1	39,24

Типові схеми строповки залізобетонних виробів представлені на рис. 7.11.

Одно і багатониткові стропа типу СК служать для строповки елементів за одну або декілька точок. Багатониткові стропа комплектуються з однострипових стропів з навісними і вантажозахватними ланцюгами.

Траверси – це знімні вантажозахватні пристрої, призначені для строповки довгомірних і великогабаритних вантажів. Основне призначення траверсів – оберігати вироби, що підіймаються, і конструкції від впливу стискаючих зусиль, виникаючих в них при застосуванні звичайних стропів. Так, при підйомі стінної панелі, що має дверний або віконний отвір, стискаючі зусилля можуть зруйнувати її в перетині над отвором.

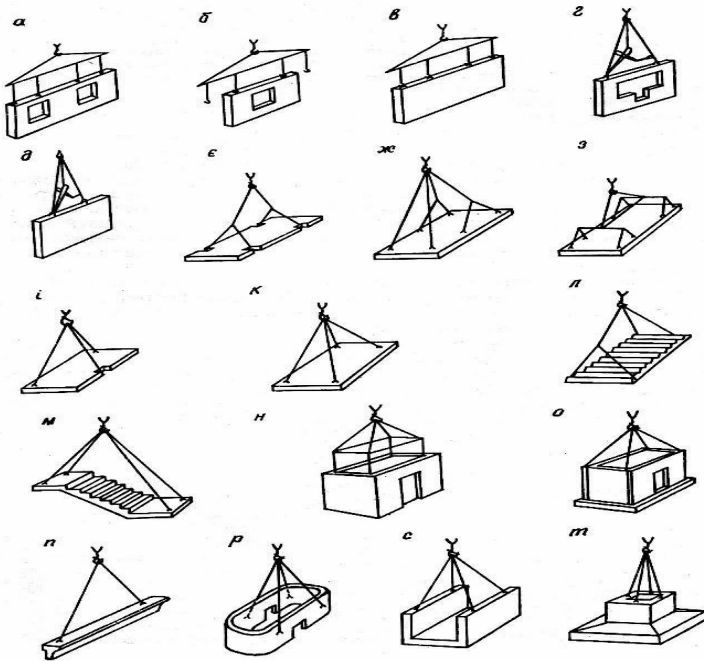


Рис. 7.11. Типові схеми строповки залізобетонних виробів

Застосування траверси забезпечує вплив на панель тільки вертикальних сил, в той час як стискаючі зусилля сприйме сама траверса, крім того, траверси застосовують і в тих випадках, коли стропи, що є в наявності при підйомі виробу або конструкції, не забезпечують максимально допустимого кута між гілками стропів і виникає небезпека руйнування стропи (рис. 7.11-б).

Конструктивно траверси поділяються на площинні і просторові. Площинні траверси застосовують для строповки балок, колон, стінових панелей, ферм, листового металу.

Просторові траверси служать для строповки об'ємних конструкцій, технологічного обладнання і т.п.

Площинні траверси виконують балочними або решітчастими у вигляді ферм. Найбільш поширеними є балочні траверси (рис. 7.12), які виготовляють з труб або з двох сполучених між собою швелерів або кутків, на кінцях яких закріплюються

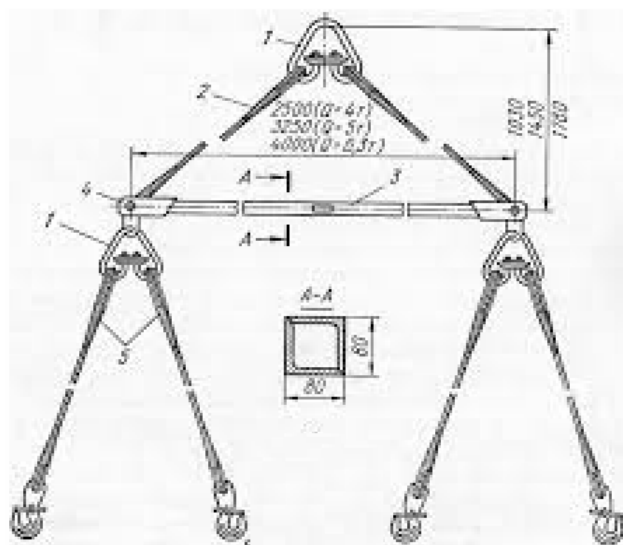


Рис. 7.12. Балочна траверса: 1 – навесні рамки; 2 – розтяжний канат; 3 – балка; 4 – замок кріплення; 5 – канати стропи

стропи. Довжина балочної траверси звичайно не перевищує 4 м.

Для кріплення стропів в балці роблять отвори або вварюють листи в проушини, причому при можливості зміни робочої довжини траверси їх може бути вварені декілька пар. Одним з методів збільшення робочої довжини траверси є також застосування вставок в основній балці. Цей метод розширює діапазон використання траверси, однак пов'язаний з втратою часу на її переналадку.

Тому в більшості випадків експлуатації, особливо при строповці однотипних вантажів, доцільніше мати окреми траверси для кожного типу вантажу.

Гратчасті траверси виготовляють звичайно у вигляді найпростіших ферм трикутної або трапецивидної форми (рис. 7.13).

Траверси навішуються на крюк крана за допомогою пальця, косинки, проушини або тяги (гнучких або жорстких), сполученої шарнірно, що повністю розвантажує їх від згинаючих моментів. Підвіска траверсів до крюка крана за допомогою тяги приводить до втрати корисної висоти підйому, тому застосування останніх при монтажі не завжди доцільно.

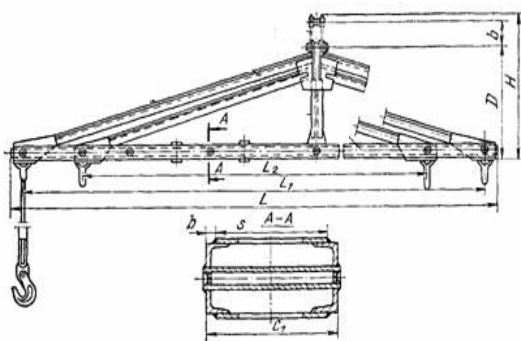


Рис.7.13. Решітчаста траверса

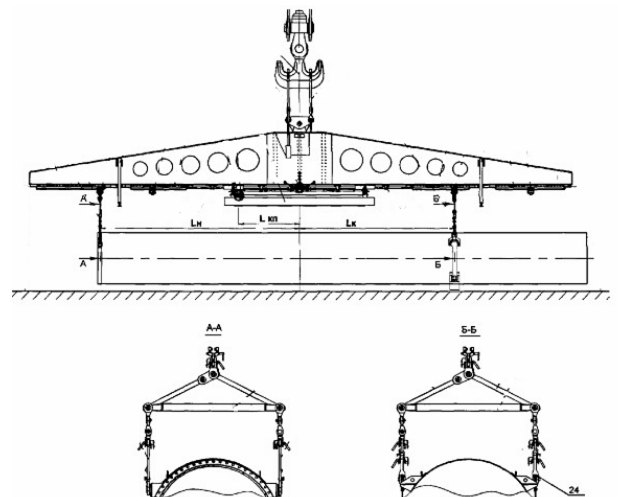


Рис. 7.14. Балансирна траверса

Канатні стропи можуть зв'язуватися з траверсою балансірно шляхом обгинання строповим канатом роликів, закріплених на траверсі. Такі траверси отримали назву балансірних (рис. 7.14) і використовуються вони при підйомі вантажів, у яких точки захоплення розташовані на різних рівнях або різних відстанях від центра тяжіння. Врівноважуючі балансірні траверси застосовуються також при підйомі вантажів двома кранами різної вантажопідйомності. Траверса в цьому випадку має дві підвіски для навішування на крюки кранів, що виключає можливість перевантаження одного з кранів.

Різноманітність будівельних конструкцій по габаритах, розмірах, формах і масі приводить до різного конструктивного виконання траверс. Траверси деяких типів нормалізовані.

Універсальні траверси вантажопідйомністю 4-16 т (рис. 7.15) з обоймами, що пересуваються по балці, розроблені ЦНДІОМТП для застосування при

монтажі великих будівельних конструкцій, що мають чотири точки підвішування. Траверса складається з балки трубчастого перетину з двома вантажними обоймами, двох розтяжок, що сходяться на трикутній скобі, яка навішується на крюк крана. Вантажні обойми виконані пересувними по балці і обладнані підвісками для строп.

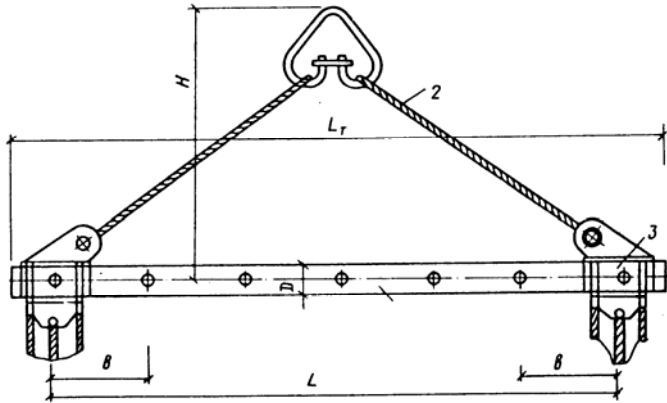


Рис. 7.15. Універсальна траверса з пересувними обоймами: 1 – трубчаста балка, 2 – розтяжка, 3 – обойма

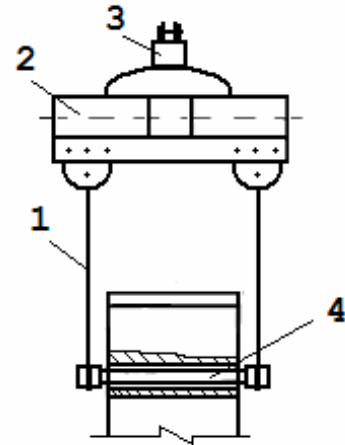


Рис. 7.16. Уніфікована траверса для монтажу колон: 1- стропи, 2 – балка, 3 – підвіски, 4 – палець

Уніфіковані траверси вантажопідйомністю 4...32 т з пальцевим захопленням і штирьовим замком призначені для підйому і монтажу колон. Траверса виконана у вигляді зварної балки (рис. 7.16), обладнаної підвісками, і комплектується стропами з штирьовими замками, забезпеченими пристроями для дистанційної розстроповки встановлених колон. Основою балки є двотавровий профіль, до якого приварена підвіска (для закріплення траверси на крюк крана) і боковини для кріплення строп.

Просторові траверси бувають або з окремих площинних траверсів, або з системи балок, змонтовані з об'ємних конструкцій, технологічного обладнання і т.п.

7.5.1.2. Розрахунок параметрів строп

Монтаж будівельних виробів, конструкцій і технологічного обладнання проводиться, зокрема, з використанням гнучких строп. Строповка цих елементів виконується за заздалегідь розроблених схемах, які закладаються в проект і реалізуються у вигляді спеціальних конструкторських елементів при виготовленні виробів і конструкцій, збиранні технологічного обладнання.

Необхідність розрахунку параметрів цього вантажозахватного пристосування в ряді випадків диктується широкою номенклатурою елементів, що монтуються і різноманітністю технологічного обладнання. Задача такого розрахунку є визначення:

- розривного зусилля, що діє на одну гілку через зусилля натягнення;
- вибір необхідного типу каната.

Алгоритм рішення задачі представляється послідовністю виконання наступних операцій.

Постановка задачі: уточнення маси вантажу, що підіймається; загального числа гілок стропа, необхідного для підйому вантажу; кута між нахилом стропа і дією навантаження по вертикалі
Визначення коефіцієнта нахилу гілки стропа до вертикалі
Розрахунок зусилля натягнення однієї гілки стропа
Визначення коефіцієнта запасу
Розрахунок розривного зусилля гілки стропа
Перевірка забезпечення початкових умов. Вибір каната стропа

Примітка: Програма забезпечення рішення задачі розрахунку параметрів стропа представлено відповідною інструкцією користувача.

Для забезпечення безпеки експлуатації такелажні пристосування потребують інженерного розрахунку.

Канати. Для вибору необхідного перетину каната визначають зусилля, що виникають в ньому:

- при похилому положенні каната (рис. 7.17)

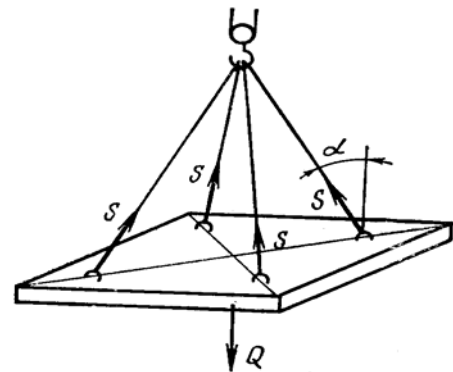


Рис. 7.17. Схема зусилля в гілках стропа

$$S = (1 / \cos \alpha) \cdot (Q / m) = K \cdot (Q / m), \quad (7.28)$$

де: α – кут нахилу гілки до вертикалі;
 Q – вага вантажу, що підіймається, Н;
 m – число гілок каната (стропа);
 значення коефіцієнта K в залежності від α ;

- при вертикальному положенні каната

$$S = Q / m. \quad (7.29)$$

Мінімальний діаметр каната, мм, визначається за формулою:

$$d = C \cdot S^{1/2}, \quad (7.30)$$

де: C – коефіцієнт вибору каната, мм/Н^{1/2} (табл.7.22);

S – максимальний натяг каната, Н, з урахуванням максимального робочого навантаження, ваги блокової обойми та вантажозахоплювального пристрою, кратності та ККД поліспасти, а також ваги висячого каната (якщо вантаж, який підіймається, знаходиться на 5 м нижче від поворотного механізму підйомального пристрою).

Коефіцієнти z_p та C (для $R_0 = 1570 \text{ Н/мм}^2$ і $K' = 0,2948$)

Група класифікації механізмів	Значення z_p для канатів		$C, \text{ мм/Н}^{1/2}$
	рухомих	нерухомих	
M1	3,15	2,5	0,085
M2	3,35	2,5	0,87
M3	3,55	3	0,09
M4	4	3,5	0,095
M5	4,5	4	0,1
M6	5,6	4,5	0,112
M7	7,1	5	0,125
M8	9	5	0,14

Коефіцієнт вибору каната C :

$$C = (z_p / K' \cdot R_0)^{1/2}, \quad (7.31)$$

де: z_p - мінімальний фактичний коефіцієнт використання (табл. 7.22);

K' – емпіричний коефіцієнт мінімального розривного навантаження каната даної конструкції (див. табл. 4 в ІСО 2408-85);

R_0 – мінімальна межа міцності на розтяг дротиків каната, Н/мм^2 .

Сталеві канати вибирають, розраховуючи їх за формулою:

$$z_p = F_0 / S, \quad (7.32)$$

де: z_p - мінімальний допустимий коефіцієнт використання (запасу міцності);

F_0 – розривне зусилля, Н , яке беруть з сертифікату (заводського паспорта на канат), а в проектуванні – з державного стандарту;

S – максимальний допустимий натяг вітки каната, Н , з урахуванням ККД поліспасти.

Якщо в сертифікаті чи свідоцтві про випробування дається сумарне розривне зусилля, то зусилля S треба знаходити множенням сумарного розривного зусилля на 0,83 або на відповідний коефіцієнт, визначений за стандартом на канат вибраного типу.

Коефіцієнт запасу міцності каната для стропів приймають не менш як 8.

При розрахунку вантажозахватних пристосувань за допомогою ЕОМ визначають:

- зусилля, яке діє на одну гілку стропа через зусилля натягнення;
- вибір необхідного типу каната.

Алгоритм рішення задачі представлений в блок-схемі.

Технічні данні гнучких стропів визначають розрахунком (рис. 7.17). Для цього обчислюють розрахункове зусилля в одній вітці стропа без урахування коефіцієнта навантаження і впливу динамічного ефекту, кН :

$$S = Q / m \cdot \cos\alpha = k \cdot Q / m, \quad (7.33)$$

де: Q – вага вантажу, який піднімається, кН ;

- m – загальне число віток стропів;
 α – кут між напрямом дії розрахункового зусилля стропів;
 k – коефіцієнт, що залежить від кута нахилу α вітки до вертикалі (табл. 7.23).

Блок-схема

Постановка задачі:	
уточнення маси вантажу, що підіймається; загального числа гілок стріли, необхідного для підйому вантажу; кута між нахилом стропи і дією навантаження по вертикалі	
Визначення коефіцієнта нахилу гілки стропи до вертикалі	
Розрахунок зусилля натягнення однієї гілки стропи	
Визначення діаметру каната	
Розрахунок розривного зусилля гілки стропи	
Перевірка забезпечення початкових умов. Вибір каната стропаи	

Таблиця 7.23

Значення коефіцієнта k

α, градуси	0	15	30	45	60
k	1	1,08	1,15	1,42	2

За рахунковим зусиллям S та коефіцієнту запасу міцності для стропи k_3 , визначається розривне зусилля у нитці стропи $R = k_3 \cdot S$. Найменший припустимий коефіцієнт запасу міцності сталевих канатів k_3 наведено в табл. 7.24:

Таблиця 7.24

Коефіцієнт запасу міцності сталевих канатів

Вид стропів, розчалок		k_3
стропи з обв'язуванням чи зачепленням гаками чи сергами		4
виті стропи при співвідношенні D / d^* від 1,5 і більше		5
рушникові стропи зі співвідношенням строп:	від 3,5 до 6	5,5
	6 і більше	5
розчалки, відтяжки тяги при співвідношенні D / d :	від 4 до 5	5
	понад 5 до 7	4
	понад 7 до 9	3,5
	10 і більше	3

Примітки: * D – діаметр барабана, мм; d – діаметр каната, мм

За найбільшим розривним зусиллям (табл 7.19, 7.20) добирають канат і визначають його технічні дані: тимчасовий опір на розрив, найближчий більший до розривного зусилля, а також діаметр.

Приклад. Розрахувати діаметр каната стропа для підйому й перенесення вантажу вагою 160 кН із зачепленням гаками при куті відхилення віток стропа від вертикалі 30° ; кількість віток – $m=4$.

Для $\alpha = 30^\circ$ коефіцієнт $k = 1,15$.

$$S = 1,15 \cdot 160 / 4 = 46 \text{ кН.}$$

Мінімальний діаметр каната:

$$d = 0,09 \cdot 214,4 = 19,3 \text{ мм.}$$

За таблицею ГОСТ 7668-80* обираємо канат типу ЛК-РО 6х36 діаметром 22 мм з тимчасовим опором на разрив дроту 2000 МПа, який має розривне зусилля 370 кН.

Якщо прийняти кількість віток стропи $m = 3$, то зусилля на одну вітку:

$$S = 1,15 \cdot 160 / 3 = 61,3 \text{ кН.}$$

Мінімальний діаметр каната:

$$d = 0,09 \cdot 247,6 = 19,3 \text{ мм.}$$

За таблицею ГОСТ 7668-80* обираємо, що для даного випадку потрібен канат типу ЛК-РО 6х36, який має діаметр 23,5 мм з тимчасовим опором на разрив дроту 2000 МПа, який має розривне зусилля 504,5 кН.

Траверси, як правило, розраховують на вигин і на стиснення.

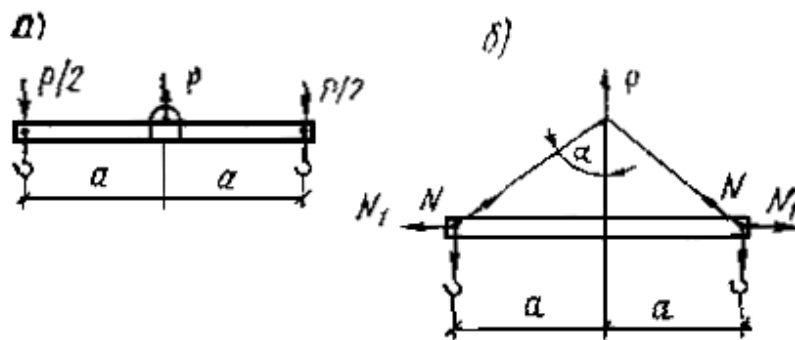


Рис. 7.18. Розрахункові схеми траверси, працюючої на вигин (а) і на стиснення (б)

Для траверси, працюючої на вигин, підраховується діюче навантаження (рис. 7.18-а):

$$P = Q \cdot K_n \cdot K_d, \quad (7.34)$$

де: Q – вага вантажу, що підіймається, Н;

K_n – коефіцієнт перевантаження, рівний 1,1;

K_d – коефіцієнт динамічного навантаження, рівний 1,2.

Максимальний розгинаючий момент на траверсі:

$$M_{\max} = P (a / 2), \quad (7.35)$$

де: a – довжина плечей траверси, см.

Необхідний момент опору поперечного перетину траверси:

$$W_{\text{тр}} \geq M_{\max} / (m \cdot R \cdot \phi), \quad (7.36)$$

де: m – коефіцієнт умов роботи, рівний 0,85;
 R – розрахунковий опір при вигині в траверсі (визначається за ДБН);
 φ – коефіцієнт стійкості при вигині.

Вибирається розрахункова схема перерізу траверси, що задається суцільною або крізною конструкцією балки. Для суцільної балки використовують швелер, двотавр або сталеву трубу.

Для суцільних балок, користуючись довідниками і таблицями, вибирають профіль з моментом опору W , найближчим до необхідного $W_{тр}$.

Траверси, які працюють на стиснення (рис. 7.18-б), розраховують на міцність і стійкість.

Для розрахунку на міцність знаходять зусилля в гілках каната:

$$N = Q / 2 (\cos \alpha), \quad (7.37)$$

де: Q – вага вантажу, що підіймається, Н; α – кут нахилу каната до вертикалі, град.)

Зусилля в розпірці:

$$N_1 = Q \cdot K_n \cdot K_d \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2. \quad (7.38)$$

За знайденим зусиллям підбирають діаметр каната і поперечний перетин розпірки. Потім розпірку перевіряють на стійкість як стержень, працюючий на стиснення.

Розрахунковий опір стисненню в розпірці:

$$R = N_1 / (m \cdot F \cdot \varphi), \quad (7.39)$$

де: F – площа перетину розпірки, см^2 ;
 φ – коефіцієнт подовжнього вигину.

Канатні підвіски, що з'єднують вантаж що підіймається з траверсою, розраховуються як гнучкі канати, одного блоку.

Блоки (ролики). При виборі блоку визначають його діаметр за вище наведеної формулі, а вантажопідйомність блоку – виходячи із зусилля в канаті, що огинає блок.

Зусилля, діюче на відвідний однороликовий блок (рис. 7.19):

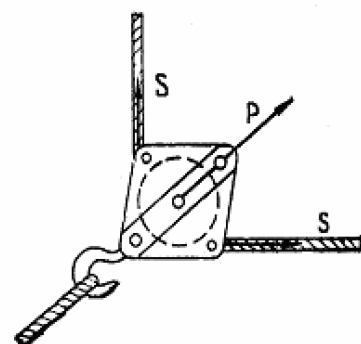


Рис. 7.19. Розрахункова схема відвідного блока

$$P = S \cdot K_0, \quad (7.40)$$

де: S – зусилля, діюче на канат, що проходить через ролик, кН;
 K_0 – коефіцієнт, який залежить від кута α обхвату канатом ролика блоку.

Значення коефіцієнта K_0 в залежності від α , град, складає: 2 - 0; 1,8 - 35; 1,4 - 90; 0,8 - 150; 1,9 - 30; 1,7 - 60; 1,0 - 120; 0,0 - 180.

За знайденим зусиллям за допомогою довідкових матеріалів підбирають блок.

Перевірочний розрахунок поліспаств, що застосовуються при такелажних роботах, зводиться до визначення необхідної сили тяги для підйому або переміщення вантажу, рівної зусиллю в канаті, що йде на лебідку:

$$S_k = \frac{(f-1)Q \cdot f^i}{(f^n - 1)}, \quad (7.41)$$

де f – коефіцієнт, що враховує втрати від тертя і жорсткості каната при огинанні ним одного ролика (для роликів на бронзових втулках $f = 1,04$; для роликів на підшипниках кочення $f = 1,02$);

i – порядковий номер нитки (каната, для якого визначається сила тяги);

n – число робочих ниток поліспаства, на яких підвішений пересувний блок (вантаж);

Q – вага вантажу, що підіймається, Н.

Порядковий номер нитки електролебідки визначається від нитки, кінець якої нерухомо закріплений на одному з блоків, і яку приймають за нитку №1. Все інші нитки нумеруються послідовно. У практиці для знаходження зусиль в канаті електролебідки використовується формула:

$$S = a \cdot Q, \quad (7.42)$$

де: a – коефіцієнт, що приймається по довідниках і що залежить від числа робочих ниток, робочих відвідних роликів.

Таблиця 7.25

Площа перерізу розпірки

Номер нитки, i (n)	F		
	1,02	1,04	1,06
0	1	1	1
1	1,02	1,04	1,06
2	1,04	1,082	1,124
3	1,064	1,125	1,191
4	1,082	1,17	1,202
5	1,104	1,217	1,338
6	1,126	1,265	1,418
7	1,149	1,316	1,504
8	1,172	1,368	1,594
9	1,195	1,423	1,689
10	1,219	1,48	1,719
11	1,243	1,539	
12	1,268	1,601	
13	1,294	1,655	
14	1,319	1,732	

Довжина каната для оснащення електролебідки:

$$L = m (H + \pi \cdot d) + l + \pi \cdot n \cdot D, \quad (7.43)$$

де: m – число ниток електролебідки;
 H – максимальна висота підйому (відстань переміщення) вантажу, м;
 d – діаметр ролика, м;
 l – довжина збігаючого кінця каната рухомого блоку до барабана лебідки, м;
 n – мінімальне число витків каната на барабані лебідки (2-3);
 D – діаметр барабана лебідки, м.

Тягове зусилля на барабані лебідки при її роботі визначають з співвідношення:

$$S_{\sigma} = \frac{N_{\text{дв}} \eta}{\omega_{\sigma} (R_{\sigma} + \Delta R)}, \quad (7.44)$$

де: S_{σ} – тягове зусилля на барабані, Н;
 $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, Вт;
 η – КПД передачі від привідного вала до барабана лебідки;
 R_{σ} – радіус барабана лебідки, м;
 ω_{σ} – кутова швидкість барабана лебідки, рад/с;
 ΔR – товщина навитих на барабан шарів каната, м.

Для кріплення лебідок, талей, поліспастів і вант влаштовують **якоря**, які розраховуються на необхідні зусилля.

Так, при розрахунку горизонтальних якорів, заглиблених в ґрунт, визначається стійкість якоря від виривання при дії вертикальних сил (рис. 7.20-а).

Стійкість якоря:

$$G_{\text{г}} + T > K_y \cdot N_2, \quad (7.45)$$

де: $G_{\text{г}}$ – вага ґрунту засипки, Н. Тут

$$G_{\text{г}} = (a + b) \cdot H \cdot l \cdot \gamma / 2, \quad (7.46)$$

де: a і b – розміри котловану, м;
 H – глибина заложення анкера, м;
 l – довжина анкера, м;
 γ – об'ємна маса ґрунту, г/м³;
 T – сила тертя, Н. Тут

$$T = f \cdot N_1 = f \cdot N \cdot \cos \alpha, \quad (7.47)$$

де: f – коефіцієнт тертя, що приймається для дерева 0,5, для сталі 0,45;
 N – зусилля в тязі якоря, кН;
 α – кут нахилу вантажної тяги якоря до горизонту;
 K_y – коефіцієнт стійкості якоря, рівний 3;
 N_2 – вертикальна складова зусилля в тязі якоря, кН.

Перетин горизонтальної колоди при двох точках кріплення тяги визначають з умови вигину і стиснення (рис. 7.20-б).

Згинаючий момент в колоді:

$$M = q \cdot c^2 / 2, \quad (7.48)$$

де: q – рівномірно розподілене навантаження на колоді з урахуванням коефіцієнта перевантаження, рівного 1,1;

$q = 1,1 \cdot N/L$. Тут L – повна довжина колоди, см;

c – відстань від кінця колоди до тяги, см.

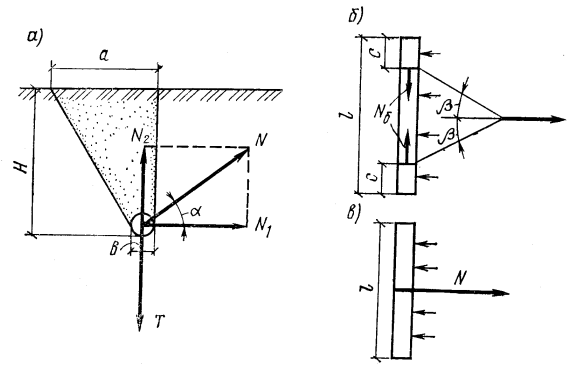


Рис. 7.20. Розрахункова схема якорю: а – горизонтально розташованого заглибленого (з колоди); б – при ув'язці тяги за дві точки; в – те ж саме, за одну точку

Осьова сила в колоді $Q = N \cdot \text{tg } \beta/2$. розрахунковий опір в колоді:

$$\sigma_6 = \frac{M}{mW} + \frac{Q}{mF} \leq R_{д.бр}, \quad (7.49)$$

де: m – коефіцієнт умов роботи, рівний 0,85;

W – момент опору перетину колоди, см^3 ;

F – площа перетину колоди, см^2 ;

$R_{д.бр}$ – напруження в перетині колоди, що допускається, Н/см^2 .

При одній точці кріплення тяги (рис. 7.20-в) колоду розраховують на вигин. Максимальний згинаючий момент в колоді:

$$M = q \cdot L^2 / 8. \quad (7.50)$$

Розрахунковий опір в колоді:

$$\sigma_6 = \frac{M}{mW} \leq R_{д.бр}. \quad (7.51)$$

Такелажні скоби, пальці, осі шарнірів і проушин є важливими елементами комплексу вантажозахватних пристосувань Вони можуть виконувати роль з'єднувальних елементів, а також бути самостійним вантажозахватним пристосуванням.

При розрахунку такелажних скоб визначають зусилля, яке діє на скобу:

$$P = S \cdot k_{п} \cdot k_{д}, \quad (7.52)$$

де: S – навантаження, діюче на скобу (вага вантажу, зусилля натягнення каната і т.п.), кН.

За отриманим зусиллям P приймають клинорозмір скоби, що допускається навантаження на неї, кН, найбільший діаметр сталюого каната, вільну довжину штиря, діаметр гілки скоби, мм, діаметр штиря, мм.

Далі перевіряють гілку скоби вибраного типорозміру на міцність при розтягненні:

$$P / (2F_0) \leq m \cdot R_{\text{раст}}, \quad (7.53)$$

де: F_0 – площа перерізу гілки скоби, см^2 ;
 m – коефіцієнт умови роботи, рівний 0,75...0,90.

Потім визначають згинаючий момент в штирі, Н см :

$$M = P \cdot l_{\text{ш}} / 4, \quad (7.54)$$

де: $l_{\text{ш}}$ – вільна довжина штиря.

Різноманітність будівельних конструкцій за габаритами, розмірами, формами і масі приводить до різного конструктивного виконання траверс. Траверси деяких типів нормалізовані.

Момент опору перетину штиря, см^3 :

$$W = 0,1 d_{\text{ш}}^3, \quad (7.55)$$

де $d_{\text{ш}}$ – діаметр штиря.

По отриманих значеннях перевіряють на міцність штир скоби при вигині:

$$M / W \leq m \cdot R_{\text{изг}}, \quad (7.56)$$

Перевіряють штир скоби на зріз і отвір на зім'яття:

$$P / (2F_{\text{ш}}) \leq m \cdot R_{\text{ср}}, \quad (7.57)$$

$$P / (2\delta \cdot d_{\text{ш}}) \leq m \cdot R_{\text{см}}, \quad (7.58)$$

де: $F_{\text{ш}}$ – площа перетину штиря, см^2 ;
 δ - товщина бобишки скоби для штиря, рівна діаметру гілки скоби, см .

Приклад. Підібрати і перевірити на міцність такелажну скобу для навантаження $S = 180 \text{ кН}$.

Рішення. За формулою:

$$P = 180 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 237,6 \text{ кН}.$$

За довідковим даними по умові P встановлюємо типорозмір необхідної скоби – 21, для якого:

$$d_{\text{к}} = 52 \text{ мм}, l_{\text{ш}} = 115 \text{ мм}, d_{\text{ск}} = 65 \text{ мм}, d_{\text{ш}} = 76 \text{ мм}.$$

Перевіряємо гілку скоби на міцність при розтягненні за формулою:

$$P = 237,6 / (2 \cdot 35,6) = 3,31 \text{ МПа} < m \cdot R_{\text{р}} = 0,85 \cdot 210 \cdot 10^{-1} = 17,85 \text{ МПа},$$

де площа перетину гілки скоби:

$$F_{\text{с}} = \pi \cdot d^2 / 4 = 3,14 \cdot 6,5^2 / 4 = 35,6 \text{ см}^2.$$

Згинаючий момент в штирі:

$$M = 237,6 \cdot 11,5 / 4 = 680,6 \text{ кН}\cdot\text{см.}$$

Момент опору перетину штиря:

$$W = 0,1 \cdot 7,6^3 = 43,4 \text{ см}^3.$$

Перевіряємо штир – на міцність при вигині:

$$M / W = 680,6 / 43,4 = 15,7 \text{ МПа} \leq m \cdot R_{и} = 0,85 \cdot 210 \cdot 10^{-1} = 17,85 \text{ МПа};$$

- на зріз:

$$P / (2F_{ш}) = 237,6 / (2 \cdot 45,5) = 2,6 \text{ МПа} < m \cdot R_p = 0,85 \cdot 130 \cdot 10^{-1} = 11,05 \text{ МПа},$$

де: $F_{ш} = \pi \cdot d^2 / 4 = 45,5 \text{ см}^2$;

- на зім'яття:

$$P / (2\delta \cdot d_{ш}) = 237,6 / (2 \cdot 6,5 \cdot 7,6) = 2,4 < m \cdot R_{см} = 0,85 \cdot 315 \cdot 10^{-1} = 26,7 \text{ МПа},$$

де $\delta = d_c$.

Розрахунок пальців і осей шарнірів на міцність проводиться в такому порядку. Спочатку визначають згинаючий момент в пальці або осі в залежності від характеру обпирання пальців або осей на проушини і додатку навантаження.

При опиранні на дві проушини із згинаючим зусиллям, прикладеним посередині робочої довжини пальця:

$$M_{п} = N \cdot l, \quad (7.59)$$

де: N – поперечне згинаюче зусилля, діюче на палець або вісь, H ;

l – відстань між проушинами, яка задається, $см$.

При обпиранні пальця або осі на дві проушини і рівних згинаючих зусиллях, прикладених симетрично по робочій довжині пальця або осі в двох точках:

$$N_{п} = N \cdot a / 2, \quad (7.60)$$

де: a – відстань від проушини до точки додатку зусилля, яка задається.

Потім визначають максимальний момент опору поперечного перетину пальця або осі:

$$W_{п} = M_{п} / (m \cdot R), \text{ см}^3, \quad (7.61)$$

де: m – коефіцієнт умов роботи (0,75-0,9);

R – розрахунковий опір круглої прокатної сталі.

Після визначають діаметр пальця, $см$:

$$d = \sqrt[3]{10W_{п}}, \quad (7.62)$$

В процесі монтажу будівельних конструкцій або при демонтажу будівель та споруд використовують обладнання, наведене на рис. 7.21-7.24.

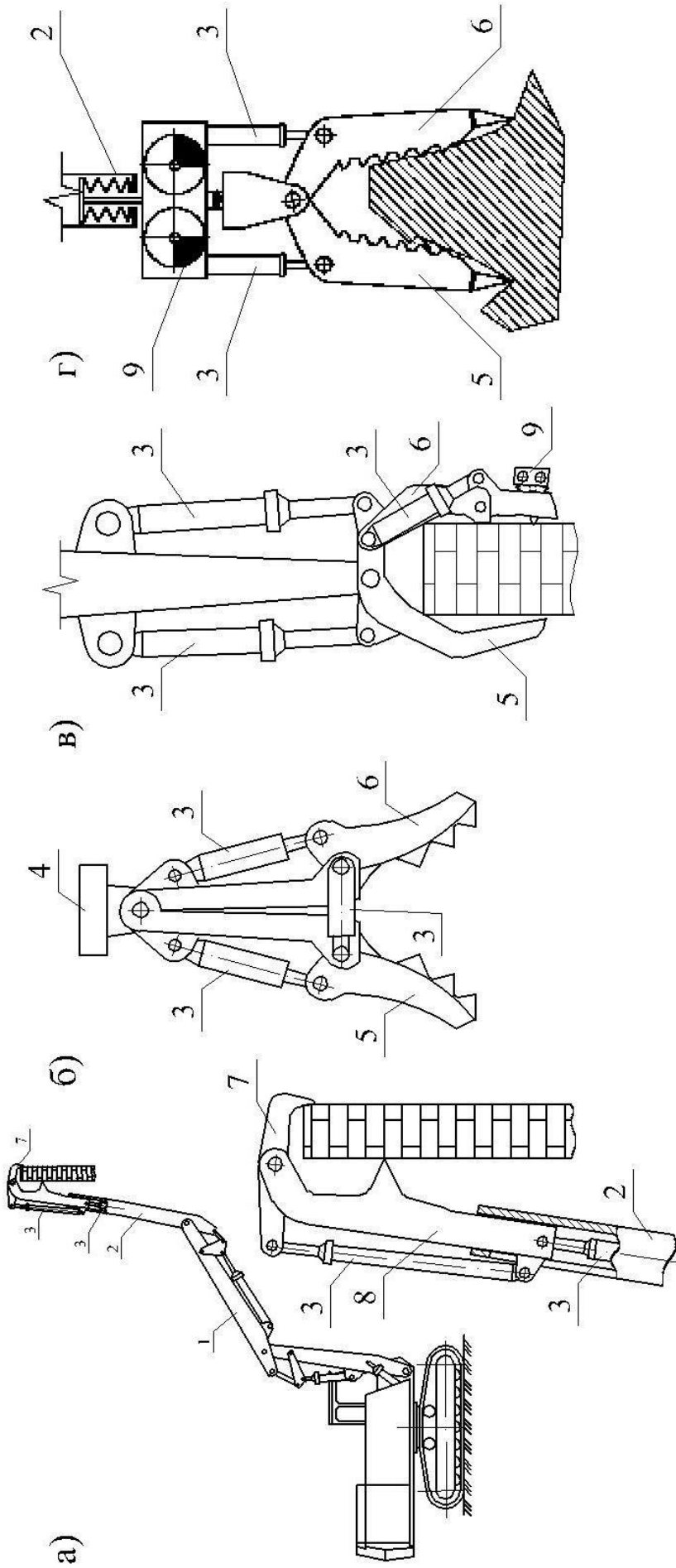


Рис.7.21. Конструктивні рішення робочого обладнання для руйнування конструкцій будівель та споруд, що зносяться:
 а) кліщовий захват; б) гідроножниця; в) двоцелений захват; г) гідроножниця віброударні
 (1 – двосекційна стріла; 2 – рукоять; 3 – гідроциліндри керування;
 4 – модуль орієнтації; 5, 6 – гідрокеровані щелепи; 7 – захват;
 8 – телескопічна вставка; 9 – гідровібратор)

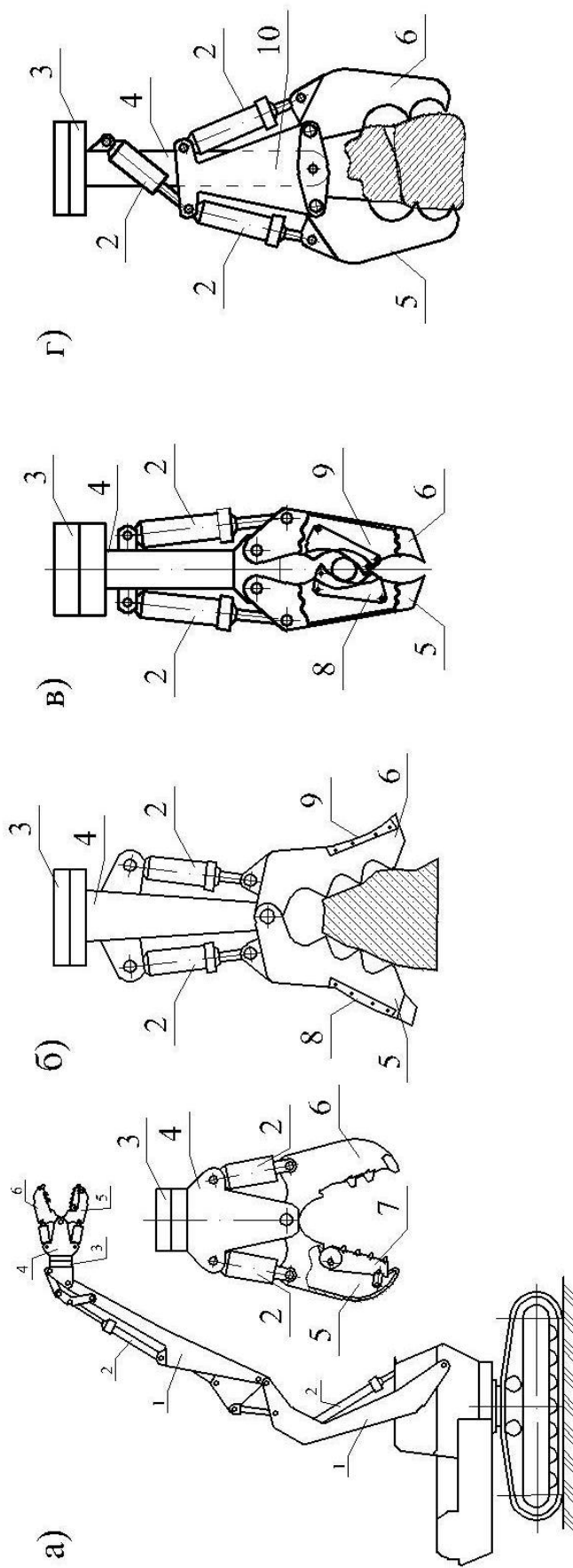


Рис. 7.22. Конструктивні рішення захватно-кліщового робочого обладнання для розбирання будівельних споруд:

а) кліщовий захват інтенсифікуючої дії; б) трансформційний кліщовий захват;

в) багатфункціональний кліщовий захват; г) універсальний кліщовий захват

(1 – двосекційна стріла; 2 – гідроциліндри керування; 3 – модуль орієнтації; 4 – рукоять;

5, 6 – гідрокеровані щелепи; 7 – дробильна плита; 8, 9 – ріжучі ножі; 10 – поворотна вставка рукояті; 11 – гідропривід вставки)

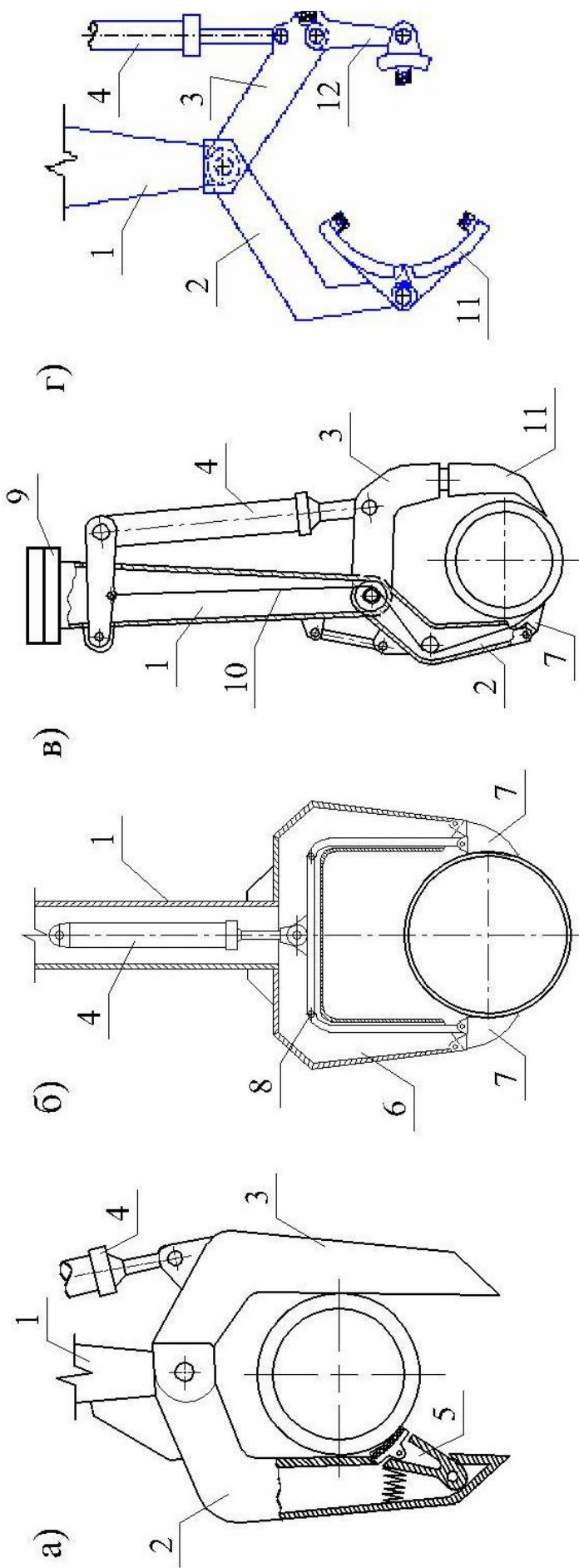


Рис. 7.23. Робоче обладнання для виконання монтажних-демонтажних операцій з технологічними трубопроводами:

а) вилковий захват універсальний; б) вилковий захват спеціальний;

в) кліщовий захват для труб; г) захватно-кліщовий робочий орган

(1 – рукоять; 2 – неповоротна щелепа; 3 – гідрокерована щелепа; 4 – гідроциліндр керування;

5 – підпружинений упор; 6 – П-подібний захват; 7 – утримувачі труб; 8 – шарнірно-важільний механізм;

9 – модуль орієнтації; 10 – канат; 11 – адаптований утримувач труб; 12 – демпферний упор)

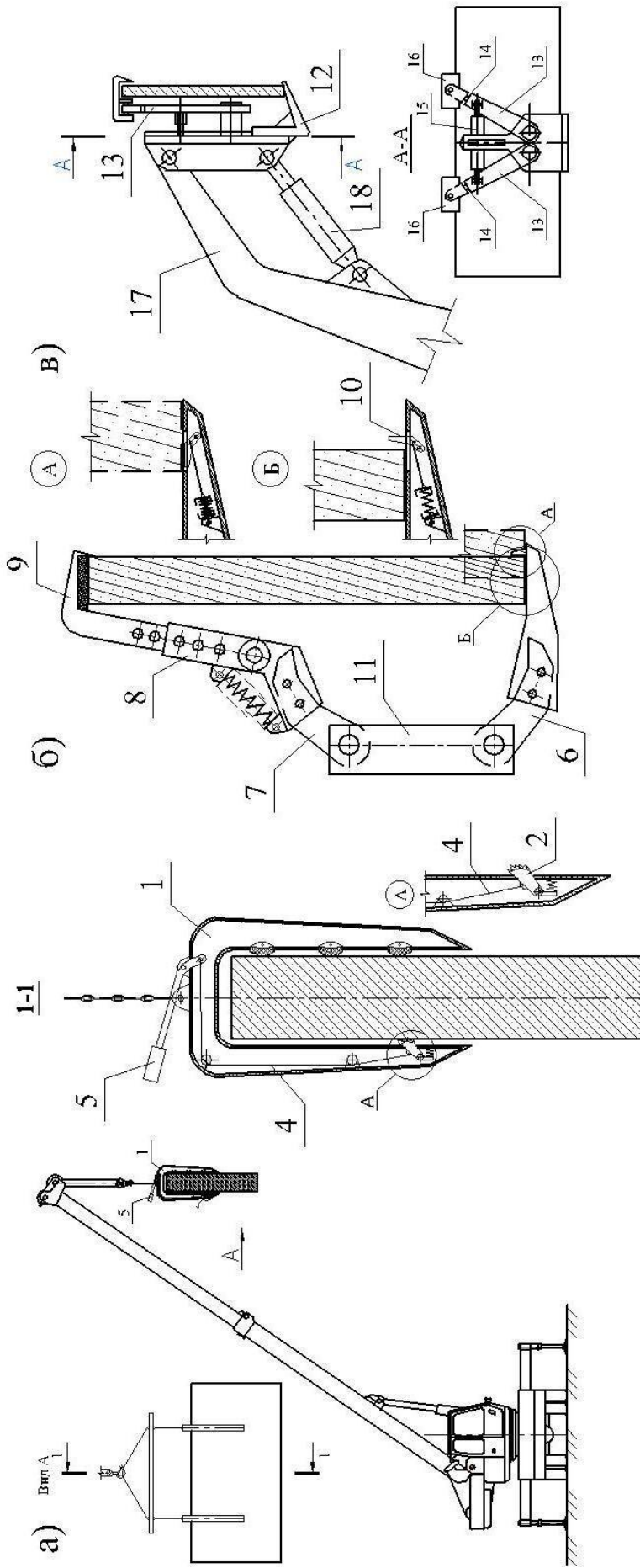


Рис.7.24. Конструктивні рішення робочого обладнання для монтажу (демонтажу) будівельних конструкцій в умовах реконструкції будівель та споруд:

а) вилковий захват для стінових панелей; б) двоцелений захват для блоків; в) V - подібний захват для будівельних конструкцій

(1 – вантажнесуча скоба; 2 – захват; 3 – демпфери; 4 – гнучка тяга; 5 – важіль управління;

6 – нижня гідрокерована щелепа; 7 – верхня гідрокерована щелепа; 8 – телескопічна штанга;

9 – гусак; 10 – підпружинена клямка; 11 – модуль орієнтації; 12 – нижній клин; 13 – стійка;

14 – телескопічна вставка; 15 – гідроциліндр керування; 16 – баїмаки з захоплюючими кликами;

17 – стріла; 18 – гідроциліндр керування робочим органом)

7.5.2. Розрахунок стійкості великих стінових блоків при монтажі зовнішніх стін в житлових будівлях

При зведенні будівель з великих стінових блоків мають випадки падіння блоків зовнішніх стін, що приводить часто до нещасних випадків з летальним виходом.

Основними навантаженнями, що спричиняють перекидання блоків, є вітровий вплив і сила тяжкості самого блоку. Перекидаючий момент від цих сил визначається за формулою (рис. 7.25):

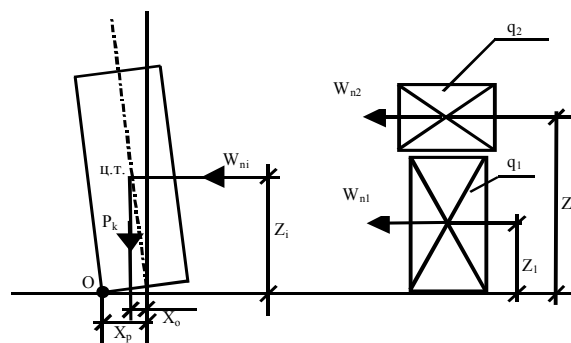


Рис. 7.25. Схема загрузок, діючих на стіновий блок

$$M_{\text{опр}} = M_{\text{в}} - M_{\text{р}} = \sum_{i=1}^k W_{ni} \cdot Z_i - (X_p - X_o) \cdot P_k, \quad (7.63)$$

де: $M_{\text{в}}$ – момент сили вітрового натиску відносно шарніра перекидання (точка **O**); кН·м;

$M_{\text{р}}$ – момент сили тягара відносно шарніра перекидання, кН·м;

W_{ni} – рівнодіюча від повного вітрового впливу, що визначається по розподіленому навантаженню і прикладена в геометричному центрі фігури вітрового навантаження (вітрове навантаження приймається згідно ДБН В.1.2-2:2006), кН;

Z_i – плече дії і такої ж сили вітрового навантаження, м;

X_o – відстань від осі конструкції до шарніра перекидання, вибрана в залежності від умов спирання, м;

X_p – відхилення центра тягара конструкції від геометричної вертикальної осі, м;

P_k – об'ємна маса блоку.

Як приклад розглянемо пристрій зовнішнього блоку (НБ-12) з такими геометричними характеристиками: довжина – 190 мм (l); висота – 2180 мм (h); товщина – 400 мм (a); маса блоку – 1503 кг (Q); об'єм бетону – 0,916 м (V).

Розрахуємо зусилля, необхідне для перекидання блоку при вертикальному переміщенні його відносно точки «**O**». У тому випадку, якщо прикласти зусилля до встановленого блоку на висоті $C = 1,2$ м від опорної поверхні, рівне/більш, ніж (рис. 7.26):

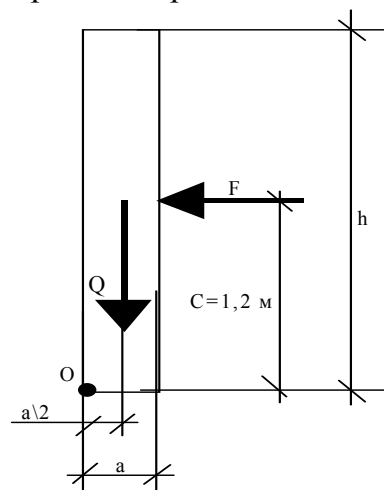


Рис. 7.26. Схема до розрахунку

$$F = 0,5 \cdot Q \cdot a / C = 0,5 \cdot 1503 \cdot 0,4 / 1,2 = 250,5 \text{ кгс},$$

то станеться його перекидання.

При зведенні 12-14 поверхової будівлі на встановлений простіночний блок (відмітка перекриття становить +40,0 м) впливає вітрове навантаження, яке потрібно визначати як суму середніх і пульсаційних складових (рис. 7.27).

Нормативне значення складаючого вітрового навантаження W_m на висоті z над поверхнею землі визначається за формулою:

$$W_m = W_0 \cdot k \cdot c, \quad (7.64)$$

де: W_0 – нормативне значення вітрового тиску, (визначається по рис. 9.1 ДБН В.1.2-2:2006), в залежності від вітрового району;

k – коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску по висоті (визначається по табл. 9.1 ДБН В.1.2-2:2006), в залежності від типу місцевості);

c – аеродинамічний коефіцієнт (на стадії монтажу будівлі використовується коефіцієнт зовнішнього тиску C_e і лобового опору C_x).

Для випадку, що розглядається (для 1-го району):

$$W_0 = 40 \text{ кгс/м}^2 \text{ (кПа)}; \quad k = 1,1; \quad c = 0,8 + 0,6 = 1,4.$$

Тоді $W_m = 40 \cdot 1,1 \cdot 1,4 = 61,6 \text{ кгс/м}^2 \text{ (кПа)}$.

У багатоповерхових будівлях висотою до 40 м пульсаційною складову вітрового навантаження допускається не враховувати:

$$W_n = W_m \cdot S_{\text{блока}} = 61,6 \cdot 4,14 = 255,02 \text{ кг};$$

$$F_n = (0,5 \cdot Q \cdot a - W_n \cdot 1,09) / C = (0,5 \cdot 1503 \cdot 0,4 - 255,02 \cdot 1,09) / 1,2 = (300,6 - 277,9) / 1,2 = 18,9 \text{ кг},$$

де: F_n – зусилля для типу місцевості згідно ДБН В.1.2-2:2006;

$S_{\text{блоку}}$ – площа поверхні блоку, м^2 .

Якщо врахувати, що при виготовленні стінових блоків є відхилення геометричних розмірів блоку в ту або іншу сторону, можливі помилки при установці самого блоку по схилу, може статися така ситуація (рис. 7.28), коли блок може мати нахил в яку-небудь із сторін (до зовнішньої або внутрішньої стін). Виходячи з можливих вищеописаних розмірів і візуальних помилок, коефіцієнт стійкості блоку буде мати наступну величину (в розрахунках прийнята набігаюча сумарна помилка при установці блоку 10-12 мм):

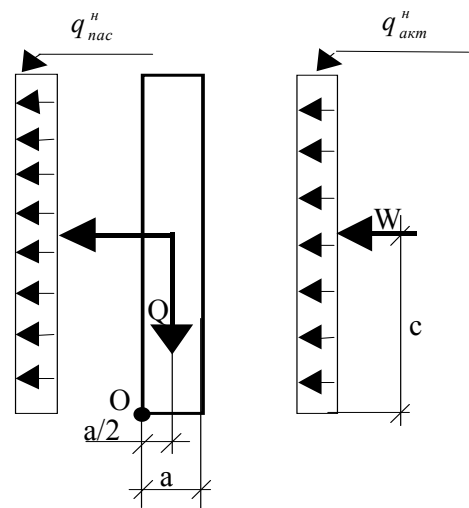


Рис. 7.27. Схема до розрахунку

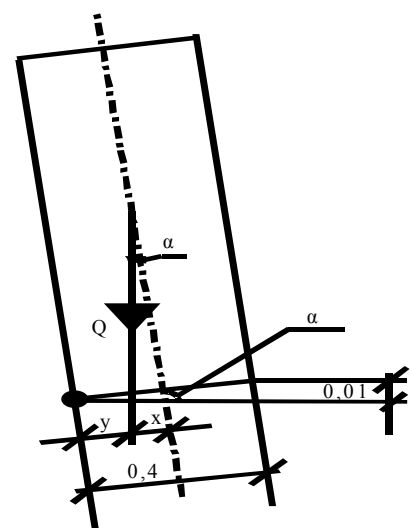


Рис. 7.28. Схема до розрахунку

$$\sin \alpha = 0,01/0,4 = 0,025 \div 0,03;$$

$$\alpha = \arcsin 0,025 = 1,43^{\circ} \div 2^{\circ};$$

$$X = h \cdot \text{th } \alpha/2 = 1,09 \cdot 0,035 = 0,038 \text{ м};$$

Тоді: $a/2 - x = 0,2 - 0,038 = 0,162 \text{ м};$

$$y = x \cdot \cos \alpha = 0,162 \cdot 0,9994 = 0,161 \text{ м};$$

Тоді коефіцієнт стійкості блоку, для даного випадку, складе:

$$K_{yc} = Q \cdot Y / W \cdot C = 1503 \cdot 0,161 / 255,02 \cdot 1,09 = 0,87.$$

Блок знаходиться в нестійкому положенні вже при наявності відмічених впливів.

Якщо ж помилка при установці блоку складає приблизно $3-4^{\circ}$, то блок буде практично нестійким навіть для місцевості типу Б.

Внаслідок обстеження процесу виконання монтажних робіт на будівництві великопанельних будинків встановлене наступне:

- площа блоку, що опирає на підстїл з розчину, значно менше геометричних розмірів останнього (рис. 7.29);

- товщина підстїлу з розчину більше, ніж передбачено технічними умовами, і виникає за рахунок помилок в геометричних розмірах при виготовленні блоків і нормативних допусків.

Виходячи з вищевикладеного, розглянемо стійкість блоку з урахуванням даної ситуації (рис. 7.30):

α приймаємо виходячи з попереднього розрахунку 2°

$$x = (1,09 + 0,025) \text{ th } \alpha = 1,115 \cdot 0,038 = 0,04$$

тоді: $a/2 - x = 0,17 - 0,042 = 0,128 \text{ м};$

$$y = x \cdot \cos \alpha = 0,128 \cdot 0,9994 = 0,128 \text{ м};$$

$$K_{yc} = Q \cdot Y / W \cdot C = 1503 \cdot 0,128 / 255,02 \cdot 1,115 = 0,68.$$

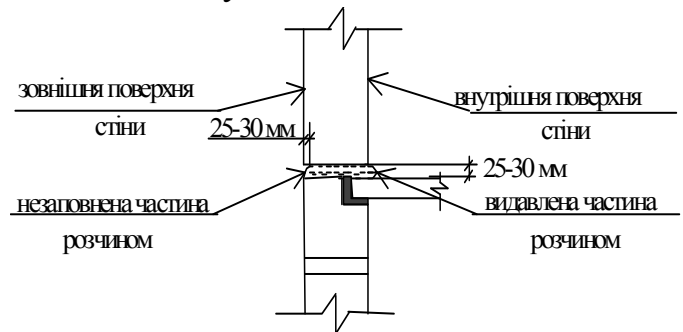


Рис. 7.29. Схема до розрахунку

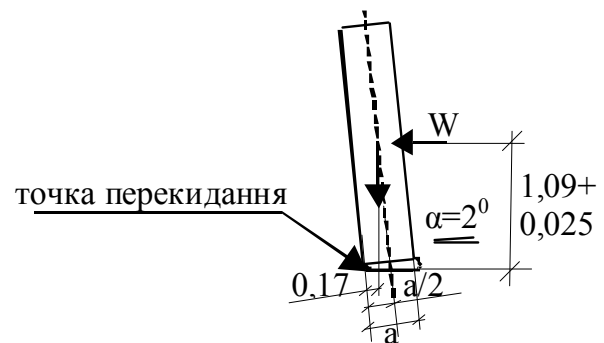


Рис. 7.30. Схема до розрахунку

Тобто в цьому випадку блок знаходиться також в нестійкому положенні.

Необхідно зазначити, що навіть у разі відсутності однієї з несприятливих умов (положення), що впливають на стійкість стінового блоку, коли коефіцієнт стійкості стане більшим одиниці, то для висновку з рівноваги його досить незначних зусиль (в межах 14-20 кг на висоті 1-1,2 м).

Отже, для гарантії забезпечення безпеки при зведенні будівель з великих блоків доцільно (при висоті більше за 40 м над відміткою землі) тимчасове закріплення блоків в період монтажу.

7.6. Вимоги безпеки установки, забезпечення стійкості і експлуатації машин і механізмів

Встановлювати вантажопідіймальні крани і виконувати ними будівельно-монтажні роботи без проекту виконання робіт (ПВР) забороняється.

Виходячи з Правил будови, безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів в ПВР повинні бути передбачені:

- марка крана, що встановлюється, і його характеристика;
- характеристика і перелік знімних вантажозахватних пристроїв і тари, графічне зображення схем строповки, а також перелік переміщуваних вантажів з вказівкою їх маси;
- вимоги до пристрою рейкового шляху і майданчику для установки кранів;
- відстані від електричних повітряних мереж і ліній електропередач, місць руху транспорту і пішоходів, а також відстані наближення кранів до будов і місць складування будівельних матеріалів;
- умови установки і роботи кранів поблизу укосів котлованів;
- умови безпечної роботи декількох кранів на одному і паралельних шляхах;
- місця складування вантажів і схеми розміщення під'їзних шляхів;
- заходи щодо безпечного провадження робіт на дільниці, де встановлений кран.

Перед введенням в експлуатацію баштового крана ПВР повинен бути узгоджений з працівником технічного нагляду організації (підприємства) власника крана. З ПВР, затвердженим головним інженером, до початку робіт повинні бути ознайомлені (під розпис) стропальщики, кранівники, бригадири, майстри, виконроби, начальники дільниць. Вносити зміни і доповнення в затверджений ПВР без провідної організації, що розробила його, забороняється.

7.6.1. Розрахунок стійкості вантажопідіймальних кранів

Втрата стійкості будівельних машин, особливо кранів, приводить, як правило, до серйозних аварій, внаслідок яких можуть бути значні матеріальні втрати і важкі травми. Вантажопідіймальні крани відносяться до машин підвищеної небезпеки, тому до їх стійкості пред'являють спеціальні вимоги, регламентовані Правилами пристрою і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. Причинами втрати стійкості можуть бути перевантаження кранів, вплив вітрового навантаження, що перевищує розрахункове, недопустимі просадки основи підкранових шляхів, динамічні впливи внаслідок різкого гальмування або обриву сталевих канатів, поломки основних складальних одиниць і механізмів, значний знос несучих металоконструкцій та інше.

За методами теоретичної механіки тверде тіло може знаходитися в рівновазі, тобто бути стійким, якщо сума моментів всіх діючих на нього сил (зовнішніх і внутрішніх) відносно можливої опори перекидання (точки

повороту крана) рівна нулю. Отже, сума моментів сил, що втримують тіло, і сума моментів, що перекидають його, відносно однієї і тієї ж точки повинні бути рівні. У цьому випадку тіло буде стійке. Це положення при певних умовах справедливе і для будівельних машин.

При роботі землерийних машин перекидаючий момент створюється силою реакції ґрунту на різучу грань робочого органу, а також масою робочого органу і ґрунту. Додатковий момент можуть створювати динамічні навантаження, а також схил основи у бік можливого перекидання і вітрове навантаження. Для вантажопідіймального крана (рис.7.31) такими силами є маса вантажу, що підіймається, вітрове навантаження, сили інерції маси вантажу і машини при її русі, сили схилу шляху та інші. Утримуючий або оновлюючий момент створюють сили від маси машини і противаги. Потрібно також мати на увазі сили, зумовлені деформацією самої конструкції машини і основи. Однак їх можна не враховувати для спрощення розрахунків, тобто розглядати, наприклад, конструкцію крана як абсолютно жорстку.

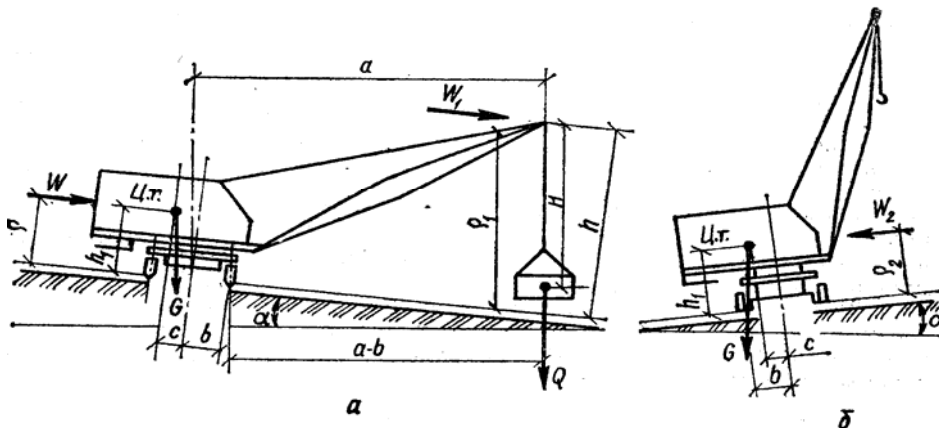


Рис. 7.31. Розрахункова схема стійкості самохідного крана з вантажем (а) і без нього (б).

Для забезпечення стійкості машин необхідне деяке перевищення моменту утримуючих сил $M_{ут}$ над моментом перекидаючих сил $M_{пер.}$, тобто потрібно приймати коефіцієнт стійкості K_c . Правила пристрою і безпека експлуатації вантажопідіймальних кранів Держнадзор нормують значення цього коефіцієнта в залежності від умов експлуатації кранів:

$$K_c = \Sigma M_{ут} / \Sigma M_{пер.} \quad (7.65)$$

Розглядають три схеми роботи крана: коефіцієнти вантажної стійкості на горизонтальному шляху без додаткових навантажень $K_{в.с} \geq 1,4$; коефіцієнт вантажної стійкості з урахуванням додаткових навантажень $K_{в.с} \geq 1,15$; коефіцієнт власної стійкості $K_c \geq 1,15$.

Вантажна стійкість самохідних кранів забезпечується при умові (рис. 7.31):

$$K_{в.с} \cdot M_{в} \leq M_{од.} \quad (7.66)$$

де: M_B – момент, що створюється робочим вантажем відносно ребра перекидання, Нм;
 $M_{од}$ – момент від основних і додаткових навантажень, діючий на кран відносно того ж ребра перекидання з урахуванням найбільшого допустимого схилу шляху, Нм.

$$M_B = Q(a - b), \quad (7.67)$$

де: Q – вага найбільшого робочого вантажу, Н;
 a – відстань від осі обертання до центра тягара робочого вантажу найбільшої маси, підвішеного до гака, м;
 b – відстань від осі обертання до ребра перекидання, м.

Утримуючий момент, виникаючий від дії основних і додаткових навантажень, визначають за формулою:

$$M_{од} = M_B - M_{вк} - M_{вцс} - M_{іс} - M_w, \quad (7.68)$$

де: M_B – поновлюючий момент від дії власної ваги крана;
 $M_{вк}$ – момент, виникаючий від дії власної ваги крана;
 $M_{вцс}$ – момент від дії відцентрових сил;
 $M_{іс}$ – момент від інерційних сил при гальмуванні вантажу, що опускається;
 M_w – момент від вітрового навантаження.

Поновлюючий момент від дії власної ваги:

$$M_B = G \cdot (b + c) \cdot \cos \alpha, \quad (7.69)$$

де: G – вага крана, Н;
 c – відстань від осі обертання крана до його центра тягара, м;
 α – кут нахилу шляху крана, град (для пересування стрілових кранів і кранів екскаваторів $\alpha = 3^\circ$ – при роботі без виносних опор і $\alpha = 15^\circ$ – при роботі з виносними опорами; для баштових кранів $\alpha = 2^\circ$ – при роботі на тимчасових шляхах і $\alpha = 0$ – при роботі на постійних шляхах).

Момент, виникаючий від дії власної ваги крана при схилі шляху:

$$M_c = G \cdot h_1 \cdot \sin \alpha, \quad (7.70)$$

де: h_1 – відстань від центра тягара крана до площини, що проходить через точки одного контура, м.

Момент від дії відцентрових сил:

$$M_{вс} = Q \cdot n^2 \cdot a \cdot h (900 - n^2 \cdot H), \quad (7.71)$$

де: n – частота обертання крана навколо вертикальної осі, хв^{-1} ;
 h – відстань від оголовка стріли до площини, що проходить через точки опорного контура, м;
 H – відстань від оголовка стріли до центра тягара підвішеного вантажу, який знаходиться над землею на відстані 20...30 см.

Момент від інерційних сил при гальмуванні вантажу, що опускається:

$$M_{ic} = Q \cdot v (a - b) / (g \cdot t), \quad (7.72)$$

де: v – швидкість підйому вантажу (при вільному опусканні вантажу $v = 1,5$ м/с);
 g – прискорення вільного падіння, $9,81$ м/с²;
 t – час невстановленого режиму роботи механізму підйому (час гальмування), с.

Момент від вітрового навантаження:

$$M_w = M_{wk} + M_{wb} = W_k \rho + W_b \rho_1, \quad (7.73)$$

де: M_{wk} – момент від дії вітрового навантаження на вертикальну площину крана;
 M_{wb} – те ж, вантажу;
 W_k – вітрове навантаження, прикладене в центрі тягаря крана, Па;
 W_b – вітрове навантаження, діюче на навітряну площу вантажу, Па;
 $\rho = h$ та $\rho_1 = h_1$ – відстань від основи до центра прикладення вітрового навантаження, м.

Виходячи з вищевикладеного, коефіцієнт вантажної стійкості крана без урахування його переміщення з вантажем визначають за формулою:

$$K_{ec} = \frac{M_{od}}{M_e} \geq \frac{G[(b+c)\cos\alpha - h_1 \sin\alpha] - (Qn^2 ah)/(900 - n^2 H) - Qvh/ gt(a-b) - W_k \rho - W_b \rho_1}{Q(a-b)} \geq 1,5 \quad (7.74)$$

У разі пересування крана з вантажем в напрямі його руху враховують залежності $G \cdot v_1 \cdot h / (g \cdot t)$ і $Q \cdot v_1 \cdot h / (g \cdot t)$, які віднімають з утримуючого моменту (враховуються інерційні сили, діючі у бік можливого перекидання крана).

Вітрове навантаження (W_k і W_b) визначають за формулою:

$$W = g_H^c F, \quad (7.75)$$

де: F – навітряна поверхня крана або вантажу, м²;
 g_H^c – нормативне вітрове навантаження, Н/м², яке визначають за формулою:

$$g_H^c = g_0 \cdot k \cdot c, \quad (7.76)$$

де: g_0 – швидкісний вітровий натиск, значення якого в залежності від району будівництва, Па, таке: I - 270, II - 350, III - 450, IV - 550, V - 700, VI - 850, VII - 1000;

k – коефіцієнт, що враховує зміну швидкісного натиску за висотою з урахуванням типу місцевості (табл.7.26);

c – аеродинамічний коефіцієнт опору, який для суцільних балок і ферм прямокутного перерізу рівний 1,49, для прямокутних кабін і т.п. – 1,2, для конструкцій з труб перерізом 170 мм – 0,7 і перерізом 140-170 мм – 0,5).

У розрахунках стійкості кранів тиск вітру для самохідних стрілових кранів приймають 250 Па, для високих баштових – 150.

Значення коефіцієнта k

Місцевість	Висота над поверхнею землі, м						
	10	20	40	60	100	200	350
відкрита	1	1,25	1,55	1,75	2,1	2,6	3,1
покрита перешкодами	0,65	0,9	1,2	1,45	1,8	2,45	3,1

Площу навітряної поверхні крана F визначають площею F^1 , обмеженою контуром крана, помноженою на коефіцієнт заповнення елементами решітки a (для суцільних перетинів $a = 1$, для решітчастих $a = 0,3-0,4$):

$$F = F_1 \cdot a. \quad (7.77)$$

Власну стійкість пересувних стрілових кранів оцінюють таким чином:

$$K_c = G [(b - c) \cos \alpha - h_1 \cdot \sin \alpha] / (W_k^1 \cdot \rho) \geq 1,15, \quad (7.78)$$

де: W_k^1 – вітрове навантаження на підвітряну площину крана без вантажу, Па.

Стійкість баштових кранів (рис.7.32) оцінюють за тими ж формулами, що і для самохідних.

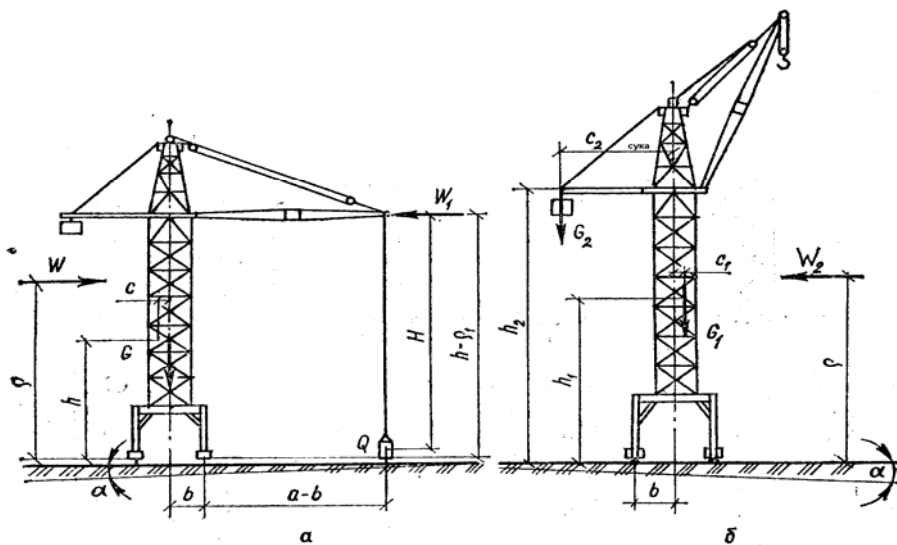


Рис. 7.32. Розрахункова схема стійкості баштового крана з вантажем (а) і без нього (б).

У разі розчалування високих нерухомих баштових кранів рівняння їх стійкості має вигляд:

$$K_c \cdot M_{\text{пер}} \leq M_{\text{ут}} + S_r, \quad (7.79)$$

де: K_c – коефіцієнт стійкості, рівний 1,15;

$M_{\text{пер}}$ – момент, що створюється вітровим навантаженням, Н·м;

$M_{\text{ут}}$ – момент, що створюється вагою крана відносно ребра перекидання з урахуванням схилу шляху, Н·м;

r – плече зусилля, м;

S – зусилля в расчалках, Н, яке визначають за формулою:

$$S = (K_c \cdot M_{\text{пер}} - M_{\text{ут}}) / r = (K_c \cdot M_{\text{пер}} - M_{\text{ут}}) / (B \cdot \sin \alpha), \quad (7.80)$$

де: B – відстань від осі крана до якоря розчалки, м;
 α – кут нахилу розчалки до горизонту, град.

Приклад. Необхідно оцінити вантажну стійкість баштового крана з урахуванням додаткових навантажень і схилу шляху при підйомі вантажу вагою 15 кН.

Початкові дані: $G = 30$ кН; $c = 0,30$ м; $v = 0,5$ м/з; $t = 5$; $W_k = 150$ Па; $\rho = 15$ м;
 $W_B = 50$ Па; $n = 0,2$ хв¹; $h = 10$ м; $H = 25$ м; $\alpha = 2^\circ$; $b = 2$ м; $a = 25$ м; $\rho_1 = 26$ м (рис.7.32).

Рішення. Визначимо коефіцієнт вантажної стійкості $K_{\text{вс}}$ за формулою:

$$K_{\text{вс}} = \frac{30[(2,0 + 0,3) \cos 2^\circ - 10 \sin 2^\circ] - \frac{15 \cdot 0,2^2 \cdot 25 \cdot 10}{900 - 0,2^2 \cdot 25} - \frac{15 \cdot 0,5(25 - 2)}{981 \cdot 5} - 150 \cdot 15 - 50 \cdot 26}{15(25 - 2,0)} = 1,78$$

$$1,78 > 1,15$$

Таким чином, вантажна стійкість баштового крана з урахуванням додаткових навантажень при заданих умовах експлуатації забезпечена.

Стійкість жорстких стрілових кранів забезпечується шляхом завантаження баластом рами крана або кріпленням його до підмурка. Стійкість розраховують для випадку найбільш небезпечного положення стріли в площині одного з підкосів (рис. 7.33).

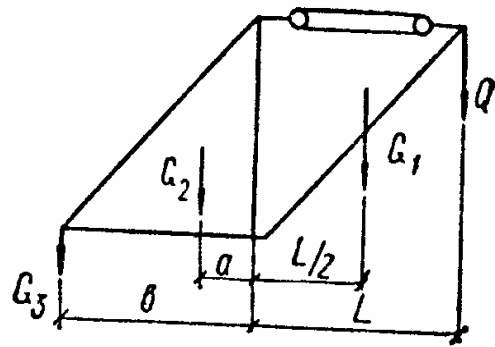


Рис. 7.33. Розрахункова схема стійкості жорсткого стрілового крана

Рівняння вантажної стійкості крана має вигляд:

$$G_3 b = G_2 a - G_1 L / 2 - M_\theta \geq k Q L, \quad (7.81)$$

де: G_3 – вага противаги або опорна реакція, Н;
 a, b – плечі сил, м;
 G_2 – повна вага рами крана, Н;
 M_θ – момент від дії вітру на поверхню крана і вантажу, Н·м;
 k – коефіцієнт власної стійкості (для кранів вантажопідйомністю до 30 т не менше за 1,5; для кранів вантажопідйомністю вище за 30 т. не менше за 1,4);
 Q – граничний вантаж, що підіймається краном при найбільшому вильоті, з урахуванням ваги вантажної електролебідки, Н.

Вирішивши рівняння відносно G_3 , знаходять вагу противаги або опорну реакцію у разі установки крана на підмурівок. Опорна реакція сприймається анкерними болтами. Якщо кран переміщається по раніше змонтованих конструкціях, раму крана закріплюють на них.

Перевірку стійкості козлових кранів на перекидання виконують в неробочому положенні при дії ураганного вітру вздовж шляху. Розрахунковий тиск вітру приймають за ДБН.

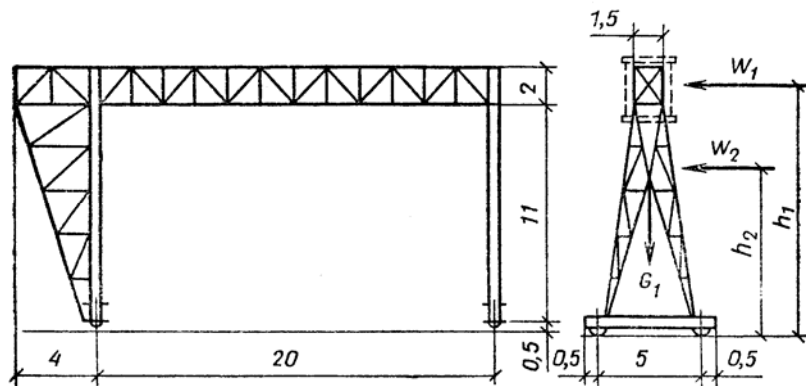


Рис. 7.34. Розрахункова схема стійкості козлового крана

Рівняння стійкості відносно точки перекидання О має вигляд (рис. 7.34):

$$k(W_1h_1 + W_2h_2 + \dots + W_nh_n) \leq (G_1 + G_2)a + 2G_3(b + c) \quad , \quad (7.82)$$

де: k – коефіцієнт власної стійкості, рівний 1,15, що приймається;
 W_1, \dots, W_n – тиск вітру на окремі частини конструкції крана, Па;
 G_1 – вага порталу, Н;
 G_2 – вага возика вантажного електролебідки, Н;
 G_3 – вага противаги на одному возику, Н;
 a, b, c, h_1, h_2 – плечі сил відносно точки перекидання О, м.

Приклад. Перевірити стійкість козлового крана вантажопідйомністю 20 т. Вага ригеля 120 кН, машинного приміщення 50 кН, вантажного возика 20 кН, що підіймає вантаж 200 кН. Розрахункова схема крана приведена на рис.7.34.

Рішення. Для решітчастої конструкції крана приймаємо $\alpha = 0,35$; $k=1,5$; $q=250$ Па.

Площа ригеля крана:

$$F_1' = 2 \cdot (20 + 4) = 48 \text{ м}^2.$$

Тиск вітру на ригель крана:

$$W_1 = k \cdot q \cdot \alpha \cdot F_1' = 1,5 \cdot 250 \cdot 0,35 \cdot 48 = 6300 \text{ Н.}$$

Зусилля при гальмуванні крана, що пересувається з вантажем:

$$T = 0,1 \cdot Q = 0,1 \cdot 390 = 39 \text{ кН,}$$

де: Q – вага крана з вантажем; $Q = 20 + 200 + 120 + 50 = 3900$ кН.

При дії вітрового навантаження кран буде прагнути перекинутися навколо колеса.

Відстань від рейки до центра тягаря ригеля:

$$h_1 = 0,5 + 11 + (1/2) \cdot 2 = 12,5 \text{ м.}$$

Відстань від рейки до центра тягаря жорсткої ноги:

$$h_2 = 0,5 + (2/3) \cdot 11 = 7,8 \text{ м.}$$

Перекидаючий момент від сили тиску вітру на ригель:

$$M_1 = W_1 \cdot h_1 = 6300 \cdot 12,5 = 78,75 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Перекидний момент від сили тиску вітру на жорстку ногу:

$$M_2 = W_2 \cdot h_2 = 6300 \cdot 7,8 = 49,14 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Перекидний момент від інерційних сил, виникаючих при гальмуванні, вважаючи, що сили діють по осі ригеля:

$$M_3 = T \cdot h_1 = 39 \cdot 12,5 = 487,5 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Сумарний перекидний момент:

$$M_0 = M_1 + M_2 + M_3 = 78,75 + 49,14 + 487,5 = 615,39 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Розрахунковий утримуючий момент:

$$M_y = Q \cdot h_3 = 390 \cdot 3 = 1170 \text{ кНм,}$$

де: $h_3 = 3$ – плече моменту, рівне половині відстані між колесами. Коефіцієнт вантажної стійкості:

$$k_1 = \frac{M_y}{M_0} = \frac{1170}{61,39} = 1,9 > 1,4 \quad (\text{допустимий})$$

Зробимо перевірку козлового крана на власну стійкість в неробочому положенні при дії ураганного вітру силою 700 Па при аеродинамічному коефіцієнті обдутьтя $1,4 \cdot 700 = 1000 \text{ Па} = 1 \text{ кПа}$.

$$M_B = \frac{(M_1 + M_2)l}{0,25} = \frac{(78,75 + 49,14)l}{0,25} = 511,56 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Утримуючий момент при власній вазі крана $Q=200 \text{ кН}$:

$$M_y = Q \cdot h_1 = 200 \cdot 3 = 600 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Коефіцієнт власної стійкості :

$$k_2 = M_y / M_B = 600 / 511,56 = 1,17 > 1,15.$$

Насправді коефіцієнт стійкості крана буде трохи менший, оскільки при розрахунку не враховувався тиск вітру на гнучку ногу і вантаж, що підіймається.

7.6.2. Монтаж вертольотами

При виробництві монтажних-демонтажних робіт використання вертольотів у якості монтажної техніки ускладнено через надзвичайно високу вартість льотного часу. Однак у місцях, недоступних для роботи стрілових самохідних кранів, коли їхнє використання зв'язане з значними складностями щодо забезпечення безпечної експлуатації, застосування вертольотів дає відчутний економічний ефект. До таких робіт відносяться заміна конструкцій покриття на окремих ділянках цеху, монтаж і демонтаж димових і вентиляційних труб,

витажних веж і пиловловлювачів та інших технологічних конструкцій, розташованих на значній відстані від зовнішніх стін. У практиці зустрічаються випадки, коли використання вертольотів є не тільки економічно вигідним, але і єдино можливим.

Ефективність використання їх при виконанні робіт знаходяться в прямій залежності від уміння грамотно врахувати їх льотно-технічні характеристики і організаційно-технологічний рівень підготовки будівельних і проектних робіт.

В даний час можливо застосування наступних типів вертольотів: Мі-6, Мі-8 – у якості транспортно-монтажних засобів; Мі-4, Ка-26 – для робіт допоміжного характеру.

У кожному конкретному випадку вибір типу вертольоту визначається з урахуванням маси вантажу, конструкцій, які монтуються або демонтуються, можливості забезпечення центрівки вертольоту під час перевезення вантажів на зовнішній підвісці, умов і термінів виконання робіт, об'єму підготовчих робіт і ступеню завантаження (табл. 7.27).

Таблиця 7.27

Характеристика вертольотів при виконанні будівельно-монтажних робіт

Марка вертольота	Швидкість польоту, що допускається при транспортуванні вантажу на зовнішній підвісці, км/год.	Максимальна вага вантажу на зовнішній підвісці, т
Ми-4	110	1,3
Ми-6	200	8,0
Ми-8	250	2,5
Ми-10к	200	12,0

Польоти вертольотів при транспортно-монтажних роботах допускаються при відповідних метеорологічних умовах (табл.7.28).

Таблиця 7.28

Метеорологічні умови, що дозволяють польоти вертольотів

Марка вертольота	Висота хмарності, нижче, м	Горизонтальна видимість не менше, м	Швидкість вітру не більш, м/с	Температура повітря, °С
Ми-4	150	2000	18	-55 ... +45
Ми-8	150	2000	20	-50 ... +45
Ми-6, Ми-10к	200	2060	25	-50 ... +45

Розрахунок вантажопідіймальності вертольотів виконується за формулами:

- для транспортних робіт

$$Q_{\text{тр}} = G_{\text{пол}} - G_{\text{пост}} - G_{\text{доз}} - q \cdot l = P_{\text{max}} - q \cdot l; \quad (7.83)$$

- для монтажних робіт

$$Q_{\text{м}} = G_{\text{пов}} - G_{\text{пост}} - G_{\text{доз}} - G \cdot T = P_{\text{max}} - G \cdot T; \quad (7.84)$$

- для транспортно-монтажних робіт

$$Q_{TM} = G_{пол} - G_{пост} - G_{взл} - G_{доз} - g \cdot l - G \cdot T = P_{max} - q \cdot l - G \cdot T - G_{взл}, \quad (7.85)$$

де: $Q_{тр}$, Q_m , Q_{tm} – вантажопідйомність вертольоту при виконанні відповідно транспортних, монтажних і транспортно-монтажних робіт, т;

$G_{пов}$ – корисна маса вертольоту при конкретних умовах виробництва робіт, т;

$G_{пост}$ – постійна складова корисної маси (маса конструкцій вертольоту, екіпажу, мастил, устаткування зовнішньої підвіски, аеронавігаційного запасу палива, не використаного залишку палива в баках), т;

$G_{зл}$ – витрата палива на злітно-посадкові маневри, т;

$Q_{доз}$ – кількість палива, необхідна для польоту в пункт дозавправлення, т;

l – дальність транспортування вантажу, км;

q – кілометрова витрата палива ($q = q_{тр} + q_{п}$, тут: $q_{тр}$ – витрата палива при транспортуванні вантажу, т/км; $q_{п}$ – витрата палива при порожньому рейсі, т/км);

G – витрата палива при переміщеннях під час монтажу конструкцій, т/год;

T – витрати льотного часу на монтаж однієї конструкції, год;

P_{max} – умовне позначення різниці $G_{пол} - G_{пост} - G_{доз}$. Кількість палива, необхідна для польоту вертольоту в пункт заправки $G_{доз} = G_{взл} + q_{п} \cdot l_3$, де: $G_{взл}$ – витрата палива на злітно-посадкові маневри при порожньому рейсі, т;

l_3 – відстань до пункту заправки, км.

Розрахунок витрати палива на 1 км польоту виконується по спеціальних графіках у залежності від корисної маси і швидкості вертольоту.

Для виконання робіт із використанням вертольотів необхідний наряд-допуск, оформлений відповідно до ДБН А.3.2-2:2009 ССБТ «Охорона праці і промислова безпека в будівництві. Основні положення». До роботи безпосередньо з вертольотом допускаються особи, що пройшли медичний огляд та мають стаж верхолазних робіт не менше трьох років і тарифний розряд не менше IV.

Перед виконанням транспортно-монтажних робіт вертольотами необхідно виконати ряд заходів підготовчого періоду, що включають: упорядкування заявки і висновок договору на оренду вертольоту; підготування злітно-посадкових площадок; розміщення пунктів заправки вертольотів паливом і спорудження складів ПММ; доставку палива в пункт заправки; доставку вантажів до навантажувальної площадки і їхнє підготування до транспортування вертольотом; підготування до роботи технологічних пристосувань для підвіски вантажів; підготування до роботи наземних машин і механізмів, що беруть участь у технологічному процесі; комплектування і підготування наземних бригад для роботи з транспортуванням і монтажем (демонтажем) конструкцій.

Злітно-посадкові площадки проектується відповідно з вимогами до вертольотів ЦПФ, а також з урахуванням санітарних і протипожежних норм проектування будинків і споруджень. Відстань від злітно-посадкової площадки до будинків і будівель населених пунктів і промислових споруджень повинна бути не менше 150 м, до ліній електропередач, розташованих у межах повітряних підходів, – не менше 1 км.

Площадки для складування і підготування вантажів до транспортування вертольотом, стоянки машин і механізмів, вагончик для обігріву робітників

варто розташовувати за зоною повітряних підходів. Відстань від цієї площадки до льотної смуги для вертольота Мі-6 повинна складати не менше 70 м, для Мі-8 – 30 м, для інших типів вертольотів – 20-30 м. При спорудженні площадок на ділянці зі слабкими ґрунтами (при тривкості менше 0,3 мПа) виконують настил з колод розміром не менше: для Мі-6 – 30х30 м, для Мі-8 і Мі-4 – 10х10 м. Для вертольотів Мі-6 настил виконують у два накати з колод діаметром не менше 18 см.

При підготованні великовагових, великогабаритних і довгомірних вантажів для транспортування на зовнішній підвісці передбачаються строповочні пристрої, що дозволяють робити їхнє навантаження, швартування у вантажній кабіні вертольота. Об'ємні конструкції варто перевіряти розрахунком на тривкість і стійкість до вітрових навантажень від зустрічного повітря і при необхідності робити їхнє посилення. Місце строповки конструкцій вибирають із таким розрахунком, щоб забезпечити стійке висіння конструкцій на підвісці, можливість подачі її до місця монтажу в проектному положенні, надійність строповки, монтажні навантаження повинні не перевищувати припустимі.

Загальна довжина підвіски (за умовами безпеки польотів) повинна бути не менше найбільшої консольної частини вантажу що монтується. Сполучення нижніх вузлів зовнішніх підвісок (рис. 7.35) із монтажними стропами повинно забезпечувати їхню нормальну роботу. Безпосереднє з'єднання монтажного каната з зевом електрозамка неприпустимо.

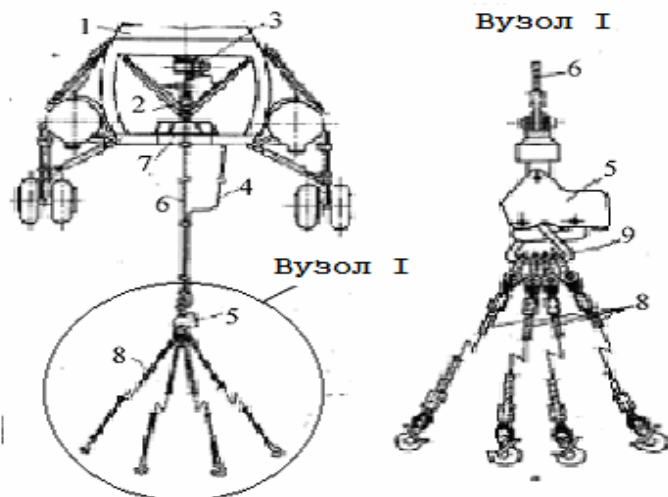


Рис. 7.35. Система зовнішньої підвіски вертольоту:

- 1 – корпус вертольоту; 2 – замок вертлюг; 3 – лебідка ЛПГ-3; 4 – електрокабель;
 5 – електрозамок; 6 – вантажний трос; 7 – вантажний люк з огороженням;
 8 – троси «павука» або монтажні стропи (зовнішня підвіска); 9 – перехідна скоба

Кріплення тросів і стропів зовнішньої підвіски до конструкцій на «удав» забороняється, у зв'язку з цим на монтажному блоці варто передбачати спеціальні вушка, при цьому запас міцності канатів повинний бути шестиразовим. По закінченні строповки блока монтажники повинні відійти на безпечну відстань – 20-25 м, або спуститись на нижчерозташовані, постійно

закріплені конструкції.

При використанні зовнішньої підвіски організації, для якої ведуться будівельно-монтажні роботи, призначають старшого керівника на вантажно-розвантажувальній площадці з числа ІТП і бригаду монтажників. До виконання робіт із транспортування, монтажу і демонтажу допускаються: ІТП – після атестації; робітники – після навчання, атестації і тренувань під спостереженням працівників цивільної авіації (для кожної операції на протязі 1,5-2 год. льотного часу).

Всіх працюючих забезпечують підшоломником і окулярами для захисту від снігу і пилюки, гумовими рукавичками і гумовими чоботями (у зимовий час валянками і гумовими калошами) для захисту від дій статичної електрики. Щоб уникнути поразки статичною електрикою, монтажникам забороняється доторкатися до зовнішньої підвіски, поки вона не торкнеться землі або заземлених конструкцій.

Керування вертольотами в польоті, а також роботами по транспортуванню і монтажу конструкції здійснюється за допомогою радіостанцій. У випадках, коли немає можливості підтримувати зв'язок з екіпажем по радіо, керування польотами або маневрами здійснюється сигналами, що подаються з землі.

Під час виконання монтажних робіт високих об'єктів необхідно встановлювати сигнальне освітлення, що запобігає сутичок вертольотів із цими спорудами в нічний час. Після установки і закріплення опірних частин блоків металоконструкцій, що змонтовані, останні повинні бути заземлені.

7.7. Проектування проведення оздоблювальних робіт

Проектування проведення оздоблювальних робіт передбачає рішення ряду важливих питань:

- безпечну організацію робочих місць, включаючи застосування необхідних засобів підмоцнення (ДСТУ БВ 2.8-39:2011) і обгороджування робочих місць (ДСТУ БВ 2.8-43:2011);
- застосування технології, що виключає вплив шкідливих речовин на працюючих (ДСТУ-Н БА 3.2-1-2007, ГОСТ 12.1.005-88);
- максимальну механізацію тих робіт, де можливе виділення шкідливих речовин (НПАОП 0.00-1.80-18, ДСТУ ISO 2631-1:2004);
- встановлення необхідних засобів захисту при роботі з токсичними і вибухонебезпечними речовинами (ДСТУ EN 397:2017, ДСТУ БА 3.2-10:2009 , ДСТУ EN 60079-0:2017).

Розділ 8. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

8.1. Визначення категорії пожежної небезпеки промислових виробництв

Визначення категорії приміщень і будівель виробничого призначення за вибухопожежною та пожежною небезпекою є основою для встановлення нормативних вимог для забезпечення вибухопожежонебезпеки будівель і безпеки працюючих.

Категорія пожежної небезпеки приміщення (будівлі, споруди, пожежного відсіку) – це класифікаційна характеристика пожежної небезпеки об'єкта, що визначається кількістю й пожежонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, які знаходяться в них з урахуванням технологічних процесів.

Категорії вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщень і будівель визначаються для найбільш несприятливого у відношенні можливості виникнення пожежі або вибуху періоду.

Визначення категорії на стадії проектування здійснюється проектувальниками та технологами. Для діючих підприємств категорії можуть визначатися технологами цих підприємств або організаціями, які мають відповідних фахівців.

Категорії приміщень визначаються шляхом послідовної перевірки належності приміщень до категорій, наведених у табл. 8.1, від вищої А до нижчої Д за нижченаведеними методами згідно з ДСТУ БВ 1.1-36:2106 «Визначення категорії приміщень та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

Відомі два підходи при оцінці вибухової та пожежної небезпеки приміщень та будівель: детермінаційний і вірогідний. За основу детермінаційного методу покладено категорювання приміщень за вибуховопожежною та пожежною небезпекою, а вірогідний – розрахунок вірогідності досягнення визначеного рівня вибухової та пожежної небезпеки. Перший підхід базується на нормативних документах.

Вірогідний метод більш досконалий. Він базується на кількісній залежності небезпечних факторів, матеріального збитку, вірогідності вибуху або пожежі з урахуванням технології виробничого процесу. (Але цей метод складний). Більш простий метод – детермінування.

Виходячи з вибуховопожежної характеристики технологічного процесу, всі виробництва згідно з ДСТУ БВ 1.1-36:2016 виробничі приміщення поділяють на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д (табл. 8.1).

Категорія виробництва регламентує ступінь вогнестійкості будівель, припустиму кількість поверхів, площу поверху між протипожежними стінами будівель.

Як бачимо, при віднесенні виробництва до тої чи іншої категорії необхідно знати саме виробництво, ступінь вибуховості, температуру займання та спалаху речовин та матеріалів. При визначенні категорії виробництва рекомендуються визначати конструкції з заданою мінімальною межею вогнестійкості та межею розповсюдження полум'я.

Категорії приміщень за вибухопожежною небезпекою

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) у приміщенні
<p style="text-align: center;">А (вибухопожежонебезпечна)</p>	<p>Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не вище ніж 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газо-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, який перевищує 5 кПа, і/або речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.</p>
<p style="text-align: center;">Б (вибухопожежонебезпечна)</p>	<p>Горючий пил і/або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху вище ніж 28 °С, горючі рідини у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пило-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, який перевищує 5 кПа.</p>
<p style="text-align: center;">В (пожежжонебезпечна)</p>	<p>Горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини і матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м² кожна перевищує 180 МДж м⁻².</p>
<p style="text-align: center;">Г (помірнопожежонебезпечна)</p>	<p>Негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо.</p>
<p style="text-align: center;">Д (зниженопожежонебезпечна)</p>	<p>Речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорії приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В.</p>

8.1.1. Категорії будівель за вибухопожежною і пожежною безпекою

Будівля (будинок) належить до КАТЕГОРІЇ А, якщо у ньому сумарна площа приміщень категорії А перевищує 5 % площі усіх приміщень, або 200 м².

Допускається не відносити будівлю до категорії А, якщо сумарна площа приміщень категорій А в будівлі не перевищує 25 % сумарної площі усіх розташованих у ній приміщень (але не більше 1000 м²) і ці приміщення обладнуються установками автоматичного пожежогасіння.

Будівля належить до КАТЕГОРІЇ Б, якщо одночасно виконуються дві умови:

- будівля не належить до категорії А;
- сумарна площа приміщень категорій А і Б перевищує 5 % сумарної площі усіх приміщень, або 200 м².

Допускається не відносити будівлі до категорії Б, якщо сумарна площа приміщень категорій А і Б у будівлі не перевищує 25 % сумарної площі усіх розташованих в ній приміщень (але не більше 1000 м²) і ці приміщення обладнуються установками автоматичного пожежогасіння.

Будівля належить до КАТЕГОРІЇ В, якщо одночасно виконуються дві умови:

- будівля не належить до категорії А чи Б;
- сумарна площа приміщень категорій А, Б, В перевищує 5 % (10 %, якщо в будівлі відсутні приміщення категорій А і Б) сумарної площі усіх приміщень.

Допускається не відносити будівлю до категорії В, якщо сумарна площа приміщень категорій А, Б, В у будівлі не перевищує 25 % сумарної площі усіх розташованих в ній приміщень (але не більше 3500 м²) і ці приміщення обладнуються установками автоматичного пожежогасіння.

Будівля належить до КАТЕГОРІЇ Г, якщо одночасно виконуються дві умови:

- будівля не відноситься до категорії А, Б або В;
- сумарна площа приміщень категорій А, Б, В і Г перевищує 5 % сумарної площі усіх приміщень.

Допускається не відносити будівлі до категорії Г, якщо сумарна площа приміщень категорій А, Б, В і Г у будівлі не перевищує 25 % сумарної площі усіх розташованих в ній приміщень (але не більше 5000 м²) і приміщення категорій А, Б, В обладнуються установками автоматичного пожежогасіння.

Будівля належить до КАТЕГОРІЇ Д, якщо вона одночасно не належить до категорій А, Б, В або Г.

Визначення категорій будівель в цілому виконується після визначення категорій приміщень. Залежно від встановленої категорії за вибухопожежною та пожежною безпекою передбачаються певні об'ємно-планувальні рішення та профілактичні заходи.

Визначення категорій приміщень необхідно проводити шляхом послідовної перевірки приналежності приміщень, від найвищої А до найнижчої Д.

8.1.2. Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон

Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон виконується відповідно до *Правил улаштування електроустановок* (ПУЕ).

Характеристика пожежо- та вибухонебезпеки може бути загальною для усього приміщення або неоднаковою в окремих його частинах (ділянках).

Основною мірою попередження пожеж та вибухів від електроустановок є вибір та експлуатація обладнання у вибухопожежонебезпечних приміщеннях.

Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон визначається ДНАОП 0.00 - 1.32.01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» (ПБЕ).

Характеристика пожежо- та вибухонебезпеки може бути загальною для усього приміщення або різною в окремих його частинах. Приміщення або їх окремі зони поділяються на пожежонебезпечні та вибухонебезпечні. Залежно від класу зони здійснюється вибір електроустановок таким чином, щоб під час їх експлуатації виключити можливість виникнення вибуху або пожежі від прояву електроструму.

Пожежонебезпечна зона – це простір у приміщенні або за його межами, у якому постійно чи періодично знаходяться (зберігаються, використовуються або виділяються під час технологічного процесу) горючі речовини, як при нормальному технологічному процесі, так і у разі його порушення, в такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації.

Зони в разі використання у них електроустаткування поділяються на чотири класи:

Пожежонебезпечна зона класу П-I – простір у приміщенні, у якому знаходиться горюча рідина, що має температуру спалаху більшу за +61 °С.

Пожежонебезпечна зона класу П-II – простір у приміщенні, у якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пил або волокна з нижньою концентраційною межею спалахування, більшою за 65 г/м³.

Пожежонебезпечна зона класу П-IIIa – простір у приміщенні, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

Пожежонебезпечна зона класу П-III – простір поза приміщенням, у якому знаходяться горючі рідини, пожежонебезпечний пил та волокна, або тверді горючі речовини і матеріали.

Вибухонебезпечна зона – це простір у приміщенні або за його межами, у якому є в наявності чи можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші.

Клас вибухонебезпечної зони, згідно з яким здійснюється вибір і розміщення електроустановок, у залежності від частоти і тривалості присутнього вибухонебезпечного середовища визначається технологіями разом з електриками проектної або експлуатаційної організації.

Клас вибухонебезпечних зон характерних виробництв та категорія і група вибухонебезпечної суміші повинні відображатися у нормах технологічного проектування або у галузевих переліках виробництв з вибухопожежонебезпеки.

За вибухонебезпечністю визначають шість вибухонебезпечних зон – газо- і пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні – вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Вибухонебезпечна зона класу 0 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або протягом тривалого часу. Вибухонебезпечні зони класу 0 можуть мати місце переважно в межах корпусів технологічного обладнання і, у меншій мірі, в робочому просторі (вугільна, хімічна, нафтопереробна промисловість).

Вибухонебезпечна зона класу 1 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи (тут і далі нормальна робота ситуація, коли установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів).

Вибухонебезпечна зона класу 2 – простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості), які не повинні розглядатися під час проектування електроустановок.

Частоту виникнення і тривалість вибухонебезпечного газо- і пароповітряного середовища визначають за правилами (нормами) відповідних галузей промисловості.

Вибухонебезпечна зона класу 20 – простір, у якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто у кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, і простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини. Зазвичай це має місце всередині обладнання, де пил може формувати вибухонебезпечні суміші часто і на тривалий термін.

Вибухонебезпечна зона класу 21 – простір, у якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації.

Ця зона може включати простір поблизу місця порошкового заповнення або осідання і простір, де під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилових шарів, які можуть утворювати небезпечну концентрацію вибухонебезпечної пилоповітряної суміші.

Вибухонебезпечна зона класу 22 – простір, у якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може утворюватись інколи та існувати недовго, або в якому шари вибухонебезпечної пилу можуть існувати і утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії. Зони в приміщеннях або за їх межами, в яких тверді, рідкі та газоподібні горючі речовини спалюються як паливо або утилізуються шляхом спалювання, не належать у частині їх електрообладнання до пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон. До них також не належать зони до 5 м по горизонталі та вертикалі від апарата, у якому знаходяться горючі речовини, але технологічний процес здійснюється із застосуванням відкритого вогню, розжарених частин, або технологічні апарати мають поверхні, нагріті до температури самозаймання горючої пари, пилу або волокон.

Залежно від класу пожежо- та вибухонебезпечні зони, згідно з вимогами

ПУЕ-17 і ДНАОП 0.00 - 1.32 - 01, здійснюється вибір виконання електроустаткування, як міра запобігання пожеж та вибухів від теплового прояву електричного струму. Правильний вибір типу виконання електрообладнання забезпечує виключення можливості виникнення пожежі чи вибуху за умови дотримання допустимих режимів його експлуатації.

Усі електричні машини, апарати і прилади, розподільні пристрої, трансформаторні підстанції, елементи електропроводки, струмоводи, світильники тощо повинні використовуватися у виконанні, яке б відповідало класу зони з пожежовибухонебезпеки, тобто мати відповідний рівень і вид вибухозахисту або ступінь захисту оболонки згідно ДСТУ EN 60529:2018, ПУЕ-17 і ДНАОП 0.00-1.32-01.

Електроустаткування повинно мати чітке маркування щодо його вибухозахисних властивостей і ступеня захисту оболонки згідно з чинними нормативами.

8.1.3. Вірогідний розрахунковий метод оцінки вибухопожежонебезпеки

Розрахунок критеріїв вибухопожежної небезпеки приміщень

Прийняті припущення при розрахунку:

1. При визначенні критеріїв вибухопожежної небезпеки слід вибирати найбільш несприятливий варіант аварії або період нормальної роботи апаратів, при якому у вибуху бере участь найбільша кількість речовин чи матеріалів, які є найбільш небезпечними щодо наслідків такого вибуху.

2. Кількість речовин, що надходять у приміщення і здатні утворювати вибухонебезпечні газоповітряні або пароповітряні суміші, визначається, виходячи з наступних передумов:

- а) виникає розрахункова аварія одного з апаратів згідно пункту 1;
- б) увесь вміст апарата надходить у приміщення;
- в) виникає одночасно витік речовин з трубопроводів, які живлять апарат по прямому і зворотному потоках, за час, необхідний для відключення трубопроводів.

Розрахунковий час відключення трубопроводів визначається у кожному конкретному випадку, виходячи з реальної обстановки, і повинен бути мінімальним з урахуванням паспортних даних на запірні пристрої, характеру технологічного процесу і виду розрахункової аварії.

Розрахунковий час відключення трубопроводів слід приймати рівним:

- часу спрацювання системи автоматики відключення трубопроводів згідно з паспортними даними установки, якщо імовірність відмови системи автоматики відповідно до ДСТУ 3004-95, ДСТУ БА 2.4-16:2008, ДСТУ 2962-94 не перевищує 0,000001 у рік або забезпечено резервування її елементів (але не більше 3 с);

- 120 с, якщо імовірність відмови системи автоматики перевищує 0,000001 у рік і не забезпечено резервування її елементів;

- 300 с у разі ручного відключення.

Не допускається використання технічних засобів для відключення трубопроводів, для яких час відключення перевищує наведені вище значення.

Під «часом спрацювання» і «часом відключення» розуміють проміжок часу від початку можливого надходження горючої речовини з трубопроводу (розрив, зміна тиску тощо) до повного припинення надходження газу або рідини в приміщення.

г) виникає випаровування з поверхні рідини, що розлилася; площа випаровування при розливі на підлогу визначається (у разі відсутності довідкових даних), виходячи з розрахунку, що 1 л сумішей і розчинів, які містять 70 % та менше (за масою) розчинників, розливається на площі 0,5 м², а решта рідин – на 1 м² підлоги приміщення;

д) виникає випаровування рідини з ємкостей, які експлуатуються з відкритим дзеркалом рідини, або із свіжопофарбованих поверхонь;

є) тривалість випаровування рідини приймається рівною часу її повного випаровування, але не більше 3600 с (1 година).

3. Кількість пилу, який може утворювати вибухонебезпечну суміш, визначається з наступних передумов:

а) розрахунковій аварії передувало пилонакопичення у виробничому приміщенні, що виникає в умовах нормального режиму роботи (наприклад, внаслідок пиловиділення з негерметичного виробничого обладнання);

б) під час розрахункової аварії виникла планова (ремонтні роботи) або раптова розгерметизація одного з технологічних апаратів, через що стався аварійний викид у приміщення усього пилу, що був у апараті.

4. Вільний об'єм приміщення визначається, як різниця між об'ємом приміщення та об'ємом, що його займає технологічне обладнання. Якщо вільний об'єм приміщення визначити неможливо, то його можна приймати умовно – 80 % від геометричного об'єму приміщення.

Розрахунок проводять з урахуванням:

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючих газів, парів легкозаймистих і горючих рідин

Надлишковий тиск вибуху ΔP у кілопаскалях для індивідуальних горючих речовин, які складаються з молекул, до складу яких входять атоми С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, обчислюють за формулою:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_o) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\Gamma}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (8.1)$$

де: P_{\max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної газо- або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі, який визначають дослідним шляхом або приймають за довідниковими даними. У разі відсутності таких даних дозволено приймати P_{\max} таким, що дорівнює 900 кПа;

P_o – атмосферний тиск, кПа (дозволено приймати таким, що дорівнює 101,3 кПа);

m – маса ГГ і/або парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до об'єму приміщення, яку визначають для ГГ за формулою:

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_{Г}, \quad (8.2)$$

де: V_0 – об'єм ГГ, що вийшов з апарата, м³;

V_T – об'єм ГГ, що вийшов з трубопроводів, м³;

$\rho_{Г}$ – густина ГГ за розрахункової температури t_p , кг м⁻³, що визначають за формулою:

$$\rho_{Г} = \frac{M}{V_o \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (8.3)$$

де: M – молярна маса, кг·кмоль⁻¹;

V_o – мольний об'єм, що дорівнює 22,413 м³·кмоль⁻¹;

t_p – розрахункова температура, °С (максимально можлива температура в приміщенні);

або маса за формулою:

$$m = m_p + m_{\epsilon_{МК}} + m_{\epsilon_{св}}, \quad (8.4)$$

де: m_p – маса рідини, що випарувалася з поверхні рідини, яка розлилася, кг;

$m_{\epsilon_{МК}}$ – маса рідини, що випарувалася з поверхонь відкритих ємкостей технологічного устаткування, кг;

$m_{\epsilon_{св}}$ – маса рідини, що випарувалася з поверхонь, на які нанесено горючу рідину, що на час аварії знаходиться у стадії висихання, кг.

$C_{ст}$ – стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.), що визначають за формулою:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (8.5)$$

де: $\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}$ – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння (під час розрахунку β атоми азоту не враховуються;

n_C, n_H, n_O, n_X – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів ЛЗР та ГР;

K_H – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення і неадіабатичність процесу горіння. Дозволено приймати $K_H = 3$.

Z – коефіцієнт участі ГГ і/або парів ЛЗР та ГР у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення згідно з додатком. Дозволено приймати значення Z відповідно до таблиці 8.2;

$V_{вільн}$ – вільний об'єм приміщення, м³, визначається за формулою:

$$V_{вільн} = 0,8 \cdot (A \times B \times H), \text{ м}^3, \quad (8.6)$$

де: A, B, H – геометричні розміри приміщення, м.

Значення коефіцієнта Z участі ГГ або парів ЛЗР, ГР у вибуху

Вид горючої речовини	Значення Z
водень	1,0
горючі гази (крім водню)	0,5
легкозаймісті та горючі речовини, які нагріті до температури спалаху і вище	0,3
легкозаймісті та горючі речовини, які нагріті до температури спалаху за умови можливості утворення аерозолю	0,3
легкозаймісті та горючі речовини, які нагріті до температури спалаху за умови неможливості утворення аерозолю	0

Розрахунок надлишкового тиску вибуху P у кілопаскалях для будь-яких індивідуальних речовин, крім тих, що наведені в попередньому прикладі, та сумішей, може бути виконано за формулою:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_o \cdot Z}{V_{вільн} \cdot \rho_{пов} \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (8.7)$$

де: m – маса ГГ або парів ЛЗР та ГР, горючого пилу, що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення, яку визначають для ГГ за формулою (8.2), для парів ЛЗР та ГР – за формулою (8.4), для горючого пилу – за формулою (8.8), кг:

$$m_{en} = \min \left\{ \begin{array}{l} m_{ез} + m_{ав} \\ \rho_{ст} \cdot V_{ав} / Z \end{array} \right\}, \quad (8.8)$$

де: $m_{ез}$ – розрахункова маса частини відкладеного у приміщенні пилу, що перейшов у стан аерозолю, кг;

$m_{ав}$ – розрахункова маса горючого пилу, що потрапив до об'єму приміщення з апарата у результаті розрахункової аварії та перейшов у стан аерозолю, кг;

$\rho_{ст}$ – стехіометрична концентрація горючого пилу в аерозолі, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

$V_{ав}$ – розрахунковий об'єм пилоповітряної хмари, утвореної при аварійній ситуації в об'ємі приміщення, м^3 ;

H_T – теплота згоряння, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$;

P_o – атмосферний тиск, кПа (дозволяється приймати таким, що дорівнює 101,3 кПа);

Z – коефіцієнт участі ГГ або парів ЛЗР та ГР у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення згідно з додатком ДСТУ БВ 1.1-36:2016. Дозволено приймати значення Z відповідно до таблиці 8.2. Коефіцієнт участі у вибуху пилу в завислому стані (стані аерозолю) визначають за:

$$Z = 0,5 \cdot M_{кр}, \quad (8.9)$$

де: $M_{кр}$ – масова частка частинок пилу розміром менше критичного. З перевищенням критичного розміру частинок пилу аерозоль стає вибухобезпечною, а саме таким, що не здатен поширювати полум'я. У разі відсутності можливості отримання даних щодо масової частки частинок пилу розміром менше критичного дозволено приймати $Z = 0,5$;

$V_{вільн}$ – вільний об'єм приміщення, м³;

$\rho_{пов}$ – густина повітря до вибуху за початкової температури, кг м⁻³;

C_p – теплоємність повітря, Дж кг⁻¹ К⁻¹ (допускається приймати рівною $1,01 \cdot 10^3$ Дж кг⁻¹ К⁻¹).

5. При використанні в приміщенні горючих газів, легкозаймистих або горючих рідин для визначення маси m , що входить до формули (8.1), враховується робота аварійної вентиляції, якщо вона забезпечена резервними вентиляторами, автоматичним пуском у разі перевищення граничнодопустимої вибухонебезпечної концентрації та електропостачанням за першою категорією надійності (ПВЕ), за умови розташування пристроїв для видалення повітря з приміщення в безпосередній близькості від місця можливої розрахункової аварії.

При цьому масу m горючих газів або парів легкозаймистих чи горючих рідин, які нагріто до температури спалаху і вище, що надійшли до об'єму приміщення, слід розділити на коефіцієнт K , який визначається за формулою:

$$K = A \cdot T + 1 \quad (8.10)$$

де: A – кратність повітрообміну, що створюється аварійною вентиляцією, с⁻¹;

T – тривалість надходження горючих газів і парів легкозаймистих і горючих рідин в об'єм приміщення, с (приймається за пунктом 2).

6. Маса m (кг) газу, що надійшла у приміщення при розрахунковій аварії, визначається за формулою:

$$m = (V_{АП} + V_{ТР}) \rho_G, \quad (8.11)$$

де: $V_{АП}$ – об'єм газу, що вийшов з апарата, м³;

$V_{ТР}$ – об'єм газу, що вийшов з трубопроводів, м³.

При цьому:

$$V_{АП} = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (8.12)$$

де: P_1 – тиск в апараті, кПа;

V – об'єм апарата, м³.

$$V_{ТР} = V_{1ТР} + V_{2ТР}, \quad (8.13)$$

де: $V_{1ТР}$ – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його відключення, м³;

$V_{2ТР}$ – об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його відключення, м³.

$$V_{1ТР} = q \cdot T, \quad (8.14)$$

де: q – витрата газу, яка визначається в залежності від тиску в трубопроводі, його діаметра, температури газового середовища тощо, м³/с;

T – час, який визначається за пунктом 2, с.

$$V_{2TP} = 0,01\pi P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n), \quad (8.15)$$

де: P_2 – максимальний тиск у трубопроводі відповідно до технологічного регламенту, $\kappa\text{Па}$;
 r – внутрішній радіус трубопроводів, м ;
 L – довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувки, м .

7. Маса парів рідини m , яка надійшла в приміщення при наявності декількох джерел випаровування (поверхня розлитої рідини, поверхня, на яку нанесли цю рідину, відкритий посуд чи ємкості, інше), визначається за формулою (8.4):

При цьому кожний з додатків у формулі (8.4) визначається за формулою:

$$m = W \cdot F_B \cdot T, \quad (8.16)$$

де: W – інтенсивність випаровування, кг/с м^2 ;
 F – площа випаровування, м^2 .

Якщо аварійна ситуація пов'язана з можливим надходженням рідини у розпиленому вигляді, тоді вона повинна бути врахована у формулі (8.16) введенням доданку, що враховує загальну масу рідини, яка надійшла від розпилюючих пристроїв, виходячи з тривалості їх роботи.

8. Маса m'_n (кг) рідини, що надійшла в приміщення.

9. Інтенсивність випаровування W визначається за довідковими та експериментальними даними. Для ЛЗР за відсутності даних W розраховується за формулою:

$$W = 10^{-6} \lambda \sqrt{M * P_n}, \quad (8.17)$$

де: λ – коефіцієнт, що приймається за табл. 8.3 залежно від швидкості та температури повітряного потоку над поверхнею випаровування;

M – молекулярна маса;

P_n – тиск насиченої пари при розрахунковій температурі рідини, який визначається за довідковими даними, $\kappa\text{Па}$.

Таблиця 8.3

Значення коефіцієнта λ

Швидкість повітряного потоку в приміщенні, м/с	Значення коефіцієнта λ при температурі повітря в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючого пилу

10. Розрахунок надлишкового вибуху ΔP (кПа) здійснюється за формулою (8.7), де z – частка участі у вибуху горючого пилу, що перебуває у завислому стані. За відсутності експериментальних даних допускається приймати $z = 0,5$.

11. Розрахункова маса пилу m (кг), який перебуває у завислому стані в об'ємі приміщення і утворився внаслідок аварійної ситуації, визначається за формулою:

$$m = m_{3H} + m_{AB}, \quad (8.18)$$

де: m_{3H} – розрахункова маса пилу, який знявся в повітря, кг;

m_{AB} – розрахункова маса пилу, що надійшов у приміщення внаслідок аварійної ситуації, кг.

12. Розрахункова маса m_{3H} пилу, який знявся, визначається за формулою:

$$m_{3H} = K_{3H} \cdot m_n, \quad (8.19)$$

де: K_{3H} – частка нагромадженого в приміщенні пилу, що перебуває в стані нашарування, але здатна перейти в завислий стан внаслідок аварійної ситуації. При відсутності експериментальних даних приймається $K_{3H} = 0,9$;

m_n – маса відкладеного (наявного) в приміщенні пилу на момент аварії, кг.

13. Розрахункова маса пилу m_{AB} , який надійшов у приміщення внаслідок аварійної ситуації, визначається за формулою:

$$m_{AB} = (m_{АП} + qT)K_n, \quad (8.20)$$

де: $m_{АП}$ – маса горючого пилу, що викидається в приміщення з апарата, кг;

q – продуктивність, з якою продовжується надходження пилоподібних речовин до аварійного апарата по трубопроводах до моменту їх відключення, кг/с;

T – час відключення, визначається за пунктом 2, с;

K_n – коефіцієнт пиління, який являє собою відношення маси пилу, що перебуває в повітрі у завислому стані, до усїєї маси пилу, що надійшов з апарата до приміщення. При відсутності експериментальних даних K_n приймається: для пилу з дисперсністю меншою за 350 мкм $K_n = 0,5$; для пилу з дисперсністю не меншою за 350 мкм – $K_n = 1,0$. Величина m_{AB} приймається відповідно до пунктів 1 і 3.

14. Маса пилу, що відклався в приміщенні на момент аварії визначається за формулою:

$$m_n = \frac{K_\Gamma}{K_\Pi} (m_1 + m_2), \quad (8.21)$$

де: K_Γ – частка горючого пилу в загальній масі нашарованого пилу;

m_1 – маса пилу, який осідає на важкодоступних для прибирання поверхнях у приміщенні за період часу між генеральними прибираннями, кг;

m_2 – маса пилу, який осідає на доступних для прибирання місцях у приміщенні за період часу між поточними прибираннями, кг;

K_{II} – коефіцієнт ефективності пилоприбирання. У разі ручного прибирання приймається: при сухому – 0,6, при вологому – 0,7. У разі механізованого вакуумного прибирання – при рівній підлозі $K_{II} = 0,9$; при підлозі з вибоями (до 5 % площі) $K_{II} = 0,7$.

Під важкодоступними для прибирання місцями слід розуміти такі поверхні у виробничих приміщеннях, очищення яких здійснюється тільки під час генерального пилоприбирання. Доступними для прибирання місцями є поверхні, пил з яких збирається в процесі поточного пилоприбирання (щодоби, щозміни тощо).

15. Маса пилу m_i ($i = 1, 2$), який осідає на різноманітних поверхнях у приміщенні за період між прибираннями, визначається за формулою:

$$m_i = M_i(1 - \alpha)\beta_i, \quad (i = 1, 2), \quad (8.22)$$

де: $M_1 = \sum_j M_{1j}$ – маса пилу, який виділяється в об'ємі приміщення за час між генеральними пилоприбираннями, кг

M_{1j} – маса пилу, що виділяється одиницею обладнання, яке пилить за вказаний період часу, кг;

$M_2 = \sum_j M_{2j}$ – маса пилу, який виділяється в об'ємі приміщення за період часу між поточними пилоприбираннями, кг;

M_{2j} – маса пилу, що виділяється одиницею обладнання, яке пилить, за вказаний період, кг;

α – коефіцієнт, який визначає частку пилу, що надходить до об'єму приміщення і забирається витяжними вентиляційними системами. За відсутності експериментальних даних величину α приймають рівною $\alpha = 0$;

β_1, β_2 – коефіцієнти, які визначають частки пилу, що виділяються в об'ємі приміщення і відповідно осідають у важкодоступних і доступних для прибирання місцях приміщення ($\beta_1 + \beta_2 = 1$). За відсутності даних про величину коефіцієнтів β_1 і β_2 приймається $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$.

16. Величина M_i ($i = 1, 2$) може бути визначена експериментально (або за аналогією з діючими типовими виробництвами) в період максимального завантаження обладнання за формулою:

$$M_i = \sum_j (G_{ij} \cdot F_{ij})\tau_j \quad (j = 1, 2), \quad (8.23)$$

де: G_{1j}, G_{2j} – інтенсивність нашарування пилу відповідно на важкодоступних F_{1j} і доступних F_{2j} (m^2) площах, кг/ m^2 с;

τ_1, τ_2 – проміжок часу відповідно між генеральними і поточними пилоприбираннями, с.

Визначення надлишкового тиску вибуху для речовин і матеріалів, які здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним

17. Розрахунковий надлишковий тиск вибуху ΔP речовин і матеріалів, здатних вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним, визначається за наведеною вище методикою, якщо приймати $z = 1$, а за величину H_T приймати енергію, що виділяється при взаємодії (з урахуванням згорання продуктів взаємодії до кінцевих речовин) або експериментально при випробуваннях. У випадках, коли визначати величину ΔP неможливо, слід приймати її більшою за 5 кПа.

Визначення надлишкового тиску вибуху для вибухонебезпечних сумішей, що містять гази (пари) і пил

18. Розрахунковий надлишковий тиск вибуху ΔP гетерогенних вибухонебезпечних сумішей, які містять гази (пари) і пил, визначається за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (8.24)$$

де: ΔP_1 – тиск вибуху, розрахований для газу (пари) у відповідності з пунктами 5 і 6;
 ΔP_2 – тиск вибуху, розрахований для пилу відповідно з пунктом 10.

Для визначення категорій приміщень виробничих підприємств необхідно визначити пожежно-технічні властивості речовин та матеріалів, які можуть бути задіяні в виробництві.

До основних показників пожежовибухонебезпечності належать: група горючості, температури спалаху, спалахування, самоспалахування, концентраційні та температурні межі поширення полум'я; твердих речовин та матеріалів: група горючості, температури спалахування, самоспалахування, самонагрівання.

Температура спалаху $t_{СП}$ – мінімальна температура горючої речовини, при якій над її поверхнею утворюються пари або гази, здатні спалахнути від джерела запалювання, але вона ще не достатня для стійкого горіння.

За температурою спалаху розрізняють: легкозаймисті рідини (ЛЗР), у яких $t_{СП} \leq 61$ °С у закритому тиглі та горючі рідини (ГР), у яких $t_{СП} > 61$ °С.

Значення $t_{СП}$ використовують при класифікації рідин за ступенем пожежонебезпеки при визначенні категорії приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою відповідно до ДСТУ БВ 1.1-36:2016, а також класів вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зон у відповідності з вимогами Правил влаштування електроустановок (ПВЕ).

Температура спалахування (t_C) – мінімальна температура речовини, при якій вона виділяє горючі гази і пари з такою швидкістю, що після їх запалювання виникає стійке горіння ($t_C > t_{СП}$).

Температура самоспалахування (t_{CC}) – мінімальна температура речовини, при якій відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій, що призводить до виникнення полум'янистого горіння.

Нижня (НКМ) та верхня (ВКМ) концентраційні межі поширення полум'я – це мінімальна та максимальна частка горючої речовини у суміші з даним окислювачем (повітрям), при яких можливе спалахування суміші від джерела запалювання з наступним поширенням полум'я по суміші.

Вибухонебезпека горючих газів, парів та пилу тим більша, чим меншою є НКМ і чим більший діапазон між НКМ та ВКМ, тобто чим більшою є область спалахування (вибуховості).

Нижня (НТМ) та верхня (ВТМ) температурні межі поширення полум'я – мінімальна та максимальна температури речовини, за яких її насичені пари утворюють у повітрі концентрації, рівні відповідно НКМ та ВКМ.

Дані про НТМ та ВТМ приймають при розробці заходів щодо забезпечення вибухової та пожежної безпеки, при розрахунку пожежовибухонебезпечних температурних режимів роботи технологічного устаткування, при оцінці аварійних ситуацій, пов'язаних з розлиттям горючих рідин, а також для розрахунку концентраційних меж поширення полум'я.

Температура самонагрівання (t_{CH}) – мінімальна температура речовини, при якій самочинний процес її нагрівання не призводить до тління або полум'янистого горіння.

Дані про t_{CH} використовують при виборі безпечних умов нагрівання речовини, розробці заходів щодо забезпечення пожежобезпеки технологічних процесів відповідно до вимог ДСТУ 8828:2019.

Безпечна температура довготривалого нагрівання речовини – температура, яка не перевищує 90 % t_{CH} .

Основні показники пожежовибухонебезпечності легкозаймистих та горючих рідин і горючих газів наведені в табл. 8.4, 8.5, та 8.6.

Таблиця 8.4

Фізико-хімічні характеристики деяких легкозаймистих та горючих рідин

Речовина	Хімічна формула речовини	Молекулярна маса	Стехіометрична концентрація $C_{ст}$, % (об) / Стехіометричний коефіцієнт кисню	Густина парів, кг/м ³	Інтенсивність випаровування, кг/с м ² (10 ⁻³)	Тиск насиченої пари при 20°C, кПа	Густина, кг/м ³
Ацетон	C ₃ H ₆ O	58,08	4,91 / 4	2,0	0,655	24,54	790,8
Бензин	C _{7,267} H _{14,796}	102,2	1,89 / 10,75	3,5	0,385	10,5	730
Гас	C _{13,595} H _{26,86}	191,7	1,00 / 20,75	3,8	0,0072	0,15	834
Спирт етиловий	C ₂ H ₅ OH	46,069	6,44 / 3,00	1,6	0,140	5,87	789,3
Спирт ізопропіловий	C ₃ H ₈ O	60,096	4,4 / 4,5	2,1	0,145	5,87	785,1
Толуол	C ₇ H ₈	92,14	2,24 / 9,0	3,2	0,179	2,97	866,9
Уайт-спірит	C _{10,5} H ₂₁	147,3	1,26 / 16,25	4,6	0,016	0,37	770
Етилцелозольв	C ₄ H ₁₀ O ₂	90,122	3,62 / 5,5	3,1	-	0,51	931
Етилацетат	C ₄ H ₈ O ₂	88,106	3,97 / 5,0	3,04	0,324	9,85	881

Таблиця 8.5

Основні показники пожежовибухонебезпечності деяких ЛЗР та ГР

№ п/п	Назва ЛЗР, ГР	Температура спалаху ($t_{сп}$), °C	Температура самоспалахування ($t_{сс}$), °C	Концентраційні межі поширення полум'я, % об'єм.	Температурні межі поширення полум'я, °C
				НКМ / ВКМ	НТМ / ВТМ
1	Ацетон	-18	465	2,2 / 13	-20 / 6
2	Бензин автомобільний А-76	-36	300	0,76 / 5,16	-36 / -4
3	Бензол	-11	562	1,4 / 7,1	-14 / 13
4	Бутиацетат	29	450	2,2 / 14,7	13 / 48
5	Гас	27	250	1,4 / 7,5	27 / 69
6	Етилацетат	2	400	3,5 / 16,8	1 / 31
7	Ксилол	29	590	1,2 / 6,2	24 / 50
8	Машинне масло (марка ФМ-5,6 АП)	182	410	-	172 / 270
9	Спирт бутиловий	41	345	1,7 / 12	31 / 60
10	Спирт етиловий	13	404	3,6 / 19	11 / 41
11	Спирт ізопропиловий	14	400	2,0 / 12	8 / 37
12	Спирт метиловий	8	464	6,0 / 34,7	7 / 39
13	Скипидар	34	300	0,8 / -	32 / 53
14	Толуол	4	536	1,3 / 6,7	0 / 30
15	Уайт-спірит	33-36	260	-	33 / 68

Таблиця 8.6

Основні показники пожежовибухонебезпечності деяких горючих газів

№ п/п	Назва горючого газу	Молекулярна маса	Густина кг/м ³ (за н.у.)	Температура самоспалахування ($t_{сс}$), °C	Концентраційні межі поширення полум'я, % об'єм.	Мінімальна енергія запалювання, мДж
					НКМ / ВКМ	
1	Аміак	17,03	681,4*	650	15 / 28	680
2	Ацетилен	26,04	1,177	335	2,5 / 81	-
3	Бутан	58,12	2,672	405	1,8 / 9,1	0,25
4	Водень	2,02	0,090	510	4,0 / 75	0,017
5	Етан	30,07	1,356	472	2,9 / 15	0,24
6	Етилен	28,05	1,259	540	3,0 / 32	0,12
7	Метан	16,04	0,717	537	5,0 / 15	0,28
8	Окис вуглецю	28,01	1,250	610	12,5 / 74	-
9	Пропан	44,09	500,5*	466	2,1 / 9,5	0,25
10	Сірководень	34,08	1,539	246	4,3 / 46	-

Примітка: * Густина в зрідженому стані.

Приклад 1. Визначити категорію цеху фарбування за вибухопожежною та пожежною безпекою. Цех має розміри 18 x 144 м, h = 3,5 м.

В табл. 8.7 наведено перелік приміщень, в яких за технологією визначена категорія вибухопожежної безпеки.

Характеристика приміщень

№ п/п	Назви приміщень цеху фарбування	Категорія приміщення за вибухопожежною безпекою	Площа приміщення, м ²	Частка площі приміщень у загальній площі цеху, %
1	приміщення підготовки деталей під фарбування	Д	518,4	20
2	приміщення для затирання поверхонь	Б	388,8	15
3	приміщення нанесення ґрунтовки	Б	259,2	10
4	приміщення нанесення фарби	А	388,8	15
5	приміщення для сушіння деталей після фарбування	А	388,8	15
6	санітарно-побутові приміщення	Д	129,6	5
7	адміністративні приміщення	Д	129,6	5
8	склад готової продукції	Д	388,8	15

Згідно з ДСТУ БВ 1.1-36:2016 будівля цеху фарбування належить до категорії А, тобто в ній сумарна площа приміщень категорії А перевищує 5 % площі всіх приміщень, або 200 м² (в даному випадку 30 % – 776,6 м²).

Приклад 2. Згідно розрахункового методу визначити категорію вибухопожежної небезпеки малярного цеху, приміщення об'ємом 300 м³. При виникненні аварійного режиму устаткування розлилось на підлогу приміщення 10 л толуолу. Температура в приміщенні цеху 20 °С.

Визначаємо масу пара горючої рідини, що може потрапити в приміщення:

$$m = W \cdot F_B \cdot T = 0,179 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 3600 = 6,44 \text{ кг}$$

де: W – прийняти по табл. 8.4.;

F_B – площа випаровування, згідно п.2.

Визначаємо надлишковий тиск вибуху парів толуолу:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{m z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г.п.}}} * \frac{100}{C_{\text{СТ}}} * \frac{1}{K_H} = (900 - 102) \frac{6,44 * 0,3}{240 * 3,2} * \frac{100}{2,24} * \frac{1}{3} = 29,9 \text{ кПа}$$

де: P_{\max} – максимальний тиск-вибуху, при відсутності даних 900 кПа;

P_0 – початковий тиск рівний 101 кПа;

z – значення коефіцієнта для легкозаймистої рідини, що нагріта до температури спалаху і вище 0,3.

$\rho_{\text{г.п.}}$ – за табл. 8.4 – 3,2 кг/м³;

$C_{\text{СТ}}$ – за табл. 8.4. – 2,24 %(об).

Тиск, який може виникнути при вибуху парів толуолу в приміщенні цеху

$\Delta P = 29,9 \text{ кПа} > 5 \text{ кПа}$, температура спалаху толуолу $t_{СП} = 4 \text{ }^\circ\text{C} < 28 \text{ }^\circ\text{C}$.

За вибухопожежною небезпекою приміщення малярного цеху відноситься до категорії А.

Приклад 3. Визначити категорію вибухопожежонебезпеки та найбільш можливий тиск, який може утворитися при роботі устаткування нафтопереробного цеху при перекачці бензину та машинного мастила по трубопроводах. Цех має розміри в плані 98 x 18 м, висоту 6 м. Продуктивність насосів $L = 0,024 \text{ м}^3/\text{с}$. Розрахунковий час відключення системи трубопроводів – 300 с.

При розрахунку з урахуванням більш небезпечної ЛЗР – бензину, знаходимо кількість бензину, яка при порушеннях устаткування може вилитися з обох частин трубопроводу за розрахунковий час відключення трубопроводів:

$$m_{з.р.} = 2L * T = 2 * 0,024 * 300 = 14,4 \text{ м}^3 = 14400 \text{ л}$$

Визначаємо площу та об'єм приміщення:

$$S_{НС} = 98 \cdot 18 = 1764 \text{ м}^2,$$

$$V_{НС} = 98 \cdot 18 \cdot 6 = 10584 \text{ м}^3,$$

$$V_B = 0,8 \cdot V_{НС} = 0,8 \cdot 10584 = 8467,2 \text{ м}^3.$$

Таким чином, вся площа приміщення цеху буде залита бензином (1 л бензину розливається на площі підлоги в 1 м²).

Маса парів бензину, що може виділитися в приміщенні цеху при аварії устаткування:

$$m = W * F_B * T = 0,385 * 10^{-3} * 1764 * 3600 = 2444,9 \text{ кг}$$

де: T – час випаровування, 3600 с;

F – площа випаровування ЛЗР, 1764 м²;

W – інтенсивність випаровування (табл. 8.4) – $0,385 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$.

Надлишковий тиск, який може виникнути при вибуху парів бензину:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{m z}{V_{СВ} \rho_{Г.П.}} * \frac{100}{C_{СТ}} * \frac{1}{K_H} = (900 - 101) \frac{2444,9 * 0,3}{8467,2 * 3,5} * \frac{100}{1,89} * \frac{1}{3} = 348,76 \text{ кПа}$$

Надлишковий тиск при аварії в приміщенні $\Delta P = 348,76 \text{ кПа} > 5 \text{ кПа}$, бензин має температуру спалаху $t_{СП} = -36 \text{ }^\circ\text{C} < 28 \text{ }^\circ\text{C}$, категорія приміщень нафтопереробного цеху – А (вибухопожежонебезпечна).

Приклад 4. Визначити, яка кількість бензину може призвести до створення вибухопожежної концентрації у ремонтно-механічній майстерні. Розміри майстерні: $b = 5 \text{ м}$; $a = 4 \text{ м}$; $h = 3,5 \text{ м}$.

Знаходимо вільний об'єм приміщення:

$$V_B = 4 \cdot 5 \cdot 3,5 \cdot 0,8 = 56 \text{ м}^3 .$$

Кількість парів бензину m , яка здібна створити вибухонебезпеку з киснем повітря на рівні нижньої концентраційної межі – $C_{HKM} = 0,76 \%$ (табл. 8.5):

$$m = \frac{V_B}{100} \cdot C_{HKM} = \frac{56}{100} \cdot 0,76 = 0,426 \text{ м}^3$$

При густині парів бензину $3,5 \text{ кг/м}^3$ (табл. 8.4) – $m = 0,426 \cdot 3,5 = 1,49 \text{ кг}$.

При густині бензину 730 кг/м^3 (табл. 8.4) – $1,49 \text{ кг}$ бензину в рідкому стані займе об'єм:

$$\rho_{Г.П.} = \frac{m}{V_t}; V = \frac{m}{\rho_{Г.П.}} = \frac{1,49}{730} = 0,00204 \text{ м}^3 = 2,04 \text{ л} .$$

Висновок – $2,04 \text{ л}$ бензину в приміщенні ремонтно-механічної майстерні з вільним об'ємом 56 м^3 при повному випаровуванні може створити в приміщенні вибухонебезпечну концентрацію.

Приклад 5. Визначити нижню концентраційну межу спалахування при застосуванні в фарбувальному цеху розчинника, який складається з 50% – толуолу; 25% – уайт-спіріту і 25% – етилацетату.

Необхідно перевести об'ємні концентрації компонентів розчинника в масові. Співвідношення об'ємних ($\%$, об), або масових (кг/м^3) одиниць має такий вираз:

$$C_{\max} = 10 \cdot M \cdot C_{об} / V_t, \quad (8.25)$$

де: C_{\max} – концентрація в масових одиницях, г/м^3 ;

$C_{об}$ – концентрація в об'ємних одиницях, ($\%$, об'єм);

M – молекулярна маса парів;

V_t – об'єм грам-молекули парів ($22,4 \text{ л}$ за н.у.).

$$\text{- для толуолу: } C_{\max} = \frac{10 \cdot 92,14 \cdot 2,24}{22,4} = 53,52 / \text{м}^3 ;$$

$$\text{- для уайт-спіріту: } C_{\max} = \frac{10 \cdot 147,3 \cdot 1,26}{22,4} = 82,862 / \text{м}^3 ;$$

$$\text{- для етилацетату: } C_{\max} = \frac{10 \cdot 88,106 \cdot 3,97}{22,4} = 156,152 / \text{м}^3 .$$

Орієнтовно нижню концентраційну межу спалахування суміші горючих парів можна визначити при початковій температурі $25 \text{ }^\circ\text{C}$ за формулою Ле-Шательє:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_K}{\sum_{i=1}^n C_K / C_{ПК}}, \quad (8.26)$$

де C_K – концентрація К-го компонента в суміші;

$C_{ПК}$ – концентраційна межа (НКМ або ВКМ) поширення полум'я К-го компонента;

n – кількість компонентів в суміші.

Тоді нижня концентраційна межа спалахування розчинника:

$$C = \frac{50 + 25 + 25}{\frac{50}{53,5} + \frac{25}{82,86} + \frac{25}{156,15}} = 71,94 \text{ г/м}^3.$$

8.2. Визначення ступеня вогнестійкості будівель та споруд і необхідних меж вогнестійкості будівельних конструкцій

Необхідна ступінь вогнестійкості виробничих будівель промислових підприємств визначається СНіП 2.09.02-85* в залежності від категорії вибухопожежної небезпеки підприємств, площі і поверховості будинку (табл. 8.8).

Таблиця 8.8

Ступінь вогнестійкості виробничих будівель

Категорія виробництва	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будинків	Площа поверху в межах пожежного поверху м ² , будинків		
			одноповерхових	багатоповерхових	
				двохповерхових	трьох- і більш поверхів
А і Б	6	I	не обмежуються		
А і Б (за винятком хім. і нафтопереробки)	6	II	не обмежуються		
	1	IIIa	5200	-	-
А (хім. і нафтопереробка)	6	II	не обмежено	5200	3500
	1	IIIa	3500	-	-
Б (хім. і нафтопереробка)	6	II	не обмежено	10400	7800
	1	IIIa	3500	-	-
В	8	I, II	не обмежуються		
	3	III	5200	3500	2600
	2	IIIa	25000	10400	-
	1	IIIб	15000	-	-
	2	IV	2600	2000	-
	2*	IVa	2600	2000	-
	1	V	1900	-	-
Г	10	I, II	не обмежуються		
	3	III	6500	5200	3500
	6	IIIa	не обмежується		
	1	IIIб	20000	-	-
	2	IV	3500	2600	-
	2*	IVa	6500	5200	-
Д	10	I, II	не обмежуються		
	6	IIIa	не обмежуються		
	3	III	7800	6500	3500
	1	IIIб	25000	-	-
	2	IV	3500	2600	-
	2*	IVa	10400	7800	-
	2	V	2600	1500	-

Необхідний ступень вогнестійкості житлових будівель визначають згідно ДБН В.2.2-15:2019 в залежності від площі забудови і поверховості будівлі (табл.8.9).

Необхідний ступень вогнестійкості будівель визначають згідно ДБН В.1.1-7:2016 за табл. 8.10 у відповідності до межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій та їх класів вогнестійкості.

Таблиця 8.9

Нормована площа поверху залежно від ступеня вогнестійкості та поверховості будинків

Ступінь вогнестійкості будинку	Найбільша кількість поверхів (умовна висота)	Найбільша площа поверху (в межах пожежного відсіку), м ²
I	25 (до 73,5 м умовної висоти)	2200
II	10	2200
III	5	1800
IIIб, IV	1	1400
IIIб, IV	2	1000
IIIа, IVа, V	1	1000
V	2	800

Таблиця 8.10

Ступінь вогнестійкості будинку та класи вогнестійкості будівельних конструкцій

Ступінь вогнестійкості	Мінімальні значення класів вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні значення груп поширення вогню по них								
	Стіни				Колони	Сходові площадки, косоури, сходи, балки, марші сходових кліток	Перекриття міжповерхові (у т.ч. горіщні та над підвалами)	Елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	самонесучі	зовнішні несучі	внутрішні ненесучі (перегородки)				плити, настили, прогони	балки, ферми, арки, рами
I	REI 150	REI 90	E 30	EI 30	R 150	R 60	REI 60	RE 30	R 30
	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0
II	REI 120	REI 60	E 15	EI 15	R 120	R 60	REI 45	RE 15	R 30
	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0	M0
III	REI 120	REI 60	E 15/30	EI 15	R 120	R 60	REI 45	не нормується	
	M0	M0	M0/M1	M1	M0	M0	M1		
IIIа	REI 60	REI 30	E 15	EI 15	R 15	R 60	REI 15	RE 15	R 15
	M0	M0	M1	M1	M0	M0	M0	M1	M0
IIIб	REI 60	REI 30	E 15/30	EI 15	R 60	R 45	REI 45	RE 15/30	R 45
	M1	M1	M0/M1	M1	M1	M0	M1	M0/M1	M1
IV	REI 30	REI 15	E 15	EI 15	R 30	R 15	REI 15	не нормуються	
	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1		
IVа	REI 30	REI 15	E 15	EI 15	R 15	R 15	REI 15	RE 15	R 15
	M1	M1	M2	M1	M0	M0	M0	M2	M0
V	не нормуються								

Ступінь вогнестійкості будівель

Будівлі та споруди складаються із будівельних конструкцій, основними з яких є: стіни (несучі та сходових клітин), колони, сходові площадки, косоури, сходи та балки сходових клітин, перекриття, балки, ферми, арки тощо.

Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої здатності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати теплоізолюючої здатності (I).

Значення межі вогнестійкості будівельних конструкцій визначають шляхом випробувань за ДСТУ Б В. 1.1-4-98*, за стандартами на методи випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій конкретних видів або за розрахунковими методами відповідно до стандартів і методик, затверджених або узгоджених з центральним органом державного пожежного нагляду.

Показником здатності будівельної конструкції поширювати вогонь є межа поширення вогню (M).

За межею поширення вогню будівельні конструкції підрозділяють на три групи:

- M_0 (межа поширення вогню дорівнює 0 см);
- M_1 ($M < 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M < 40$ см – для вертикальних конструкцій);
- M_2 ($M > 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M > 40$ см – для вертикальних конструкцій).

Вогнестійкість будівлі (здатність будівлі чинити опір в умовах пожежі) характеризується ступенем вогнестійкості.

По вогнестійкості всі будівлі та споруди діляться на ступені вогнестійкості I, II, III, Ша, Шб, IV, IVa, V.

Кожному ступеню вогнестійкості відповідає набір конструкцій з відповідними числовими значеннями меж вогнестійкості та меж поширення вогню.

До будівель I ступеню вогнестійкості пред'являються самі жорсткі вимоги по межах вогнестійкості та межах розповсюдження вогню по конструкціям, до будівель V ступеню вогнестійкості – мінімальні (вони не нормуються).

Після визначення необхідного ступеню вогнестійкості будівлі слід визначати регламентовані (необхідні) мінімальні межі вогнестійкості основних конструкцій будівлі і максимальні межі розповсюдження полум'я (табл. 8.10).

Примірні конструктивні характеристики будівель в залежності від їх ступеня вогнестійкості наведені в табл. 8.11.

Конструктивні характеристики будівель

Ступінь вогнестійкості будівель	Конструктивні характеристики
I	Будівлі з несучими і захищаючими конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових негорючих матеріалів.
II	Так само. В покриттях будівель припускається застосовувати незахищені конструкції.
III	Будівлі з несучими і захищаючими конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону. Для перекриттів допускається використання дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою чи важкогорючими листовими, а також плитковими матеріалами. До елементів покриттів не пред'являються вимоги по межах вогнестійкості і межах розповсюдження вогню; при цьому елементи горючого покриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці.
IIIa	Будівлі переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – із сталевих незахищених конструкцій. Захищаючі конструкції – із сталевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з важкогорючим утеплювачем.
IIIб	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса з цільної або клейової деревини, підданій вогнезахисній обробці, що забезпечує необхідну межу розповсюдження вогню. Захищаючі конструкції – з панелей або по елементній збірці, виконані з вживанням деревини або матеріалів на її основі. Деревина і інші горючі матеріали захищаючих конструкцій повинні бути піддані вогнезахисній обробці або захищені від дії вогню або високих температур так, щоб забезпечити необхідну межу розповсюдження вогню.
IV	Будівлі з несучими і захищаючими конструкціями з цільної або клеєної деревини і інших палих горючих чи важкогорючих матеріалів, захищених від дії вогню або високих температур штукатуркою або іншими листовими чи плитковими матеріалами. До елементів покриттів не ставляться вимоги по межах вогнестійкості і межах розповсюдження вогню; при цьому елементи покриттів з деревини піддаються вогнезахисній обробці.
IVa	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса із сталевих незахищених конструкцій. Захищаючі конструкції – зі сталевих профільованих листів чи інших негорючих матеріалів з палим утеплювачем.
V	Будівлі, до несучих і захищаючих конструкцій яких не пред'являються вимоги за правилами граничної вогнестійкості і межах розповсюдження вогню.

При визначенні необхідного ступеня вогнестійкості громадських будинків слід враховувати також призначення громадського будинку, його місткість і ряд інших чинників, що приведені у відповідних розділах ДБН.

Так, наприклад, при проектуванні спортивних споруджень необхідно враховувати протипожежні вимоги, викладені в розділі ДБН В.2.2-13-2003 Відповідно до цих вимог:

- сумарну місткість стаціонарних і тимчасових місць для глядачів, які

передбачені проектом трансформації залу, слід передбачати з урахуванням ступеня вогнестійкості будинку (споруди):

а) IIIa і V – не більше 300;

б) IV – не більше 400;

в) III і IIIб – не більше 600;

г) I і II – понад 600;

- у будинках IVa ступеня вогнестійкості розміщення трибун для глядачів не допускається;

- у будинках IIIб ступеня вогнестійкості з елементами покриття з дерев'яних конструкцій у випадку, коли стіни, колони, сходи і міжповерхові перекриття мають межу вогнестійкості та поширення вогню, яка вимагається для будинків III ступеня вогнестійкості, допускається збільшення місткості одноповерхового зального приміщення до 4 тис. глядачів;

- будинки критих спортивних споруд IIIб ступеня вогнестійкості в разі розміщення на верхньому поверсі тільки допоміжних приміщень можуть бути двоповерховими, а у випадку, коли стіни, колони, сходи і міжповерхові перекриття мають межу вогнестійкості і поширення вогню, яка вимагається для будинків III ступеня вогнестійкості, – заввишки до п'яти поверхів. В усіх випадках допоміжні приміщення повинні бути відокремлені від зального приміщення протипожежними стінами 1-го типу.

Граничний поверх розміщення зальних приміщень із місцями для глядачів у будинках критих спортивних споруд і в інших громадських будинках слід приймати згідно з вимогами, які ставляться до розміщення актових і конференц-залів у розділі 10 ДБН В 2.2-9:2018.

Найбільшу кількість поверхів та найбільшу місткість залів для глядачів приймається в залежності від ступеня вогнестійкості будівель та споруд згідно до табл. 8.12.

Таблиця 8.12

Ступінь вогнестійкості, поверховість та місткість залів закладів для масових заходів

Будівля або споруда		Ступінь вогнестійкості	Найбільша кількість поверхів	Найбільша місткість залу для глядачів, місць
<i>Кінотеатри</i>				
цілорічної дії		V	1	до 300
		IIIa, IV	2 ¹⁾	до 400
		IIIa, IVб	2 ^{1), 2)}	до 600
		I - II	не нормується	понад 600
сезонної дії ³⁾	літній закритий	III, IV, V	1	до 600
		III, IIIб	1	понад 600
	літній відкритий	не обмежується	1	до 600
		III, IIIб	1	понад 600
<i>Клубні заклади</i>				
клубні заклади		V	1 ⁴⁾	до 300
		IIIa, IV	2 ¹⁾	до 400
		IIIa, IVa	3 ^{1), 2)}	до 600
		I - II	не нормується	понад 600
театри		I - II	не нормується	

Примітки: ¹⁾ Зали для глядачів в будівлях кінотеатрів IIIа, IIIб та IV ступенів вогнестійкості слід розміщувати на першому поверсі, а в будівлях клубних закладів III і IIIб ступенів вогнестійкості – не вище другого поверху.

²⁾ При проектуванні будівель IIIб ступеня вогнестійкості з елементами покриття з дерев'яних конструкцій у випадку, коли стіни, колони, сходи та міжповерхові перекриття мають клас вогнестійкості та розповсюдження вогню, як того вимагають будівлі II ступеня вогнестійкості, допускається збільшення місткості зали для глядачів, але не більше 1000 місць.

³⁾ У разі блокування кінотеатру цілорічної дії з кінотеатром сезонної дії меншого ступеня вогнестійкості між ними повинна бути передбачена протипожежна стіна першого типу.

⁴⁾ Будівлі клубних закладів V ступеня вогнестійкості з залами для глядачів місткістю до 300 місць, що розташовані на першому поверсі, допускається проектувати двоповерховими за умови, що:

- несучі стіни з дерев'яних колод чи брусів захищені зсередини штукатуркою або обшивками, які за межею розповсюдження вогню відповідають групі М-1;
- стіни панелей на дерев'яному каркасі з утеплювачем з неорганічних матеріалів мають обшивки, які за межею розповсюдження вогню відповідають групі М-1.

8.2.1. Методика визначення необхідного та фактичного ступенів вогнестійкості будівель

Розрізняють фактичний (ФСВБ) та необхідний за вимогами (ВСВБ) ступінь вогнестійкості будівель.

Умова пожежної безпеки виконується, якщо $ФСВБ \geq ВСВБ$.

Межа вогнестійкості ($M_{вв}$) конструкцій та межа поширення полум'я ($M_{пв}$), що відповідають вимогам, визначаються за нормативними документами.

Фактичні ($M_{вф}$) та ($M_{пф}$) визначаються за проектною документацією або відповідно до прийнятих конструкцій.

Ступінь вогнестійкості будівлі, що відповідає вимогам, це мінімально допустимий, встановлений будівельними нормами ступінь вогнестійкості будівлі. Він визначається за відповідними будівельними нормами, в залежності від виду будівлі або споруди.

Для визначення ВСВБ необхідно знати:

- вид будівлі;
- поверховість;
- площу поверху між протипожежними стінами;
- категорію за вибухопожежною та пожежною небезпекою (для виробничих та складських будівель);
- наявність автоматичних установок пожежогасіння;
- інші специфічні дані.

В залежності від ВСВБ, для кожної конструкції або елемента визначається необхідна межа вогнестійкості за табл. 8.13.

Для визначення фактичного ступеня вогнестійкості будівлі необхідно:

- визначити $M_{вф}$ та $M_{пф}$;
- за табл. 8.13 визначити, у будівлях якого ступеня вогнестійкості можуть

застосовуватися ці конструкції або елементи;

- із визначених ступенів вогнестійкості для кожної конструкції приймається найнижча.

В кінці надається висновок про виконання умови пожежної безпеки за вогнестійкістю будівлі. Для цього потрібно:

- визначити $M_{вф}$ та $M_{пф}$;
- визначити фактичний ступінь вогнестійкості будівлі;
- визначити відповідний до вимог ступінь вогнестійкості будівлі;
- визначити $M_{вв}$ та $M_{пв}$;
- скласти таблицю за формою.

Таблиця 8.13

Фактична ступінь вогнестійкості будівлі

№ зп.	Найменування конструкції	Запроектовано		ФСВБ	Необхідно за нормами		ВСВБ	висновок
		$M_{вф}$ факт.	$M_{пф}$ факт.		$M_{вв}$ вим.	$M_{пв}$ вим.		
	Колони збірні з/б перетином 400x400 мм	R140	M0	II	R150	M0	I	не відповідає
тощо								

Зробити висновок щодо виконання умови $ФСВБ < ВСВБ$

8.2.2. Розрахунок вогнестійкості будівельних конструкцій

Під *вогнестійкістю будівельних конструкцій* розуміють здатність конструкції зберігати несучі і (або) огорожувальні функції за умов пожежі.

Показником вогнестійкості будівельних конструкцій є *межа вогнестійкості* – показник вогнестійкості конструкції, який визначається часом від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з нормованих для даної конструкції граничних станів з вогнестійкості:

- втрата несучої спроможності, яка характеризується обваленням конструкції, недопустимими деформаціями або переміщеннями;
- втрата цілісності, яка характеризується появою наскрізних отворів або тріщин, через які просочуються продукти горіння та (або) полум'я;
- втрата теплоізолюючої спроможності, що характеризується підвищенням середньої температури на необігрівальній поверхні над початковою середньою температурою цієї поверхні на 140 °С, або перевищення температури в довільній точці необігрівальної поверхні зразка над початковою температурою в цій точці на 180 °С.

Розрахунок вогнестійкості будівельних конструкцій в загальному випадку складається із статичної і теплотехнічної частин.

У *статичній частині розрахунку* вогнестійкості конструкцій розглядаються умови, при яких несуча здатність конструкцій при вигині, стисненні або сколюванні при дії високих температур досягає стану – стає

рівною відповідно згинаючому моменту, подовжньому стисненню і поперечній силі від нормативного статичного навантаження (або деформативному стану – прогинанню).

Теплотехнічна частина розрахунку побудована на рішенні краєвих задач диференціального рівняння нестационарної теплотехнічної передачі. При цьому визначається час настання критичної температури, який і характеризує фактичну межу вогнестійкості конструкцій.

Зміна температури наперед пропонується по рівнянню стандартної температурної кривої:

$$T = 345 \cdot \lg(8\tau + t_0) \quad (8.27)$$

8.3. Визначення межі вогнестійкості металевих конструкцій

Рішення міцностних задач вогнестійкості

Будівельні матеріали при дії на них високих температур в умовах виникнення і розвитку пожежі змінюють свої механічні та конструктивні властивості.

У даний час зміна опору матеріалів будівельних конструкцій до дії «стандартної» пожежі звичайно представляється у вигляді однозначних функціональних залежностей типу «міцність – температура»:

$$\gamma(T) = R(T) / R, \quad (8.28)$$

де: $\gamma(T)$ – коефіцієнт зміни опору матеріалу конструкції при його прогріванні (за ознакою втрати цілісності чи настання граничної деформації);

$R(T)$ – опір матеріалу при температурі T ;

R – опір матеріалу при звичній температурі.

Металеві конструкції. Центральні навантажені стрижні. Критичну температуру нагріву центрально стислих стрижнів визначають як якнайменшу величину з двох знайдених по графіку (рис. 8.1) значень коефіцієнтів втрати несучої здатності нагрітого стрижня: коефіцієнта втрати

міцності γ_T і коефіцієнта втрати стійкості γ_E .

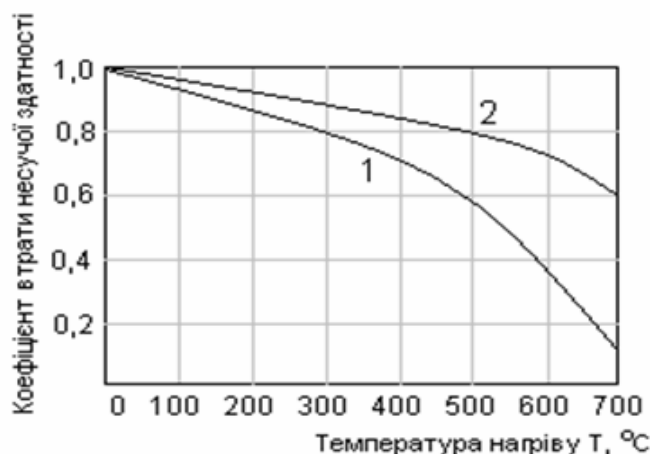


Рис. 8.1. Залежність коефіцієнтів втрати несучої здатності по міцності γ_T (1) і γ_E (2) за втратою стійкості виробів з гарячекатаних сталей марок Ст3 та Ст5 в залежності від температури прогріву

Коефіцієнти γ_T і γ_E обчислюють за формулами:

$$\gamma_T = N_H / (F \cdot R_H), \quad (8.29)$$

$$\gamma_E = N_H \cdot l_0^2 / (\pi^2 \cdot E_H \cdot I_{\min}), \quad (8.30)$$

де: N_H – нормативне навантаження, Н;

F – площа поперечного перетину стрижня, см²;

R_H – початковий нормативний опір металу, МПа;

E_H – початковий модуль пружності металу, МПа;

l_0 – розрахункова довжина стрижня, см;

I_{\min} – найменший момент інерції перетину стрижня, см⁴.

Розрахункова довжина стрижня приймається рівною:

- при шарнірному спіранні по кінцях – $l_0=l$;

- при затисканні кінців – $l_0=0,5l$;

- при затисканні одного кінця і свободі іншого – $l_0=2l$;

- один кінець затиснений, інший шарнірно опертий – $l_0=0,7l^3$.

Згинаючі і позацентрово навантажені елементи. Критичну температуру згинаючих елементів визначають по графіку (рис. 8.1) залежно від значень коефіцієнту γ_T , обчисленого за формулою:

$$\gamma_T = M_H / (W \cdot R_H), \quad (8.31)$$

де: M_H – максимальний згинаючий момент від дії нормативних навантажень, Нм;

W – момент опору перетину, см³.

Критичну температуру позацентрово стислих стрижнів визначають як найменшу величину з двох знайдених по рис. 8.1 значень γ_T і γ_E . Коефіцієнт γ_T для позацентрово стислих і розтягнутих стрижнів обчислюють по формулі:

$$\gamma_T = \frac{N_H}{R_H} \left(\frac{e}{W} + \frac{1}{F} \right), \quad (8.32)$$

де: e – ексцентриситет додавання нормативного навантаження N_H .

Коефіцієнт γ_E знаходять по формулі (8.30).

Таблиця 8.14

Значення коефіцієнту γ_a , який враховує зниження нормативного опору арматурних сталей залежно від температури їх нагріву в напруженому стані

Найменування, класу і марка арматурної сталі	R_a^H , МПа	$E_a^H \cdot 10^5$, МПа	$T_{a,кр}$, °С	Коефіцієнт $\gamma_a = R_{at}^H / R_a^H$ при температурі нагріву, °С							
				100	200	300	400	500	600	700	800
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Гарячекатана кругла класу А-І, марки Ст3	240	2,1	510	1	1	1	1	0,66	0,37	0,15	0,05
Періодичного профілю класу А-ІІ, марки Ст5	300	2,1	520	1	1	1	1	0,76	0,36	0,16	0,06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Те ж, класу А-II, марки Ст10ГТ	300	2,1	510	1	1	1	1	0,66	0,34	0,13	0,04
Гарячекатана низьколегована кругла, марки Ст10ХНДП	390	2,1	500	1	1	1	1	0,625	0,25	0,07	0,01
Гарячекатана низьколегована періодичного профілю класу А-III, марки Ст25Г2С	400	2	550	1	1	1	1	0,79	0,46	0,18	0,05
Те ж, класу А-III, марки Ст35ГС	400	2	550	1	1	1	1	0,84	0,47	0,17	0,04
Гарячекатана періодичного профілю класу А-IIIв, марки Ст5	450	2,1	500	1	1	1	0,99	0,625	0,24	0,07	0,01
Те ж, класу А-IIIв, марки Ст25Г2С	550	2	520	1	1	1	1	0,7	0,33	0,13	0,03
Те ж, класу А-IIIв, Ст35ГС	550	2	520	1	1	1	1	0,73	0,35	0,15	0,05
Гарячекатана низьколегована періодичного профілю класу А-IV, марки Ст80С	600	2	510	1	1	1	0,97	0,64	0,35	0,1	0,02
Арматурний дріт класу В-I діаметром 3-5мм	550	1,8	430	1	1	1	0,69	0,34	0,07	0	0
Високоміцний арматурний дріт класу В-II діаметром 3-8мм	1900	1,8	410	1	0,95	0,75	0,53	0,31	0,14	0,05	0,01

Методика рішення міцностних задач вогнестійкості для металу:

1. За формулами (8.29)-(8.32) з урахуванням прикладення навантаження на конструкції визначаємо коефіцієнт втрати міцності нагрітого металу γ_T і коефіцієнт втрати стійкості γ_E .

2. За знайденими коефіцієнтам втрати несучої здібності конструкцій γ_T и γ_E по графіку (рис. 8.1) знаходимо критичну температуру нагріву $T_{кр}$.

3. Визначаємо приведену товщину перетину конструкції $\delta_{пр}$.

4. По графіку (рис. 8.2) визначаємо час прогріву металу до критичної температури $T_{кр}$ для приведеної товщини металу $\delta_{пр}$. Ця величина і є шуканою межею вогнестійкості конструкцій, тобто $P_{ф}$.

Приклад 6. Визначити межу вогнестійкості сталеві колони (рис. 8.3), виконаної з двох сталевих кутів № 18, товщина полиці 10 мм, площа перетину $80,2 \text{ см}^2$. Матеріал колони – сталь ст5, модуль пружності $E_a^H = 2 \cdot 100 \cdot 000 \text{ кгс/см}^2$, нормативний опір $R_H = 3 \cdot 000 \text{ кгс/см}^2$, навантаження на колону – центрально-прикладене, вертикальне $N_H = 127 \cdot 500 \text{ кгс/см}^2$, довжина колони 6,0 м, опирання – шарнірне.

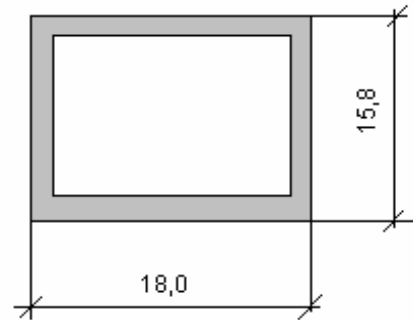
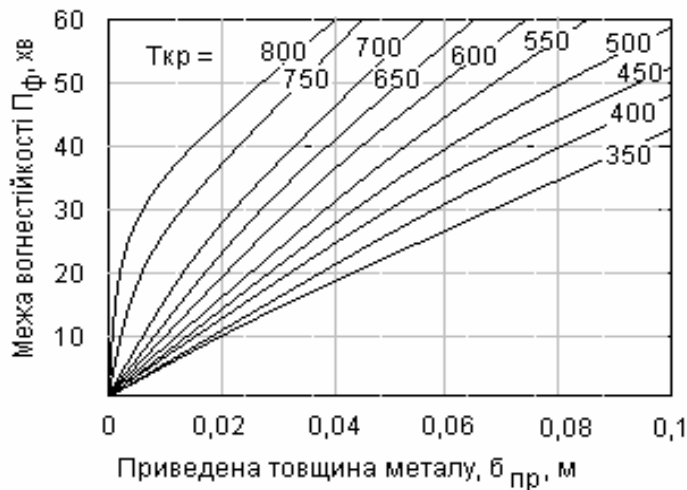


Рис. 8.3. Перетин колони

Рис. 8.2. Залежність значень межі вогнестійкості незахищених металевих конструкцій від критичної температури прогріву металу та приведеної товщини стінки конструкцій

Рішення:

1. Визначаємо значення коефіцієнта γ_T :

$$\gamma_T = N_H / (F \cdot R_H) = 127500 / 80,2 \cdot 3000 = 0,53.$$

2. Визначаємо значення коефіцієнта γ_E :

$$I_{\min} = \frac{b_1 h_1^3}{12} - \frac{b_2 h_2^3}{12} = \frac{18^4}{12} - \frac{15,84^4}{12} = 3640 \text{ см}^3, \quad l_0 = l = 600 \text{ см};$$

$$\gamma_E = N_H \cdot l_0^2 / (\pi^2 \cdot E_H \cdot I_{\min}) = 127500 \cdot 600^2 / 3,14^2 \cdot 2100000 \cdot 3640 = 0,609.$$

3. Визначаємо значення критичної температури при пожежі для металеві колони по графіку (рис. 8.1):

- при $\gamma_T = 0,54$ $T_{\text{кр}} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$;
- при $\gamma_E = 0,609$ $T_{\text{кр}} = 700 \text{ }^\circ\text{C}$.

За критичну температуру приймаємо менше з отриманих значень критичних температур, тобто $T_{\text{кр}} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. Для визначення межі вогнестійкості металеві колони знайдемо $\delta_{\text{пр}}$:

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{F}{100\Pi} = \frac{80,2}{100(18 \cdot 2 + 15,8 \cdot 2)} = 0,0118 \text{ м} \approx 11,8 \text{ мм}.$$

5. По графіку (рис. 8.2) визначаємо час нагріву перетину колони до критичної температури $500 \text{ }^\circ\text{C}$ при $\delta_{\text{пр}} = 11,8 \text{ мм}$, він дорівнює 15хв. або 0,25 год.

Теплотехнічний розрахунок

Методика оцінки фактичних меж вогнестійкості незахищених металевих конструкцій зводиться до наступного:

1. З рішення статичної задачі визначається значення критичної

температури елементів металевої конструкції. В середньому значення критичної температури для конструкцій із сталі приймається рівним 773К (500°C), для конструкцій з алюмінієвих сплавів – 523К (250 °С);

2. Встановлюється самий небезпечний за умов роботи перетин або ділянка конструкції, споруди, устаткування;

3. По формулі (8.33) оцінюється приведена товщина елементу конструкції:

$$\delta_{\text{пр}} = S / \Pi, \quad (8.33)$$

де: $\delta_{\text{пр}}$ – приведена товщина конструкції, м;

S – площа перетину елементу конструкції, м²;

Π – периметр перетину, що обігрівається, м.

4. Розраховується середнє значення температури металу конструкції:

$$T_{\text{ср}} = 0,5(T_0 + T_{\text{кр}}), \quad (8.34)$$

де: T_0 – початкова температура конструкції, °С;

$T_{\text{кр}}$ – критична температура, °С.

В табл. 8.15 наведені необхідні для розрахунків характеристики.

Таблиця 8.15

Теплотехнічні характеристики металу

Метал	Питома теплоємність ($C_{\text{ср}}$), кДж/(кг · К)	Щільність, кг/м ³	$T_{\text{кр}}$, К (°С)
Сталь 3	$0,44 + 0,0048 (T_{\text{ср}} - 273)$	7800	773 (500)
Алюмінієві сплави типу АМц	0,88	2800	523 (250)

5. Середнє значення коефіцієнту питомої теплоємності $C_{\text{ср}}$ знаходиться з урахуванням середньої температури металу:

$$C_{\text{ср}} = C_0 + k(T_{\text{ср}} - 273), \quad (8.35)$$

де: C_0 – початкове значення коефіцієнту питомої теплоємності кДж/(кг·°С);

k – коефіцієнт пропорційності;

$C_0 = 0,44$ кДж/(кг·К), $k = 0,00048$.

6. Розраховується значення параметру β :

$$\beta = 11,46C_{\text{ср}} \cdot \gamma \cdot \delta_{\text{пр}}, \quad (8.36)$$

де: γ – щільність металу, кг/м³.

7. По номограмі (рис. 8.4.) для відомих значень $T_{\text{кр}}$ і δ визначається значення $\bar{\tau}$.

8. Встановлюється межа вогнестійкості конструкції з виразу:

$$\bar{\tau} = \frac{0,7\tau}{C_{CP} \cdot \gamma \cdot \delta_{ПР}}, \quad (8.37)$$

$$\tau = 1,43 \cdot C_{CP} \cdot \gamma \cdot \delta_{ПР} \cdot \bar{\tau} \quad (8.38)$$

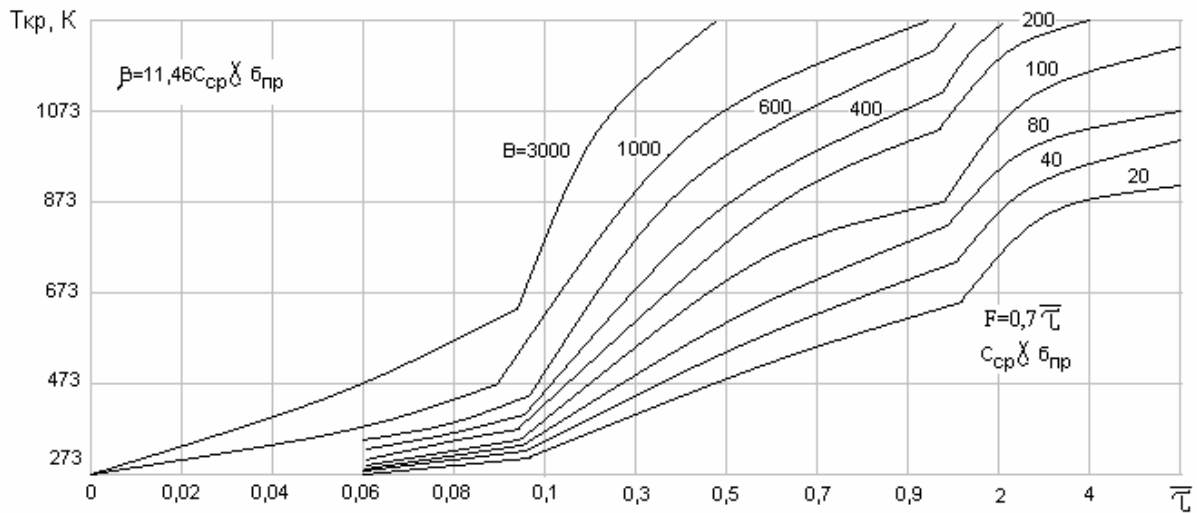


Рис. 8.4. Номограма для розрахунку вогнестійкості незахищених металевих конструкцій

Приклад 7. Визначити межу вогнестійкості даного на рис. 8.5 елементу сталевій конструкції з представленою схемою вогняної дії, якщо $T_{кр} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$, $\gamma = 7780 \text{ кг/м}^3$, $T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Температурний режим пожежі стандартний.

Рішення:

1. По формулі (8.33) визначаємо значення $\delta_{ПР}$:

$$\delta_{ПР} = S / \Pi = 212,5 \cdot 10^{-4} / 1,75 = 0,012 \text{ м.}$$

2. Визначаємо значення коефіцієнта питомої теплоємності:

$$C_{CP} = 0,44 + 0,000048 ((500+20) / 2) = 0,559 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$$

3. По формулі (8.36) розраховуємо значення параметру β :

$$\beta = 11,46 \cdot 78000 \cdot 0,559 \cdot 0,012 = 600.$$

4. З номограми (рис. 8.4) визначаємо значення $\bar{\tau}$:

$$\bar{\tau} = 0,275.$$

5. По формулі (8.38) визначаємо межу вогнестійкості даного елементу конструкції:

$$\tau = 1,43 \cdot C_{CP} \cdot \gamma \cdot \delta_{ПР} \cdot \bar{\tau} = 1,43 \cdot 0,559 \cdot 7800 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,275 = 20,6 \text{ хв}$$

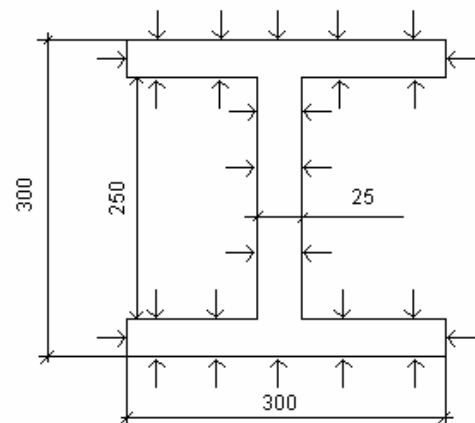


Рис. 8.5. Схема нагріву металевій конструкції

Таким чином, фактична межа вогнестійкості даного елемента сталевій конструкції рівна 20,6 хв.

Максимальна розбіжність розрахункових і експериментальних даних не перевищує 24 % (за даною методикою).

Приклад 8. Для незахищених конструкцій час їх прогріву в умовах пожежі до критичних температур можна визначити за допомогою графіка (рис. 8.2), попередньо вираховувати значення приведеної товщини перетину конструкції.

Для прикладу, розглядається фактична межа вогнестійкості при $\delta_{ПР}=12\text{мм}$, $T_{КР}=500\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau_{\phi}=18,5\text{ хв}$.

Приклад 9. Для оцінки межі вогнестійкості незахищених металевих конструкцій може бути використана залежність, одержана д.т.н. проф. Беліковим А.С.:

$$\tau = e^{-1,4385} * \delta_{ПР}^{0,5834} = e^{-1,4385} * 0,5834 = 0,264\text{ год} = 15,84\text{ хв} \approx 16\text{ хв}, \quad (8.39)$$

де: τ – межа вогнестійкості, год;

$\delta_{ПР}$ – приведена товщина металу, см.

Наведена залежність найбільш повно окреслює експериментальні дані (відхилення не перевищує 3,5 %).

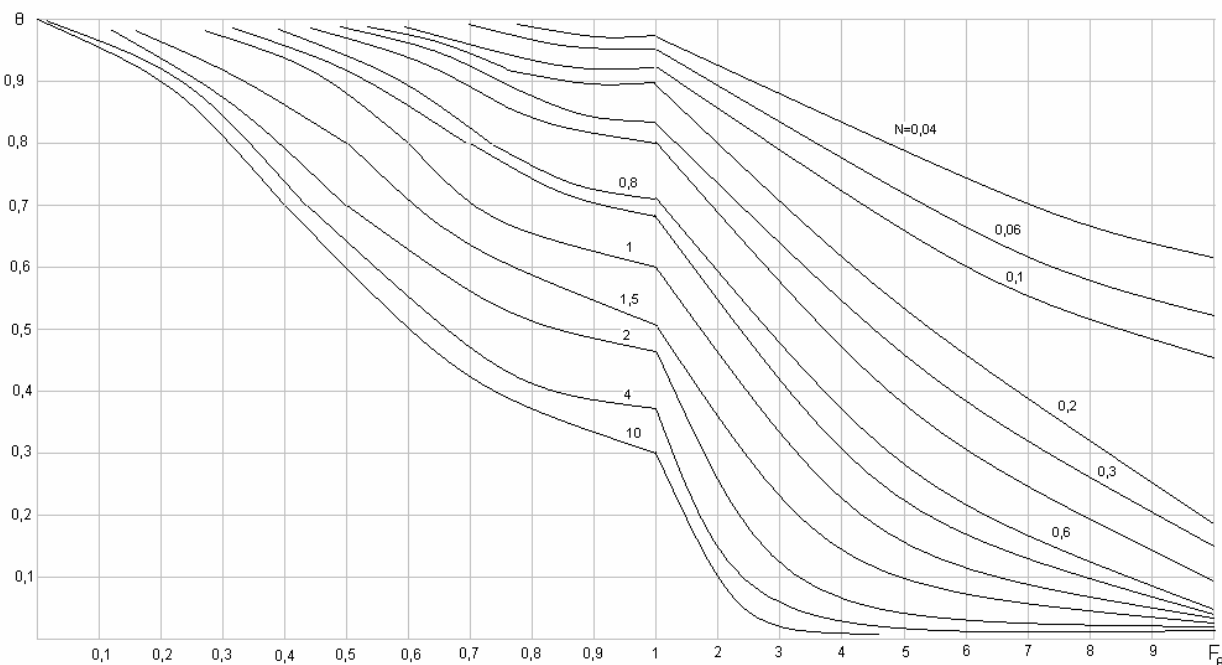


Рис. 8.6. Номограма для розрахунку вогнестійкості незахищених металевих конструкцій

Розрахунок теплоізованих конструкцій

Розрахунок прогрівання теплоізованих сталевих конструкцій (теплотехнічна задача) проводиться по формулі:

$$T_{m(\tau)} = T_{нов(\tau)} - \theta(T_{нов(\tau)} - T_0), \quad (8.40)$$

де $T_{m(\tau)}$ – температура металу, К;
 $T_{нов(\tau)}$ – температура поверхні ізоляції, К;
 T_0 – початкова температура конструкції, К;
 θ – безрозмірний параметр, який визначається по номограмі.

Розглянемо послідовність обчислення для теплоізованих конструкцій.

1. Обчислюємо приведену товщину $\delta_{x(y)}$ таким чином (розрахункова схема наведена на рис. 8.8):

а) для необмеженої теплоізованої пластини $\delta_{x(y)}$ дорівнює товщині металевої пластини;

б) для теплоізованих стрижнів прямокутного перетину:

$$\delta_{x(y)} = \frac{\delta_{np,x} + \delta_{np,y} a}{a + b}, \quad (8.41)$$

де: a і b – розміри поперечного перетину конструкції, м;
 $\delta_{np,x}$ $\delta_{np,y}$ – приведена товщина пластин по осях x і y :

$$\delta_{np,x} = \delta_x \frac{b - \delta_y}{b + \delta_0} - 0,25 \frac{C_0 \gamma_C}{C_{m,0} \gamma_m} \frac{\delta_0^2}{b + \delta_0}, \quad (8.42)$$

$$\delta_{np,y} = \delta_y \frac{a - \delta_x}{a - \delta_0} - 0,25 \frac{C_0 \gamma_C}{C_{m,0} \gamma_m} \frac{\delta_0^2}{a + \delta_0}, \quad (8.43)$$

де: $C_{m,0}$, C_0 – початкове значення коефіцієнта питомої теплоємності металу і теплоізоляції;

δ_x δ_y – товщина стінок перетину, м;
 δ_0 – товщина теплоізоляційного шару, м;

в) для теплоізованих стрижнів круглого перетину:

$$\delta_{x(y)} = \delta_m \frac{d_H - \delta_m}{d_H - \delta_0} - 0,25 \frac{C_0 \gamma_C}{C_{m,0} \gamma_H} \frac{\delta_0^2}{d_H + \delta_0}, \quad (8.44)$$

де: d_H – зовнішній діаметр перетину, м;
 δ_m – товщина стінки перетину, м;

г) для теплоізованих стрижнів двотаврового перетину приведена товщина полиці:

$$\delta_{x(y)} = l/2, \quad (8.45)$$

де: l – товщина полиці, м;

стінки:

$$\delta_{x,(y)} = 0,5d \frac{h-1,5l}{h-2l-\delta_0} - 0,25 \frac{C_0 \gamma_c}{C_{m,0} \gamma_m} \frac{\delta_0^2}{h-2l-\delta_0}, \quad (8.46)$$

де: d – товщина стінки, м;
 h – висота стінки, м.

2. Розраховуємо щільність сухого γ_c і вологого γ_b матеріалу теплоізоляційного шару:

$$\gamma_c = \frac{100\gamma_s}{100 + P}, \quad (8.47)$$

де: P – вагова вологість сухого матеріалу, %.

3. Вибираємо для подальшого розрахунку довільно момент часу.

4. По рис. 8.7 з урахуванням вибраного інтервалу часу і щільності матеріалу визначаємо значення температури поверхні $T_{нов}$ та середнє значення температури T_{cp} для кожного виду матеріалу:

$$T_{cp} = 0,5(T_{нов} + T_H), \quad (8.48)$$

5. Оцінюємо середнє значення теплофізичних характеристик матеріалів:

$$a_{np} = \frac{3,6\lambda_{cp}}{(C_{cp} + 0,05P)\gamma_c}, \quad (8.49)$$

де: λ_{cp} – середній коефіцієнт теплопровідності сухого матеріалу Вт/(м·К);
 C_{cp} – середній коефіцієнт питомої теплоємності сухого матеріалу, кДж/(кг·К);
 P – вологість, %.

Величина C_{cp} визначається по формулі (8.35).

6. Розраховуємо число Фур'є:

$$F_0 = \frac{a_{np}}{\delta_0^2}, \quad (8.50)$$

7. Знаходимо значення параметру N :

$$N = \frac{(C_{cp} + 0,05P)\gamma_c \cdot \delta_0}{C_{cp} \cdot \gamma_m \cdot \delta_{x,(y)}}, \quad (8.51)$$

8. Для розрахованих F_0 і N визначаємо значення безрозмірного параметру θ по рис. 8.6.

9. По формулі (8.50) для заданого проміжку часу встановлюємо температуру металу.

Розрахунок по пунктах 3-9 повторюється з урахуванням нових інтервалів часу до того моменту, коли температура конструкції досягне критичного

значення $T_{кр}$. Отже, час досягнення критичної температури і буде межею її вогнестійкості.

Запропонована методика для оцінки межі вогнестійкості конструкцій проста, вимагає малих витрат часу і дає можливість розробити заходи профілактики.

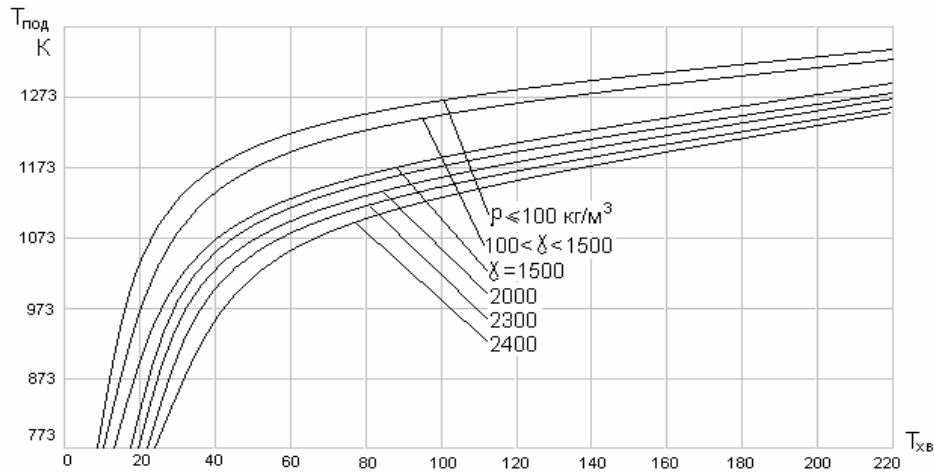


Рис. 8.7. Зміна температури поверхні конструкцій з матеріалів з різною щільністю

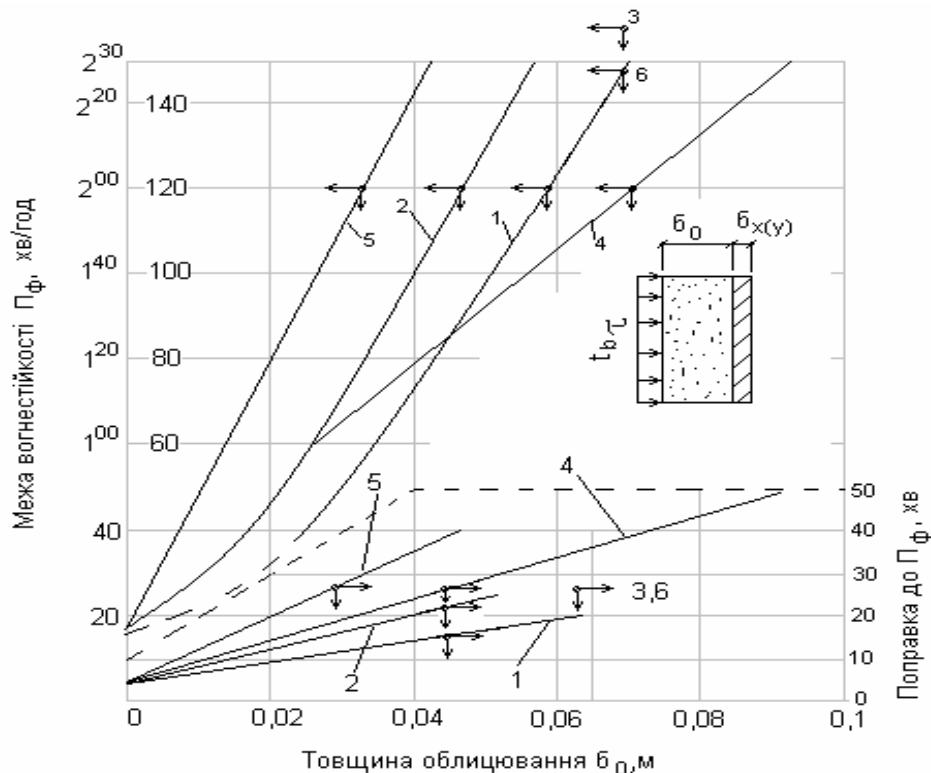


Рис. 8.8. Залежність межі вогнестійкості облицьованих сталевих конструкцій в умовах стандартної пожежі:

- a* – при $\delta_{x(y)} = 10$ мм; *б* – поправка до значення межі вогнестійкості при $\delta_{x(y)} = 5, 15$ та 20 мм;
- 1 – облицьовування з бетону на вапняковому щєбені; 2 – з цементно-піщаної штукатурки;
- 3 – з силікатної цегли; 4 – з мінераловатних плит; 5 – азбестового картону; 6 – з червоної цегли

На рис. 8.8 наведені графіки для визначення меж вогнестійкості облицьованих стрижнів прямокутного, круглого (суцільних, порожнистих), а також двотаврового перетину. Для їх використання необхідно заздалегідь

визначити приведену товщину сталевій пластини $\delta_{x(y)}$, еквівалентної по своїх теплових властивостях відповідному складному перетину металевій конструкції.

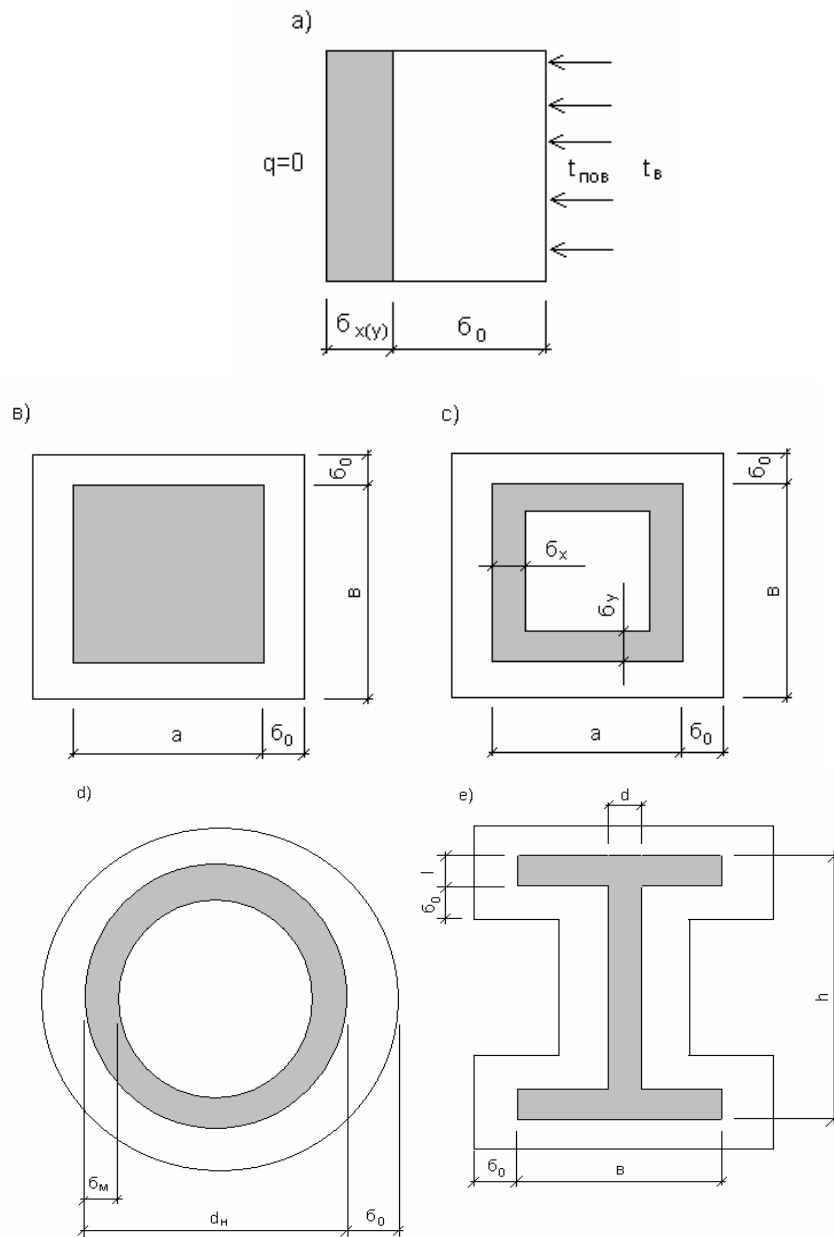


Рис. 8.9. Розрахункова схема (а) і перетин елементів теплоізованих сталевих конструкцій (b, c, d, e); a та b — розміри поперечного перетину, м;
 $\delta_{пр,x}$ $\delta_{пр,y}$ — приведена товщина пластини по осі x і y

Для двотаврового перетину приведена товщина полиці визначається за формулою 8.42:

Приведена товщина стінки – за формулою 8.43.

8.4. Визначення фактичних меж вогнестійкості основних залізобетонних конструктивних елементів промислових, житлових і суспільних будинків

Фактичні межі вогнестійкості можуть бути визначені розрахунковим шляхом або за додатком.

Основні положення розрахунку вогнестійкості залізобетонних конструкцій

Вогнестійкість залізобетонних конструкцій втрачається, як правило, у результаті втрати несучої спроможності (завалення) за рахунок зниження тривкості, теплового розширення і температурної повзучості арматури і бетону при нагріванні, а також унаслідок прогріву не повернутої до вогню поверхні на 140°.

За цими показниками межа вогнестійкості залізобетонних конструкцій може бути знайдена розрахунковим шляхом.

У загальному випадку розрахунок складається з двох частин: теплотехнічного і статичного.

Теплотехнічна частина має за мету визначити температури по перетині конструкції в процесі її нагрівання по стандартному температурному режимі.

У **статичній частині** обчислюють несучу спроможність (тривкість) нагрітої конструкції. Потім будують графік (рис. 8.13) зниження її несучої спроможності в часі. За цим графіком знаходять межу вогнестійкості, тобто час нагрівання, після закінчення якого несуча спроможність конструкції знизиться до розміру робочого навантаження, тобто коли будемо мати рівність:

$$M_{p,t}(N_{p,t}) = M_H(N_H);$$

де: $M_{p,t}(N_{p,t})$ – несуча спроможність (стиснутої або безцентрово стиснутої) конструкції згинатися;

$M_H(N_H)$ – момент, що згинає, (подовжнє зусилля) від нормативного або іншого робочого навантаження.

За ознакою прогріву межа вогнестійкості конструкції знаходиться шляхом одного теплотехнічного розрахунку. В окремих випадках, коли конструкції мають підвищену вологість, вогнестійкість їх може втрачатися внаслідок вибуху бетону за рахунок високого тиску пари в його порах.

а) Плоскі конструкції при односторонньому прогріві.

Межа вогнестійкості цих конструкцій розраховується за умови дії стандартного температурного режиму із сторони, яка обігривається (табл. 8.16), а з боку зворотної від вогню поверхні – середовище з t_i по методу кінцевих різниць Шмідта.

Розглянемо конкретний приклад.

Приклад 10. Визначити межу вогнестійкості суцільної залізобетонної плити при прогріві зворотної від вогню поверхні на 140°. Початкова температура $t_H = 20$ °С, товщина плити 0,08 м, бетон на гранітному щебені з об'ємною масою $\gamma_b = 2430$ кг/м³, вологість бетону до ваги $\rho_b = 3,5$ %.

За методом Шмідта розбиваємо плиту на ряд елементарних шарів товщиною $\Delta u = 0,02$ м (рис. 8.10.).

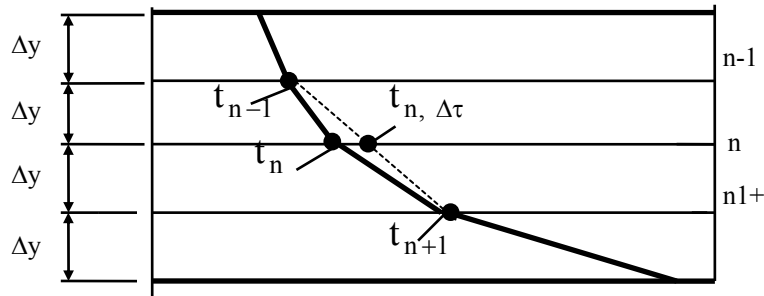


Рис. 8.10. Схема до розрахунку температур у плоскій конструкції за методом Шмідта

Для визначення приведенного коефіцієнта температуропровідності ($Q_{пр}$) бетону визначаємо середні значення коефіцієнта теплопровідності ($\lambda_{t,cp}$) і питомої теплоємності ($C_{t,cp}$) по формулах, приведених у табл. 8.16 при $t = 450^\circ\text{C}$ (останній рядок).

$$\lambda_{t,cp} = 1,03 - 0,0003 \cdot t = 1,03 - 0,0003 \cdot 450 = 0,895 \text{ ккал/м} \cdot \text{год} \cdot \text{град.}$$

$$C_{t,cp} = 0,17 + 0,0002 \cdot t = 0,17 + 0,0002 \cdot 450 = 0,26 \text{ ккал/кг} \cdot \text{град.}$$

Об'ємна маса бетону в сухому стані визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{100 \cdot \gamma_b}{100 + \rho_b} + \frac{100 \cdot 2430}{100 + 3,5} = 2350 \text{ кг/м}^3, \text{ тоді:}$$

$$Q_{пр} = \frac{\lambda_{t,cp}}{(C_{t,cp} + 0,01) \gamma_c} = \frac{0,895}{(0,26 + 0,012 \cdot 2350)} = 0,00126 \text{ м}^2 / \text{год}.$$

Таблиця 8.16

Розрахункова таблиця до прикладу 10

τ хвилини	$t_{Y=0,\tau}$	Шари ($\Delta Y = 0,02''$), $\rho_b = 3,5\%$				
		1	2	3	4	20
0		20	20	20	20	20
0 - 09,5	355	104	20	20	20	20
0 - 19,0	560	188	62	20	20	20
0 - 28,5	665	311	104	41	20	20
0 - 38	735	385	176	62	41	20
0 - 47,5	784	455	223	109	55	20
0 - 57		504	282	139	96	20
0 - 08,5			322	189	118	20
0 - 18				220	155	20
0 - 25,5					176	20

Знаходимо інтервал часу $\Delta\tau$, через який варто обчислювати температуру в шарах:

$$\Delta\tau = \frac{\Delta Y^2}{2 \cdot \theta_{hp}} = \frac{0,02^2}{2 \cdot 0,00126} = 0,159 \text{ год.} = (9,5 \text{ хв.}).$$

Для зручності складаємо розрахункову табл. 8.16, у якій температуру поверхні ($t_{y=0,\tau}$), що нагрівається через $\Delta\tau = 9,5 \text{ хв.}$, знаходимо за формулою:

$$t_{y,\tau} = 1250 - (1250 - t_n) \operatorname{erf} \frac{K + \frac{y}{\sqrt{a}}}{2 \cdot \sqrt{\tau}},$$

яка при $y = 0$ має вид ($K = 0,62$ знаходимо за табл. 8.17):

$$\begin{aligned} t_{0,\tau} &= 1250 - (1250 - t_n) \operatorname{erf} X = 1250 - (1250 - t_n) \operatorname{erf} \frac{K}{2\sqrt{\tau}} = \\ &= 1250 - (1250 - 20) \operatorname{erf} \frac{0,62}{2 \cdot 0,159} = 1250 - 1230 \operatorname{erf} 0,776 \end{aligned}$$

де: $t_{0,\tau}$ – температура що обігриває поверхні в $^{\circ}\text{C}$;

t – час у год.;

erf – функція помилок Гауса;

K – коефіцієнт, що залежить від об'ємної маси сухого бетону, у м $1/2$ (табл. 8.17).

$\operatorname{erf} = \operatorname{erf} 0,776$ знаходимо за даною табл. 8.18 методом інтерполяції:

$$\operatorname{erf} 0,776 = 0,72753.$$

Після підстановки одержуємо:

$$t_{0,9,5} = 1250 - 1230 \cdot 0,72753 = 355^{\circ}\text{C}$$

Тим же чином знаходимо температуру поверхні, що обігривається, для інших моментів часу (див. табл. 8.19, колонка 2).

Для $\tau = 0$ температура в шарах дорівнює $t_n = 20^{\circ}\text{C}$. Для наближення розрахункових даних до дослідних необхідно температуру поверхні, що обігривається, при $\tau = 0$ прийняти рівну:

$$t_{0,\tau=0} = \frac{t_{0,9,5} + t_n}{2} = \frac{355 + 20}{2} = 188^{\circ}\text{C}.$$

Таблиця 8.17

Щільність матеріалу конструкції кг/м^3	до 100	1000	1500	2000	2300	2950
k	0,46	0,55	0,58	0,6	0,62	0,65

Температуру в 1, 2, 3 шарах через проміжок часу знаходимо як середнє арифметичне з температур у сусідніх шарах за формулою:

$$t_{n,\Delta\tau} = \frac{t_{n-1} + t_{n+1}}{2};$$

$$t_{1,9,5} = \frac{188 + 20}{2} = 104^{\circ}\text{C}; \quad t_{1,19} = \frac{355 + 20}{2} = 188^{\circ}\text{C}$$

На 28,5 хв. різниця температур між необігрітою поверхнею і навколишнім середовищем ($t'_{0,\tau} - t_n$) = 0, отже, коефіцієнт теплообміну $\alpha = 0$.

Тому на 38-ой хвилині температура складає:

$$t'_{0,\Delta\tau} = \frac{\alpha \cdot t + \frac{\lambda_{t,cp}}{\Delta Y} \cdot t_{\Delta Y,\tau}}{\alpha + \frac{\lambda_{t,cp}}{\Delta Y}} = \frac{0 \cdot t + \frac{0,895}{0,02} \cdot 41}{0 + \frac{0,895}{0,02}} = 41^{\circ}C$$

Надалі вже має місце різниця температур між необігрітою поверхнею і навколишнім середовищем, тому температуру знаходимо при $\alpha \neq 0$, що визначаємо за формулою:

$$\alpha = 5,5 + 0,045 \cdot \tau'_{0,38} = 5,5 + 0,045 \cdot 41 = 7,35 \text{ ккал} / \text{м}^2 \div \cdot \text{град};$$

Тому:

$$t_{0,47,5} = \frac{\alpha \cdot t + \frac{\lambda_{t,cp}}{\Delta Y} t_{3,38}}{\alpha + \frac{\lambda_{t,cp}}{\Delta Y}} = \frac{7,35 \cdot 20 + \frac{0,895}{0,02} \cdot 62}{7,35 + \frac{0,895}{0,02}} = 55^{\circ}C.$$

Таблиця 8.18

Значення функції помилок Гауса (erfX)

X	erfX	X	erfX	X	erfX	X	erfX
1	2	3	4	5	6	7	8
0,00	0,00000	0,27	0,29742	0,54	0,55494	0,81	0,74800
0,01	0,01128	0,28	0,30788	0,55	0,56332	0,82	0,75381
0,02	0,02256	0,29	0,31826	0,56	0,57162	0,83	0,75952
0,03	0,03384	0,30	0,32863	0,57	0,57982	0,84	0,76514
0,04	0,04511	0,31	0,33891	0,58	0,58792	0,85	0,77067
0,05	0,05637	0,32	0,34913	0,59	0,59594	0,86	0,77610
0,06	0,06762	0,33	0,35928	0,60	0,60386	0,87	0,78144
0,07	0,07886	0,34	0,36936	0,61	0,61168	0,88	0,78699
0,08	0,09008	0,35	0,37938	0,62	0,61941	0,89	0,79184
0,09	0,10128	0,36	0,38933	0,63	0,62705	0,90	0,79691
0,10	0,11246	0,37	0,39921	0,64	0,63459	0,91	0,80188
0,11	0,12362	0,38	0,40901	0,65	0,64203	0,92	0,80677
0,12	0,13476	0,39	0,41874	0,66	0,64938	0,93	0,81156
0,13	0,14587	0,40	0,42839	0,67	0,65663	0,94	0,81627
0,14	0,15695	0,41	0,43797	0,68	0,66378	0,95	0,82089
0,15	0,16800	0,42	0,44747	0,69	0,67084	0,96	0,82542
0,16	0,17901	0,43	0,45689	0,70	0,67780	0,97	0,82987
0,17	0,18999	0,44	0,46622	0,71	0,68467	0,98	0,83423
0,18	0,20094	0,45	0,47548	0,72	0,69143	0,99	0,83851
0,19	0,21184	0,46	0,48466	0,73	0,69810	1,00	0,84270
0,20	0,22270	0,47	0,49374	0,74	0,70468	1,01	0,84681
0,21	0,23352	0,48	0,50275	0,75	0,71116	1,02	0,85084
0,22	0,24430	0,49	0,51167	0,76	0,71754	1,03	0,85478
0,23	0,25502	0,50	0,52050	0,77	0,72392	1,04	0,85865
0,24	0,26570	0,51	0,52924	0,78	0,73001	1,05	0,86244
0,25	0,27633	0,52	0,53790	0,79	0,73610	1,06	0,86614
0,26	0,28690	0,53	0,54646	0,80	0,74210	1,07	0,86977

1	2	3	4	5	6	7	8
1,08	0,87333	1,41	0,95385	1,74	0,98558	2,14	0,997525
1,09	0,87680	1,42	0,95538	1,75	0,98613	2,16	0,997747
1,10	0,88020	1,43	0,95686	1,76	0,98667	2,18	0,997951
1,11	0,88353	1,44	0,95830	1,77	0,98719	2,20	0,998137
1,12	0,88679	1,45	0,95970	1,78	0,98864	2,22	0,998308
1,13	0,88997	1,46	0,96105	1,79	0,98909	2,24	0,998464
1,14	0,89308	1,47	0,96237	1,80	0,98952	2,26	0,998607
1,15	0,89612	1,48	0,96365	1,81	0,98894	2,28	0,998738
1,16	0,89910	1,49	0,96490	1,82	0,99035	2,30	0,998857
1,17	0,90037	1,50	0,96610	1,83	0,99074	2,32	0,998966
1,18	0,90484	1,51	0,96728	1,84	0,99111	2,34	0,999065
1,19	0,90761	1,52	0,96841	1,85	0,99147	2,36	0,999155
1,20	0,91031	1,53	0,96952	1,86	0,99148	2,38	0,999237
1,21	0,91296	1,54	0,97059	1,87	0,99182	2,40	0,999311
1,22	0,91353	1,55	0,97162	1,88	0,99216	2,42	0,999379
1,23	0,91405	1,56	0,97263	1,89	0,99248	2,44	0,999441
1,24	0,92050	1,57	0,97360	1,90	0,99279	2,46	0,999497
1,25	0,92290	1,58	0,97455	1,91	0,99309	2,48	0,999593
1,26	0,92524	1,59	0,97546	1,92	0,99338	2,50	0,999689
1,27	0,92751	1,60	0,97635	1,93	0,99366	2,55	0,999794
1,28	0,92973	1,61	0,97721	1,94	0,99392	2,60	0,999822
1,29	0,93190	1,62	0,97804	1,95	0,99418	2,65	0,999866
1,30	0,93401	1,63	0,97884	1,96	0,99443	2,70	0,999899
1,31	0,93606	1,64	0,97962	1,97	0,99466	2,75	0,999925
1,32	0,93806	1,65	0,98038	1,98	0,99489	2,80	0,999944
1,33	0,94002	1,66	0,98110	1,99	0,99511	2,85	0,999959
1,34	0,94191	1,67	0,98181	2,00	0,995322	2,90	0,999970
1,35	0,94376	1,68	0,98249	2,02	0,995720	2,95	0,999978
1,36	0,94556	1,69	0,98315	2,04	0,996086	3,00	0,999984
1,37	0,94731	1,70	0,98379	2,06	0,996324	3,20	0,999988
1,38	0,94902	1,71	0,98441	2,08	0,996734	3,40	1,00
1,39	0,95067	1,72	0,98500	2,10	0,997020		
1,40	0,95228	1,73	0,98522	2,12	0,997284		

Таким чином знаходимо, що підвищення температури необігрітої поверхні плити на 140° , тобто нагрівання її до $t. +140 = 20 + 140 = 160^{\circ}C$ відбудеться через 1 год. 19 хв. Цей час і є межею вогнестійкості плити за ознакою її прогріву.

б) Центрально-стиснуті колони.

У процесі нагрівання колон спостерігається великий перепад температур між периметром і центром перетину, тому тривкість бетону по перетині значно змінюється. Температури, при яких межа тривкості бетону знижується більш, ніж на половину, є для нього критична. У табл. 8.19 наведені значення критичних температур ($T_{кр}$) бетонів, необхідних для розрахунків несучої спроможності нагрітих залізобетонних колон:

$$N_{p,t} = \varphi (F_{ш} \cdot R'_p + F_a \cdot R' \cdot \nu_a)$$

де: R^H – нормативний опір робочої (подовжньої) арматури (табл.8.20, 8.21) у кг/см²;

ν_a – коефіцієнт зниження нормативного опору арматури (табл.8.20, 8.21);

F_a – перетин робочої арматури (табл.8.22), см²;

φ – коефіцієнт подовжнього вигину;

$R^H_{п р}$ – нормативна призмена тривкість бетону (табл.8.23) у кг/см²;

$F_я$ – площа ядра перетину, обмеженого ізотермою із критичною температурою $T_{кр}$, у см².

Таблиця 8.19

Значення розрахункових температур бетонів

Бетон	Найменший розмір перетину в мм	Температура $T_{кр}$ в °С при відношенні $N_p:N_H$ ($M_p:M_H$)		
		4 та менше	4-5	5 та вище
на гранітному щебені	120 та менше	650	650	650
	160	575	575	676
	200 та вище	500	575	650
на вапняному щебені	120 та менше	750	750	750
	160	675	675	675
	200 та вище	600	675	750

Площа ядра може бути знайдена приблизно по формулах:

- для проміжного перетину $F_я = 0,9 \cdot v_я \cdot h_я$;

- для круглого – $F_я = 0,785 \cdot d_я$;

де: $v_я$; $h_я$ – поперечні розміри ядра в см;

$d_я$ – діаметр ядра в см.

Таблиця 8.20

Значення коефіцієнту ν_a , який враховує зміну нормативного опору арматурної сталі з підвищення температури

Арматурна сталь	R^H_a в кг/см ²	Значення коефіцієнту $\nu_a = \frac{R_a}{R^H_a}$ при температурі нагріву в °С														
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Гарячекатана періодичного профілю марки 80С, класу А-IV	6000	0,96	0,96	0,97	0,99	1,01	1,00	0,93	0,81	0,68	0,54	0,45	0,35	0,25	0,15	-
Гарячекатана періодичного профілю марки 30ХГ2С, класу А-IV	6000	1,00	1,02	1,03	1,04	1,06	1,05	0,98	0,86	0,73	0,59	0,47	0,36	0,25	0,10	-
Гарячекатана періодичного профілю низьколегована марки 25Г2С, класу А-III	4000	1,301	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,04	0,99	0,93	0,83	0,69	0,50	0,20	0,14	-

Продовження таблиці 8.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Гарячекатана звичайна марки Ст3, класу А-І Гарячекатана періодичного профілю марки Ст5, класу А-ІІ	2400	1,00	0,99	0,93	0,85	0,81	0,77	0,74	0,70	0,65	0,58	0,45	0,34	0,22	0,11	0,06
	3000															
Гарячекатана періодичного профілю низьколегована марки 25Г2С, зміцнена витягом на 3,5%, класу А-ІІв	5500	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,93	0,80	0,64	0,50	0,37	0,22	0,20	0,16
Гарячекатана періодичного профілю Ст5, зміцнена витягом на 3,5%, класу А-ІІв	4500	1,07	1,15	1,20	1,22	1,18	1,08	0,98	0,89	0,76	0,62	0,49	0,36	-	-	-
Холодно тягнутий дрід діам. 6мм, класу В-І	4500	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,92	0,82	0,69	0,53	0,38	0,22	0,13	0,08	-
Високоміцний холодно тягнутий дрід діам. 2-3мм, класу Вр-ІІ	19000	1,00	0,99	0,98	0,96	0,89	0,78	0,67	0,55	0,45	0,34	0,25	0,16	0,10	0,06	-
Високоміцний холодно тягнутий дрід діам. 2-3мм, класу Вр-ІІ	21000	1,00	1,00	1,00	0,97	0,92	0,81	0,65	0,48	0,32	0,18	0,10	0,05	-	-	-

Таблиця 8.21

Вплив температури на деформативність та міцність гарячекатаної і арматури періодичного профілю з низьколегованої сталі марки А-ІІІ

Марка сталі	R_a^H В кг/см ²	\square_{II}	Значення $U_a = \frac{G_a}{R_a^H}$ при температурі нагріву в °С														
			100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
25Г2С	4000	0,002	0,95	0,90	0,95	0,79	0,74	0,69	0,64	0,57	0,50	0,41	0,30	0,19	0,11	0,06	0,05
		0,005	0,96	0,92	0,87	0,84	0,76	0,71	0,67	0,61	0,51	0,37	0,25	0,14	0,07	0,06	0,05
		0,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,77	0,57	0,38	0,24	0,15	0,08	0,05
35ГС	4500	0,002	0,99	0,96	0,93	0,88	0,83	0,77	0,71	0,63	0,52	0,38	0,26	0,16	0,10	0,06	0,05
		0,005	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,92	0,88	0,80	0,70	0,50	0,33	0,23	0,15	0,07	0,05
		0,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,82	0,63	0,43	0,28	0,16	0,08	0,05

Таблиця 8.22

Сортаменти арматури для залізобетонних конструкцій

Стрижньова арматура		Арматурний дріт		Стрижньова арматура		Арматурний дріт	
Номинальний діаметр стрижня (номер перетину) d , мм	Площа поперечного перетину в см^2	Номинальний діаметр дроту d , мм	Площа поперечного перетину в см^2	Номинальний діаметр стрижня (номер перетину) d , мм	Площа поперечного перетину в см^2	Номинальний діаметр дроту d , мм	Площа поперечного перетину в см^2
6	0,283	2	0,0314	22	3,80	6	0,283
8	0,503	2,5	0,0491	25	4,91	7	0,385
10	0,785	3	0,071	28	6,16	8	0,503
12	1,131	3,5	0,097	32	8,04	9	0,636
14	1,54	4	0,126	36	10,18	10	0,785
16	2,01	4,5	0,159	40	12,57		
18	2,54	5	0,196	45	15,90		
20	3,14	5,5	0,238	50	19,63		

Таблиця 8.23

Значення нормативної міцності бетону в $\text{кг}/\text{см}^2$

Вид напруженого стану	Умовне позначення	Марка бетону									
		35	50	75	100	150	200	300	400	500	600
стиснення осьове (призмenna міцність)	$R_{\text{пр}}^{\#}$	28	40	60	80	115	145	210	280	350	420
стиснення при вигині	$R_{\text{в}}^{\#}$	35	50	75	100	140	180	260	350	440	520
розтягнення	$R_{\text{р}}^{\#}$	5	6	8	10	13	16	21	25	28	30

Коефіцієнт подовжнього вигину φ знаходиться по тій же таблиці, що і для випадку розрахунку несучої спроможності колони до нагрівання. Однак для нагрітої колони цей коефіцієнт варто приймати в залежності від відношення розрахункової довжини l_0 до найменшого розміру ядра перетину ($v_{\text{я}}$, $h_{\text{я}}$, або $r_{\text{я}}$) (табл. 8.24).

Розрахункова довжина приймається:

- при повному зацмленні обох кінців $l_0 = 0,5 \cdot l$ (l – довжина колони);
- при повному зацмленні одного кінця і шарнірного закріплення іншого $l_0 = 0,7 \cdot l$;
- при шарнірному закріпленні обох кінців $l_0 = l$.

Таблиця 8.24

Значення коефіцієнта подовжнього вигину для нагрітих колон

$l_0/b_{\text{я}}$	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
$l_0/d_{\text{я}}$	7	8,5	10,5	12	14	15,5	17	19	21	22,5	24	26	28	29,5	31
$l_0/r_{\text{я}}$	28	35	42	48	55	62	69	76	83	90	97	104	111	118	125
φ	1	0,98	0,96	0,93	0,89	0,85	0,81	0,77	0,73	0,68	0,64	0,59	0,54	0,49	0,44

Температура в середині необмеженої пластини

$F_0/4$	Θ_{II}	$F_0/4$	Θ_{II}	$F_0/4$	Θ_{II}
0,001	1,0000	0,044	0,8162	0,087	0,5393
0,002	1,0000	0,045	0,8088	0,088	0,5340
0,003	1,0000	0,046	0,8015	0,089	0,5288
0,004	1,0000	0,047	0,7941	0,090	0,5236
0,005	1,0000	0,048	0,7868	0,091	0,5185
0,006	1,0000	0,049	0,7796	0,092	0,5134
0,007	1,0000	0,050	0,7723	0,093	0,5084
0,008	0,9998	0,051	0,7651	0,094	0,5034
0,009	0,9996	0,052	0,7579	0,095	0,4985
0,010	0,9992	0,053	0,7508	0,096	0,4936
0,011	0,9985	0,054	0,7437	0,097	0,4887
0,012	0,9975	0,055	0,7367	0,098	0,4839
0,013	0,9961	0,056	0,7297	0,099	0,4792
0,014	0,9944	0,057	0,7227	0,100	0,4745
0,015	0,9922	0,058	0,7158	0,102	0,4652
0,016	0,9896	0,059	0,7090	0,104	0,4561
0,017	0,9866	0,060	0,7022	0,106	0,4472
0,018	0,9832	0,061	0,6955	0,108	0,4385
0,019	0,9794	0,062	0,6888	0,110	0,4299
0,020	0,9752	0,063	0,6821	0,112	0,4215
0,021	0,9706	0,064	0,6756	0,114	0,4133
0,022	0,9657	0,065	0,6690	0,116	0,4052
0,023	0,9605	0,066	0,6626	0,118	0,3973
0,024	0,9550	0,067	0,6561	0,120	0,3895
0,025	0,9493	0,068	0,6498	0,122	0,3819
0,026	0,9433	0,069	0,6435	0,124	0,3745
0,027	0,9372	0,070	0,6372	0,126	0,3671
0,028	0,9308	0,071	0,6210	0,128	0,3600
0,029	0,9242	0,072	0,6248	0,130	0,3529
0,030	0,9175	0,073	0,6188	0,132	0,3460
0,031	0,9107	0,074	0,6128	0,134	0,3393
0,032	0,9038	0,075	0,6088	0,136	0,3326
0,033	0,8967	0,076	0,6009	0,138	0,3261
0,034	0,8896	0,077	0,5950	0,140	0,3198
0,035	0,8824	0,078	0,5892	0,142	0,3135
0,036	0,8752	0,079	0,5835	0,144	0,3074
0,037	0,8679	0,080	0,5778	0,146	0,3014
0,038	0,8605	0,081	0,5721	0,148	0,2955
0,039	0,8532	0,082	0,5665	0,150	0,2897
0,040	0,8458	0,083	0,5610	0,152	0,2840
0,041	0,8384	0,084	0,5555	0,154	0,2785
0,042	0,8310	0,085	0,5500	0,156	0,2731
0,043	0,8236	0,086	0,5447	0,158	0,2677

Приклад 11. Визначити межу вогнестійкості центрально-стиснутої колони, що обігривається по всій бічній поверхні при наступних даних (рис. 8.11): перетин колони 30 x 30; довжина $\ell = 3,0$ м; опирання шарнірне; бетон на гранітному щебені марки 300; об'ємна маса $\gamma_B = 2390$ кг/м³; вологість $\rho_B = 2,5\%$; арматура – 8 стрижнів діаметром 20 мм сталі класу А – 1, товщина захисного шару 25 мм; робоче навантаження $N_H = 122$ т; $t_H = 200$.

Несуча спроможність колони до нагрівання:

$$N_p = \varphi(F_b \cdot R'_p + F_a \cdot R'_a);$$

$$\varphi = 0,98 \left(\text{табл. 8.24 при } \frac{\ell_0}{\nu_{я}} = \frac{300}{30} = 10; \ell_0 = \ell \right).$$

$$F_a = 8 \cdot 3,14 = 25,12 \text{ см}^2 \text{ (табл. 8.22);}$$

$$R'_a = 2400 \text{ кг/см}^2 \text{ (табл. 8.20);}$$

$$R'_p = 210 \text{ кг/см}^2 \text{ (табл. 8.23); } F_a = 30 \cdot 30 = 900 \text{ см}^2;$$

$$\mu = \frac{F_a}{F_b} = \frac{25,12}{900} = 0,028 \text{ або } 2,8 \text{ – відсоток армування.}$$

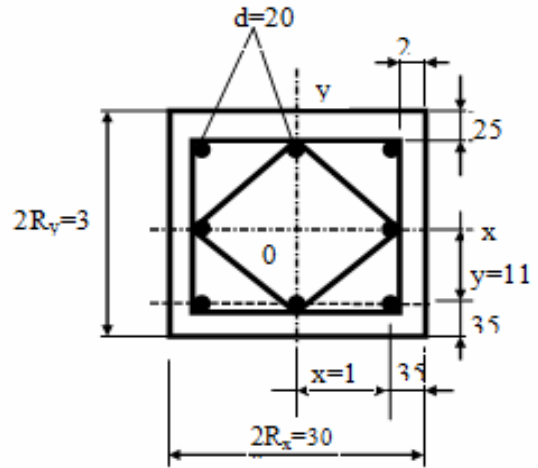


Рис. 8.11. Поперечний перетин колони

Після підстановки:

$$N_p = 0,98 (900 \cdot 210 + 25,12 \cdot 2400) = 244000 \text{ кг; } \frac{N_p}{N} = \frac{244000}{122000} = 2,4.$$

По табл. 8.19 $T_{кр} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$, тоді:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_{t,CP} &= 1,03 - 0,0003 \cdot 450 = 0,895 \\ c_{t,CP} &= 0,17 + 0,0002 \cdot 450 = 0,26 \end{aligned} \right\} \text{ з табл. 8.16}$$

$$Q_{ГР} = \frac{\lambda_{t,CP}}{(c_{t,CP} + 0,012 \rho_B) \gamma_c} = \frac{0,895}{(0,26 + 0,012 \cdot 2,5) 2330} = 0,001326;$$

де $\gamma_c = \frac{2390}{100 + 265} = 2330 \text{ кг/м}^3 \text{ (або по табл. 8.16).}$

Визначаємо температуру і розміри ядра перетину колони через $\tau = 1$ год. нагрівання (тому що перетин симетричний), для чого обчислюємо критерій Фур'є:

$$F_{0X} = F_{0Y} = \frac{Q_{нр} \cdot \tau}{(R_{X(Y)} + K \sqrt{Q_{нр}})^2} = \frac{0,001326 \cdot 1}{(0,15 + 0,62 \sqrt{0,001326})^2} = 0,0445;$$

де прийнято $K=0,62$ (табл. 8.17) при $\gamma_c = 2330 \text{ кг/м}^3$.

Температура кутових стрижнів:

$$t_{X,Y,T} = t_B - \frac{(t_B - t_{X,\tau})(t_B - t_{Y,\tau})}{t_B - t_H};$$

де: t_B – температура по стандартній кривій (табл. 8.14.);

$t_{x,\tau}; t_{y,\tau}$ – температура одномірних полів у °С;

$t_{x,y,\tau}$ – температура двохмірного поля;

для нашого випадку:

$$t_{x=0,115,y=0,115,\tau=1,0} = t_B - \frac{(t_B - t_{x=0,115,\tau=1,0})(t_B - t_{y=0,115,\tau=1,0})}{t_B - t_H};$$

Для спрощення розрахунків відносну температуру θ знаходять графічно (рис. 8.12) в залежності від F_0 і ξ ,

де
$$\xi = 1 - \frac{X}{R + K\sqrt{Q_{nm}}} = 1 - \frac{0,115}{0,150 + 0,62 \cdot 0,001326} = 0,334$$

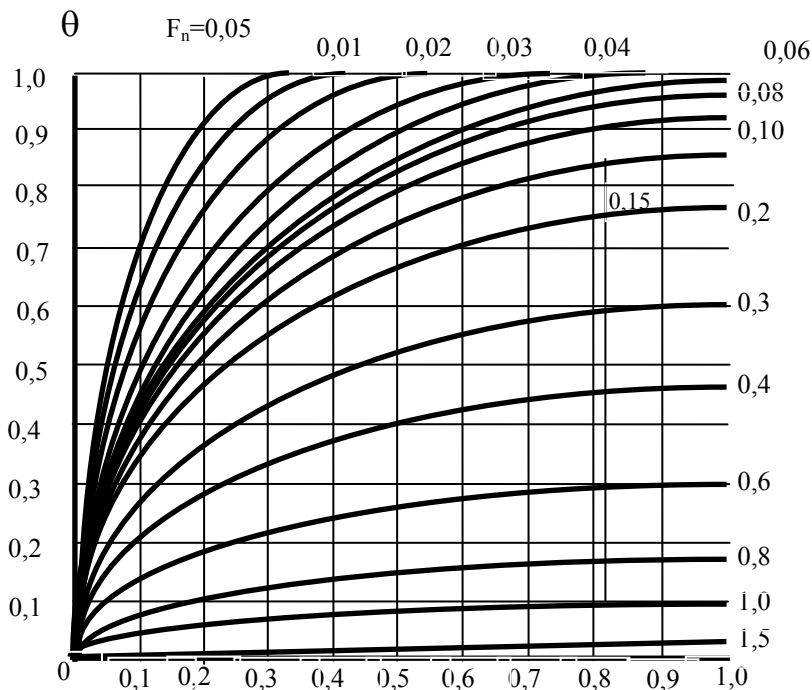


Рис. 8.12. Криві розподілу відносної надлишкової температури

За графіком знаходимо $\theta_X = 0,795$; тоді:

$$t_{x=0,115;y=0,115;\tau=1,0} = 1250(1250 - t_H)\theta = 1250 - (1250 - 20) \cdot 0,735 = 347^0 C = t_{y=0,115;\tau=1,0}$$

$$t_{x=0,115;y=0,115;\tau=1,0} = 925 - \frac{(925 - 347)^2}{925 - 20} = 555^0.$$

Відповідно до табл. 8.10 $\gamma_{0,1} = 0,44$.

Температура в середніх стрижнях складе:

$$t_{x=0,115,y=0,115,\tau=1,0} = t_B - \frac{(t_B - t_{x=0,\tau=1,0})(t_B - t_{y=0,115;\tau=1,0})}{t_B - t_H}$$

$$t_{x=0;\tau=1,0} = 1250 - (1250 - 20)\theta_{II};$$

де θ_{II} – відносна температура, обумовлена за табл. 8.16 у залежності від

$$F_0/4 - \frac{F_{OX}}{4} = \frac{0,0445}{4} = 0,0111; \quad \theta_{II} \cong 1,0;$$

$$t_{X=0;\tau=1,0} = 1250 - 1230 \cdot 1,0 = 20^0 C;$$

тоді –

$$t_{Y=0,115;\tau=1,0} = 347^0 C;$$

$$t_{X=0;Y=0,115\tau=1,0} = 925 - \frac{(925 - 20) \cdot (925 - 347)}{925 - 20} = 347^0 C; \quad \gamma_{0,2} = 0,74;$$

Розміри ядра перетину $b_{Я} = h_{Я}$ (по симетрії) знаходимо за формулою:

$$b_{Я} = 2 = (R_X + K\sqrt{a_{ГР}})(1 - \xi_{Я,X});$$

де: $\xi_{Я,X}$ – знаходимо за графіком рис. 8.12.

при $F_{OX} = 0,0445$

$$\theta_{Я,X} = \frac{1250 - t_e}{1250 - t_H} + \frac{(t_B - T_{жм})(t_B - t_H)}{(t_B - t_{Y=x=0;\tau=1,0})(1250 - t_H)} = \frac{1250 - 925}{1250 - 20} = \frac{(925 - 500)(925 - 20)}{(925 - 20)(1250 - 20)} = 0,61$$

тоді $\xi_{Я,X} = 0,255$.

$$b_{Я} = h_{Я} = 2(0,15 + 0,62 \cdot 0,001326) \cdot (1 - 0,255) = 0,257 \text{ м або } 26 \text{ см.}$$

Несуча спроможність колони через $\tau = 1,0$ год:

$$N_{m,t} = \varphi \left[F_{Я} \cdot R_{ГР}^H + R_A^H \left(\frac{F_a}{2} \cdot \gamma_{a,1} + \frac{F_a}{2} \cdot \gamma_{a,2} \right) \right];$$

$$\text{при } \frac{\ell}{b_{Я}} = \frac{300}{26} = 11,55; \quad \varphi = 0,965 \text{ (табл. 8.14)}$$

$$F_{Я} = 0,9 \cdot b_{Я} \cdot h_{Я} = 0,9 \cdot 26 \cdot 26 = 608 \text{ см}^2;$$

$$N_{m,t} = 0,965 [608 \cdot 210 + 2400 \cdot 12,56(0,44 + 0,74)] = 157500 \text{ кг.}$$

Аналогічно визначаємо несучу спроможність колони через $\tau = 2,0$
 Результати обчислень нанесені на графік (рис. 8.13), по якому графічно визначаємо вогнестійкість колони (тобто тривалість нагрівання, після якого $N_{m,t} = N_H = 122m$).

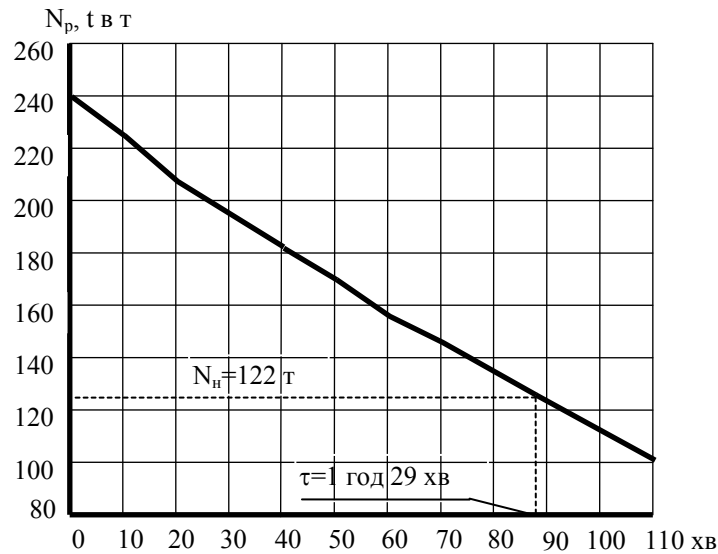


Рис. 8.13. Крива зниження несучої спроможності колони

З графіка межа вогнестійкості складає 1 год. 29 хв.

8.5. Оформлення результатів перевірки відповідності вимогам норм у відношенні вогнестійкості, прийнятих у проекті конструктивних рішень

Зіставлення фактичних груп займистості і меж вогнестійкості конструкцій проектованого будинку з вимогою норм необхідно представити у виді таблиці (табл. 8.26).

Перевірка робиться всіх конструктивних елементів.

Таблиця 8.26

№ п/п	Основні конструктивні елементи і їхні розміри, характеристика	Група займистості		Межі вогнестійкості		Висновки
		необхідні норми	факт	вимоги за нормами	факт	
1	колони залізобетонні 300x300	незгоряємі	незгоряємі	2,5	1,5	не відповідає нормам, див. примітки
2	переkritтя з з/б. суцільних плит з арматурою А-3 і товщиною захисного шару 20 м	незгоряємі	незгоряємі	1,0	1,3	відповідає
3	зовнішні стіни з навісних трьох шарових панелей товщиною 25 см	незгоряємі	незгоряємі	0,5	3	відповідає

Примітка: 1. Межа вогнестійкості колони підвищується штучно обкладкою її глиняною цеглою $\delta = 6,5$ см.

У ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014 з визначення вогнестійкості розглядаються три основні розрахункові методи з визначення межі вогнестійкості: – табличні методи; – спрощені методи розрахунку; – уточнені методи розрахунку. Використання цих методів рекомендується застосовувати згідно з EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2 [3, EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures-Part 1-2:General rules-Structural fire design. – P. 54 – 79.]. Вибір методу розрахунку конструкції приймається відповідно до табл. 8.27 на основі аналізу її реальної роботи у складі всієї конструктивної системи. При розрахунку вогнестійкості конструкцій передбачається використання трьох груп розрахункових методик.

Таблиця 8.27

Варіанти методів перевірки вогнестійкості конструкцій

Вид розрахунку	Метод розрахунку		
	табличні методи	спрощені методи розрахунку	уточнені методи розрахунку
Аналіз окремої конструкції Кожна конструкція розглядається окремо. Непрямі вогневі впливи не враховуються, за винятком тих, які є результатом перепаду температур	так - дані наведено тільки для стандартного температурного режиму; - дані можуть бути перероблені для інших температурних режимів пожеж	так - стандартний та параметричний температурні режими; - температурні криві наведено тільки для стандартного температурного режиму; - моделі, що враховують зміну властивостей матеріалів, застосовуються тільки для температурних режимів, аналогічних стандартному	Так Наведено тільки основні положення
Аналіз частини конструктивної системи Враховуються непрямі вогневі впливи у вузлі, але не залежної від часу взаємодії з іншими частинами конструктивної системи.	ні	так - стандартний та параметричний температурні режими; - температурні криві наведено тільки для стандартного температурного режиму; - моделі, що враховують зміну властивостей матеріалів, застосовуються тільки для температурних режимів, аналогічних стандартному	Так Наведено тільки основні положення
Загальний аналіз конструктивної системи Аналіз всієї конструктивної системи. Розглядаються непрямі вогневі впливи на всю конструктивну систему	ні	ні	Так Наведено тільки основні положення

Експериментальний метод передбачає стандартні вогневі випробування і повномасштабні випробування. Табличний метод ґрунтується на розробленні таблиць довідкових даних з вимогами, виконуючи які, ми забезпечимо необхідну вогнестійкість. Метод спрощених розрахунків дає змогу швидко і приблизно оцінити вогнестійкість будівельних конструкцій. Цей метод містить такі методи: метод ізотерми 500 °С; зональний метод; розрахунок залізобетонного поперечного перерізу за дії згинального моменту та поздовжньої сили за методом на основі оцінки кривизни.

Табличні методи розрахунку

Відповідно до цього методу розрахунку вогнестійкість конструкції забезпечується конструюванням згідно з визнаними розрахунковими рішеннями (табличні дані, результати випробувань тощо). Реалізація цього методу забезпечення вогнестійкості конструкцій є простим інженерним методом, що може бути виконаний на основі значної кількості табличних даних, які розроблені за результатами раніше проведених теоретичних та експериментальних досліджень.

Спрощені методи розрахунку

Спрощені методи розрахунку застосовуються на основі використання приведенного перерізу та коефіцієнтів зниження несучої здатності бетону й арматури внаслідок дії температури. До таких методів слід віднести:

1) *метод ізотерми* – спрощений метод розрахунку стосується загального зменшення розміру поперечного перерізу з урахуванням пошкодженої температурою зони поверхневого шару бетону. Товщина пошкодженого бетону a_{500} відповідає середній глибині розташування ізотерми (з температурою 500°С) в стисненій зоні поперечного перерізу. Пошкоджений бетон (бетон за температури, більшої, ніж 500 °С) вважається таким, що не забезпечує несучу здатність елемента, і вилучається з розрахунку, в той час як приведений поперечний переріз зберігає свої початкові значення міцності та модуля пружності;

2) *зональний метод* – поперечний переріз ділиться на декілька частин (прямокутників), для яких ураховується середня температура, відповідний середній опір на стиск та модуль пружності (якщо застосовується) кожної зони. Метод придатний для будь-яких досліджених температурних режимів пожежі, але значна кількість наявних даних стосується стандартного температурного режиму. За відсутності готових даних прогріву можна виконати розрахунок температурної задачі та знайти середні температури в окремих частинах розрахункових перерізів.

Уточнені методи розрахунку

Уточнені методи розрахунку мають базуватися на фундаментальних фізичних передумовах, що ведуть до одержання найбільш достовірних даних про очікувану роботу відповідного конструктивного елемента під час пожежі. Вони можуть використовуватися за будь-яких температурних режимів пожежі та

перерізів за умови, якщо відомі фізико-механічні властивості матеріалів для відповідного діапазону температур. Уточнені методи розрахунку використовують для будь-якого типу поперечного перерізу. Реалізація цих методів можлива за допомогою програмних комплексів на основі методу скінченних елементів (МСЕ), наприклад Ansys, Nastran, Лира, SCAD Office. Несуча здатність окремих елементів, частин або всієї конструктивної системи під час вогневого впливу може бути визначена методом розрахунку будівельних конструкцій з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності.

Метод уточнених розрахунків ґрунтується на розгляді математичних моделей. Математична модель складається з основних рівнянь процесів тепломасообміну і напружено-деформованого стану та рівнянь, що визначають початкові та граничні умови, а також коефіцієнтів, що входять до рівнянь. Розв'язання цієї системи рівнянь є аналітично складною задачею. Тому часто для моделювання пожеж і створення математичних моделей використовують різні розрахункові програмні комплекси, такі як Лира, Ansys, Femap.

Усі три вищезгадані розрахункові методи, наприклад, при аналізі окремої конструкції, можуть застосовуватися при розрахунку вогнестійкості. Однак стосовно того, наскільки співвідноситься точність розрахунку вогнестійкості за цими методами, інформації недостатньо.

Розділ 9. ВИМУШЕНА ЕВАКУАЦІЯ ЛЮДЕЙ ІЗ БУДИНКІВ

9.1. Особливості прямування людей

Прямування людей розглядається як важливий функціональний процес, характерний для будинків будь-якого призначення. Прямування може бути нормальним, здійснюваним людиною в нормальних умовах життєдіяльності і вимушеним, пов'язаним із необхідністю покинути помешкання або будинок через виниклу небезпеку (пожежа, аварія тощо).

Тривалість евакуації людей із будинків при нормальному прямуванні найчастіше не обмежується, а в ряді випадків залежить від бажаних умов комфорту або умов експлуатації. Іншими словами, тривалість евакуації при нормальному прямуванні не є вирішальною при визначенні розмірів проходів, виходів, сходових тощо.

По-іншому відбувається процес вимушеного прямування (евакуація) людей.

Процес евакуації починається одночасно. У будинках масового перебування людей, останні одночасно підводяться і заповнюють проходи, це створює людські потоки великої щільності. Окрема частина людей, що евакуюються, може застосовувати фізичні зусилля для прискорення процесу прямування. У силу недостатньої площі щільності людських потоків досягає граничних значень і є характерними для проходів у залах для зборів, коридорів і фойє, а також у місцях звуження людських потоків, при їх об'єднанні, під час проходів через дверний проріз, при виході на сходи тощо.

9.2. Шляхи забезпечення безпечної евакуації людей

Забезпечення безпеки прямування людей пов'язане з проектуванням евакуаційних виходів і шляхів, що відповідають визначеним вимогам. У кожному помешканні або будинку є багато різноманітних прорізів, як у внутрішніх, так і у зовнішніх стінах, проте не кожний проріз можна вважати евакуаційним виходом. Аналогічно не всякий прохід і не всякі сходи можуть вважатися шляхом евакуації.

Евакуаційні шляхи і виходи повинні забезпечувати безпечне видалення людей від джерела небезпеки за межі будинку або споруди, у якому можливе виникнення пожежі або аварії.

У зв'язку з тим, що поняття «евакуаційний вихід і шлях» можуть трактуватися по-різному, норми проектування встановлюють визначені ознаки, що відзначають зазначені поняття.

Відповідно до норм (ДБН В.1.1-7:2016) *евакуаційними виходами вважаються виходи, якщо вони ведуть із помешкань першого поверху:*

- назвні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову площадку;
- будь-якого поверху, крім першого, який веде на сходову площадку, або безпосередньо в сходову площадку (у тому числі хол).

При цьому сходові площадки повинні мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відділений від коридорів перегородками з дверми, які мають вихід безпосередньо назовні або через вестибюль; у сусідні приміщення на тому ж поверсі, забезпечені виходами, зазначеними в підпунктах вище.

До шляхів евакуації відносяться коридори, проходи, фойє, східці тощо, які ведуть до евакуаційного виходу і забезпечують безпечне прямування людей протягом визначеного часу з моменту виникнення пожежі. Основним критерієм ефективності евакуації людей є мінімальний проміжок часу, протягом якого вони можуть вийти з помешкання або будинку.

Шляхи евакуації можуть задовольняти вимогам безпеки тільки в тому випадку, якщо ширина і граничні відстані евакуаційних виходів будуть відповідати нормативним вимогам. Під граничною відстанню розуміється найбільша припустима відстань по лінії вільних проходів від дверей помешкань у житловому або суспільному будинку до найближчого евакуаційного виходу. Важливою вимогою безпечної евакуації людей є і правильна організація їх прямування від місця перебування в помешканні до виходу назовні, або в сходову площадку. При цьому потоки людей повинні мати прямий напрямок без перетинання зустрічного прямування.

9.3. Необхідна кількість, ширина і граничні відстані шляхів евакуації і виходів

Відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 кількість евакуаційних виходів із будинків повинно бути не менше двох, за винятком випадків, особливо обговорених відповідними розділами.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватися розосереджено. Для розташованих у підвальному або цокольному поверхах помешкань площею більш 300 м² повинно передбачатися не менше двох евакуаційних виходів, а при площі цих помешкань до 300 м² припускається улаштування одного виходу, якщо число людей, які постійно знаходяться в ньому, не перевищує 5 чол. у підвальному або цокольному приміщенні. При числі людей від 6 до 15 чол. припускається передбачати другий евакуаційний вихід через люк із розмірами 0,6 x 0,8 м із вертикальними сходами, або через вікно розмірами не менше 0,75 x 1,5 м із пристосуваннями для виходу. Кришки люків при цьому повинні легко відчинятися з боку підвальних приміщень і мати межу вогнестійкості не менше 0,75 год.

Таблиця 9.1

Найменша припустима ширина сходових маршів житлових будинків і їх найбільший ухил

Марші	Найменша ширина маршів, м	Найбільший ухил маршів
Основних східців, що ведуть у житлові поверхи.	0,9	1:1,50
Секційних: двох-поверхових	1,05	1:1,50
Трьох-поверхових і більш	1,05	1:1,75
Коридорні	1,2	1:1,75
Східців, що ведуть у підвальні і цокольні поверхи, а також внутрішньоквартирні	0,9	1:1,25

Таблиця 9.2

Найбільші припустимі відстані від дверей квартир або кімнат гуртожитків до виходу

Ступінь вогнестійкості	Найбільша відстань до виходу, м	
	при розташуванні між сходовими площадками і зовнішніми виходами	при виходах в тупиковий коридор
I, II	40	25
III	30	20
IV	25	15
V	20	10

9.4. Розрахунок евакуаційних шляхів і виходів

Безпечна евакуація людей у випадку аварії або пожежі забезпечується конструктивно-планувальними й організаційними рішеннями. Ці рішення проводять у житті в процесі проектування, будівництва будинків, а слушність і своєчасність їх виконання контролює Державний пожежний нагляд.

Таблиця 9.3

Найбільші припустимі відстані від дверей помешкань до виходу назовні або на сходову площадку для громадських будинків

Ступінь вогнестійкості будинків	Відстань до виходу, м				
	у дитячих дошкільних закладах	у школах, проф.тех. училищах і середніх спец. закладах	у лікарнях, стаціонарах	готелях	інших громадських будинках
<i>із помешкань, розташованих між сходовими клітинами або зовнішніми виходами</i>					
I, II	20	50	35	40	60
III	20	50	35	40	60
IV	15	35	25	30	40
V	10	25	15	20	30
<i>із приміщень з виходами в тупиковий коридор</i>					
I-III	10	25	15	20	30
IV	7	15	10	15	20
V	5	10	5	10	15

Успішною вважають вимушену евакуацію в тому випадку, якщо вона може бути завершена протягом такого часу, при якому шкідливі впливи на пожежі не можуть зробити свого негативного впливу на організм людини. Тому основним критерієм оцінки конструктивно-планувальних організаційних рішень по забезпеченню безпечної евакуації людей є її короткочасність.

Умова безпеки характеризується виразом:

$$\tau_p \leq \tau_{\text{доп}}$$

де τ_p – розрахункова тривалість вимушеної евакуації в хв.;

$\tau_{\text{доп}}$ – припустима тривалість вимушеної евакуації в хв.

Під розрахунковою тривалістю розуміють тривалість вимушеної евакуації, отриману розрахунком при розрахункових значеннях швидкості прямування, і пропускної спроможності евакуаційних шляхів і виходів.

Розрахункову тривалість вимушеної евакуації визначають по загальній залежності:

$$\tau_p = f(v, q, l, \delta)$$

де v – розрахункова швидкість прямування людей у м/хв.;

q – розрахункова пропускна спроможність евакуаційних виходів у чол/м хв.;

l – протяжність евакуаційних шляхів у м;

δ – ширина дверей і сходи у м.

Розрахункова тривалість вимушеної евакуації на різноманітних етапах при розрахункових швидкостях прямування людей і розрахункової пропускної спроможності евакуаційних дверей повинна дорівнювати або бути меншою припустимої тривалості евакуації.

Прямування людей при змушеній евакуації повинно бути обмеженим, а не випадковим і безладним. Велике значення при цьому мають конструктивно-планувальні рішення евакуаційних шляхів і виходів, що визначають напрямок прямування, розміри потоку і його чисельність.

Істотне значення для забезпечення безпечної евакуації людей має місткість евакуаційних шляхів або комунікаційних помешкань.

Таблиця 9.4

Дані з припустимою тривалістю евакуації для видовищних підприємств

Видовищні підприємства	Об'єм глядацького залу разом з об'ємом сцени або естради, м ³	Допустима тривалість евакуації людей в хв.	
		із залу	із будівлі в цілому
театри, клуби, палаци культури і інші видовищні заклади з колосниковою сценою	10 000	1,0	2,5
	20 000	1,25	3,4
	40 000	1,5	4,5
	60 000	1,75	5
кінотеатри, цирк і інші видовищні заклади з естрадою без декорацій	2 000	1,7	4,5
	5 000	2,3	6
	10 000	2,75	7,5
	20 000 і більше	3,5	7,5
закриті спортивні споруди і інші видовищні заклади, які формуються для концертних вистав і спектаклів	10 000	1,4	3
	20 000	1,75	4
	40 000	2,2	5
	80 000	2,75	6
	100 000	3	7
	200 000 і більше	3,75	6,5

Таким чином, успішна евакуація людей при пожежі або аварії залежить від протяжності і ємності шляху евакуації, кількості і ширини проходів і виходів, конструктивно-планувальних і організаційних рішень.

Розрахункова методика визначення розмірів евакуаційних шляхів і виходів знаходить усе більше застосування при проектуванні будинків із масовим перебуванням людей.

Розрахунком визначають розміри евакуаційних шляхів і виходів у залежності від припустимої тривалості евакуації. Звичайно розрахунки мають

перевірочний характер. Приймавши за основу проект планування будинку, знаходять передбачені цим проектом протяжність шляхів евакуації, ширину проходів, розміри дверей, східців і кількість людей, що евакуюються. Потім визначають за цими даними розрахункову тривалість евакуації і зіставляють її з припустимим (безпечним) часом евакуації.

Якщо умови безпеки дотримані, тобто $\tau_p \leq \tau_{доп}$, то вважають, що розміри шляхів евакуації та евакуаційних виходів і їх кількості відповідають вимогам пожежної безпеки. В протилежному випадку зміни вносять в план, змінюють розміри шляхів евакуації та евакуаційних виходів і розрахунок повторюють.

Таблиця 9.5

Дані про припустиму тривалість евакуації людей з окремих помешкань і будинків із масовими перебуванням людей

Етап евакуації	Допустима тривалість евакуації в хв. при ступені вогнестійкості будівель		
	I-II	III	IV-V
з глядацьких залів	2	1	1
зі сцен	1,5	1	1
з усього будинку	6	2	1

Таблиця 9.6

Дані про припустиму тривалість евакуації людей із виробничих будинків

Категорії виробництва по пожежній небезпеці	Обсяг будинків або приміщення, м ³	Допустимий час евакуації в хв. при обмеженні площі горіння при пожежі в м ² , до	
		50	100
А	до 30 000	0,6	0,3
	40 000	0,8	0,4
	50 000	1	0,5
	60 000	1,2	0,6
	70 000	1,25	0,7
Б і В	15 000	1	0,5
	30 000	1,6	0,8
	40 000	2	1,2
	70 000 і вище	2	2

Приклад: Визначити час евакуації глядачів із залу кінотеатру в нормальних умовах і аварійних (рис. 9.1).

Прямкування відбувається через проходи біля подовжніх стін залу і дверей, що виходять із залу безпосередньо назовні. t_k в аварійних умовах встановлено в межах 2,5 хв; у нормальних умовах, при розуміннях доцільної тривалості перерв між сеансами, – у межах 5 хв.

Двері, що ведуть у фойє, як евакуаційні виходи не враховуються, оскільки при наповненому фойє евакуація зустріла б значні ускладнення, що можуть призвести до виникнення давки і паніки.

Проходи в межах 3-23 рядів мають ширину $\delta = 2,3$ м. 1-й та 2-й ряди розташовані безпосередньо проти виходів. Ширина проходу враховується між елементами. Відстань між спинками крісел 0,9 м. Вихідні двері з кожної сторони залу мають ширину $\delta_0 = 2,6$ м.

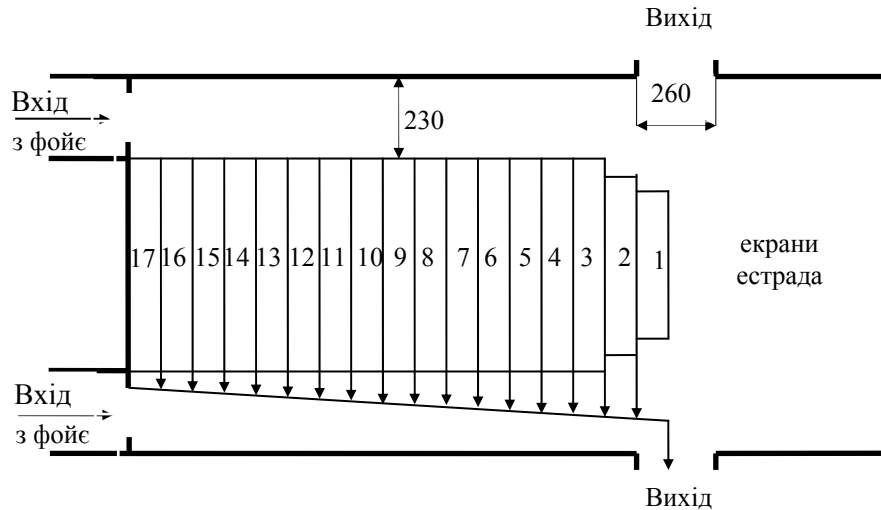


Рис. 9.1. План глядацької зали кінотеатру

Оскільки зал у плані симетричний, для розрахунку приймається один людський потік із кількістю людей, що дорівнює половині ширини залу:

21 ряд по 18 місць = 378 чол.
 1 ряд по 16 місць = 16 чол.
 1 ряд по 13 місць = 13 чол.
 В с ь о г о 407чол.

Знаючи закономірності злиття і переформування людських потоків, що виходять із рядів у прохід, можна аналітично визначити час t завершення прямування. Його варто розділити на 2 етапи: перший t_x – час від початку прямування до початку його стабілізації; другий t_y – час від початку стабілізації до завершення процесу.

Загальний час буде рівний інтенсивності прямування людей у проході, визначається за формулою:

$$q = Q_p \cdot m / \delta ;$$

де q – інтенсивність прямування в проході в м/хв;

Q_p – пропускна спроможність ряду в м²/хв, приймається за табл. 9.7;

m – кількість рядів, що виходять у прохід;

l – ширина проходу в м.

Повний час прямування людських потоків у проходах глядацьких залів дорівнює:

$$t = \frac{\ell}{q_{IP}} \left[\frac{D_I}{\Delta q} (q_{IP} - q_{I-1}) + \sum D \right] + \frac{N}{q_{I,0} \cdot \delta} ; \quad (ХВ)$$

де ℓ – довжина ділянки прямування;

$q_{i,p}$ – інтенсивність прямування на кожній ділянці;

D_i – щільність людського потоку на кожній ділянці;

Δq – приріст інтенсивності прямування на кожній ділянці проходу;

N – загальна кількість людей, що беруть участь у прямуванні, виражене в м²;

D – щільність потоку людей, що беруть участь у прямуванні.

Визначальними видами прямування в будинках і спорудженнях для проведення масових заходів варто вважати евакуацію глядачів у нормальних і аварійних прямуваннях. Отже, визначимо тривалість евакуації людей із кінотеатру для нашого випадку (див. рис. 9.1).

1. Для нормативних умов прямування:

Приймаючи $f=0,125\text{м}^2$ (дорослий у зимовому одязі);

f – площа горизонтальної проекції людини;

$$N_0 = 0,125 \times 407 = 50,9 \approx 51 \text{ м}^2.$$

Визначимо час виходу з проходу до прорізу. Будемо вважати, що в 1-му і 2-му рядах також по 18 крісел. Тоді $m = 23$ рядів; $n=18$ крісел.

$$N = m \cdot n \cdot f = 23 \cdot 18 \cdot 0,125 = 51,7 \text{ м}^2$$

Параметри прямування в рядах по табл.9.7 складають: $D_p=0,42$; $V_p=17,76$ м/хв; $q_p = 7,46$ м/хв; $Q_p=7,46$ м²/хв. Довжина ряду (до центру залу) $L_p=9$ м.

$$t_p = \frac{L_p}{V_p} = \frac{9}{17,76} = 0,507 \text{ хв.}$$

Таблиця 9.7

Параметри прямування людських потоків у рядах глядацьких залів

Розрахункові параметри	Площа горизонтальної проекції чол., м ²					
	0,125		0,113		0,1	
	норм.	аварійн.	норм.	аварійн.	норм.	аварійн.
щільність D_p	0,42	0,42	0,38	0,38	0,32	0,32
швидкість V_p в м/хв.	17,76	23,78	18,69	25,69	20,72	27,26
інтенсивність руху q_p в м/хв.	7,46	9,99	7,1	9,61	6,63	9,19
пропускна спроможність Q_p м ² /хв	4,47	6	4,26	5,77	4	5,5

Інтенсивність прямування при злитті потоків із усіх рядів:

$$q = \frac{Q_p \cdot m}{\delta} = \frac{4,47 \cdot 23}{2,3 \cdot 0,9} = 47,79 .$$

Прямування в проході стабілізується в момент t_p або при D_{\max} .

Перевіримо по t_p : що

$$D_{l,p} = \frac{Q_p}{\delta \cdot \ell} \cdot t_p = \frac{4,47}{2,3 \cdot 0,9} \cdot 0,507 = 1,09 > D,$$

відповідає q_{\max} . Отже процес стабілізується при D_{\max} .

На ділянці 1 проходу

$$q_1 = \frac{Q_p}{\delta} = \frac{4,47}{2,3} = 1,95 \text{ м/хв} \quad D_1=0,06;$$

тому що $\Delta q=q_1$;

$$\begin{aligned}
q_2 &= 3,89 \text{ м/хв} & D_2 &= 0,2 \\
q_3 &= 5,83 \text{ м/хв} & D_3 &= 0,46 \\
q_4 &= 7,78 \text{ м/хв} & D_4 &= 0,66 \\
q_5 &= 9,73 \text{ м/хв} & &> q_{\text{MAX}}
\end{aligned}$$

Тому що процес стабілізується при D_{max} , те $D_i = D_4 = 0,66$

$$\sum_1^{I=1} D = D_1 + D_2 + D_3 = 0,66 + 0,2 + 0,46 = 0,72$$

$$q_{I-1} = q_3 = 5,83 \text{ м/хв};$$

$$\begin{aligned}
t &= \frac{\ell}{q_{I,P}} \left[\frac{D_I}{\Delta q} (q_{I,P} - q_{I-1}) + \sum_1^{I=1} D \right] + \frac{N}{q_{IP} \cdot \delta} = \frac{0,9}{7,18} \left[\frac{0,66}{1,95} (7,18 - 5,83) + 0,72 \right] + \\
&+ \frac{51,7}{7,18 \cdot 2,3} = 3,29 \text{ хв}
\end{aligned}$$

Оскільки ширина дверей більше ширини прилягаючого проходу, затримки прямування бути не може. Тому що проріз знаходиться наприкінці проходу, то визначений час $t = 3,29 \text{ хв}$ і буде часом звільнення залу від людей.

2. Для аварійних умов:

Умови прямування ті ж.

$$D_p = 0,42; \quad V_p = 23,78 \text{ м/хв}; \quad q_p = 9,99 \text{ м/хв}; \quad Q_p = 6 \text{ м}^2/\text{хв}.$$

$$t_p = \frac{L_p}{V_p} = \frac{9}{23,78} = 0,378 \text{ хв}.$$

$$q = \frac{Q_p \cdot m}{\delta} = \frac{6 \cdot 23}{2,3} = 60 > q_{\text{max}}$$

$$D_{IP} = \frac{Q_p}{\delta \cdot \ell} \cdot t_p = \frac{6}{2,3 \cdot 0,9} = 0,378 = 1,09 > D, \text{ що відповідає } q_{\text{max}}$$

Процес стабілізується при D_{max}

$$q_1 = \frac{Q_p}{\delta} = \frac{6}{2,3} = 2,6 \text{ м/хв} \quad D_1 = 0,04;$$

$$q_2 = 5,22 \text{ м/хв}; \quad D_2 = 0,09 \quad q_3 = 7,83 \text{ м/хв}; \quad D_3 = 0,19$$

$$q_4 = 10,44 \text{ м/хв}; \quad D_4 = 0,47 \quad q_5 = 13,05 \text{ м/хв}; > q_{\text{max}}; \quad D_i = D_4 = 0,47$$

$$\sum_1^{I=1} D = D_1 + D_2 + D_3 = 0,04 + 0,09 + 0,19 = 0,32;$$

$$q_{I-1} = q_3 = 7,83 \text{ м/хв}.$$

$$t = \frac{\ell}{q_{IP}} \left[\frac{D_I}{\Delta q} (q_{IP} - q_{I-1}) + \sum_1^{I=1} D \right] + \frac{N}{q_{IP} \delta} = \frac{0,9}{9,68} \left[\frac{0,47}{2,61} (9,68 - 7,83) + 0,32 \right] + \frac{51,7}{9,68 \cdot 2,3} = 2,38 \text{ хв}.$$

Отримане значення t задовольняє граничні умови.

Розділ 10. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИХ УМОВ ПРАЦІ

Економічна ефективність заходів щодо поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці в будівництві може розраховуватися як на стадії планування (очікувана), так і після впровадження (фактична). У першому випадку необхідні для розрахунків значення техніко-економічних показників (а також очікувані зміни цих показників у результаті оцінюваних заходів) визначаються (прогнозуються) на базі наявних теоретичних залежностей і відповідних нормативних даних. У іншому випадку використовуються фактичні значення відповідних показників.

На практиці частіше доводиться розраховувати саме очікувану ефективність санітарно-гігієнічних заходів, тобто оцінювати їх на стадії планування.

З огляду на стохастичну, ймовірну природу результатів впливу санітарно-гігієнічних заходів і наближений характер прогнозування в цій галузі, не варто прагнути ні до високої точності розрахунків, ні до обліку різного роду другорядних умов і чинників.

Економічну ефективність заходів щодо поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці в будівництві можна оцінювати в такий спосіб.

Розглянемо розрахунок економічної ефективності заходів щодо поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці комплексної бригади опоряджувальних робіт (штукатури, муляри, плиточники, облицювальники та ін.) із 48 чоловік на будівництві промислового комплексу в географічному районі із сирим холодним кліматом.

Небезпечні і шкідливі виробничі чинники обумовлені застосуванням лакофарбових, облицювальних та інших оздоблювальних матеріалів, що містять у своєму складі ксилол, толуол, сольвент і інші шкідливі речовини, котрі вимагають після контакту з ними обов'язкового прийняття душу і зміни спецодягу, і кліматичними погодними умовами (часті дощі, вітри, висока вологість повітря, мале число сонячних днів у році), що вимагають практично щоденного сушіння спецодягу і взуття.

При незабезпеченості робітників будівельно-побутовими приміщеннями мають місце часті випадки захворювання з тимчасовою непрацездатністю (~18 днів) чол.-рік і висока плинність кадрів (20%).

Середнє значення суми, виплачуваної за день тимчасової непрацездатності – 7,39 грн./чол.-день.

Втрати ресурсу робочого часу працівника у зв'язку з плинністю (на один прийом і звільнення) складають 35 чол.-дні/чол.-рік.

Як заходи щодо поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці розглядається цільове (для даної бригади) придбання будівельною організацією комплексу пересувних санітарно-побутових приміщень і організації безперервного їхнього функціонування.

Зазначений комплекс включає:

- гардеробні помешкання типу 4810-23 на 16 чоловік – 3 шт. (вартістю 5250 грн. кожен);

- вагон-сушарка типу ВС-000-00 – 1 шт. (вартістю 4000 грн.);

- душова типу Вд-І на 5 мийних кабін – 1 шт. (вартістю 4500 грн.);

- інше устаткування і комунікації до них (вартістю 2500 грн.).

Загальна сума капіталовкладень дорівнює.

$$5250 \cdot 3 + 4000 + 4500 + 2500 = 26750 \text{ грн.}$$

Витрати, зв'язані з експлуатацією зазначених санітарно-побутових помешкань і устаткування, складають 10210 грн./рік.

Аналіз даних про захворюваність обробників при розглянутих умовах праці показує, що переважають захворювання «простудні», а також зв'язані зі шкідливим впливом використовуваних будівельних (оздоблювальних) матеріалів. Зіставлення цих даних із даними про захворюваність робітників контрольної групи (обробників, не схильних впливу зазначених шкідливих і небезпечних виробничих чинників) дозволяє вважати, що в результаті проведених заходів число днів тимчасової непрацездатності зменшиться з 18 до 5. Плинність кадрів дозволить знизити з 0,25 (25%), до 0,12 (12%), із яких саме санітарно-побутовими умовами обумовлені їх частки відповідно 0,75 (75%) і 0,25 (25%).

На підставі досвіду подібних заходів на аналогічних будівельних виробництвах передбачається, що продуктивність праці обробників зросте не менше чим на 7%, так що денне вироблення зросте з 305 до 323 грн./чол.-день.

Розрахункове число робочих днів у році – 224.

Фактичні планові накопичення даної будівельної організації складають 20%; частка умовно-постійних витрат – 10 %.

Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень – 0,15 (15%).

На підставі перерахованих вихідних даних потрібно оцінити економічну ефективність розглянутих заходів.

Розрахунок виконується в наступній послідовності:

Значення μ може бути визначено відношенням числа x робочих днів, що втрачаються працівником у зв'язку з прийомом і звільненням, до річного ресурсу його робочого часу g :

$$\mu = 1 - x / g = (224 - 35) / 224 = 0,844,$$

де: μ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує втрати ресурсу робочого часу у зв'язку з плинністю кадрів;

g – річний ресурс робочого часу одного працюючого, чол.- дні / чол. – рік.

Значення P обчислюється за формулою:

$$P = Ч \{ \epsilon_2 [(1 - \Delta_2 \tau_2)(g - D_2) + \Delta_2 \tau_2 (\mu \times g - D_2)] - \epsilon_1 [(1 - \Delta_1 \tau_1)(g - D_1) + \Delta_1 \tau_1 (\mu \times g - D_1)] \},$$

де: P – вартість продукції, що випускається додатково завдяки оцінюваним заходам (приріст об'єму випуску продукції за рахунок підвищення

продуктивності праці, зниження захворюваності і плинності кадрів), грн./рік;

D_1 і D_2 – числа днів тимчасової непрацездатності на одного працюючого в рік, чол.-днів / чол.-рік відповідно до і після здійснення оцінюваних заходів;

τ_1 і τ_2 – коефіцієнти плинності кадрів;

Δ_1 і Δ_2 – частки коефіцієнтів плинності кадрів, обумовлені розглянутими заходами, частка одиниць;

v_1 і v_2 – середні значення денної виробітки одного працюючого, грн. / чол.-день;

g – річний ресурс робочого часу одного працюючого, чол.-дні / чол.-рік;

Ч – середньооблікова (за рік) чисельність працівників підрозділів, охоплених оцінюваними заходами, чол.

Таблиця 10.1

Умовно-незмінні показники

Найменування показника	Символ	Значення	Примітка
Вартість заходів капіталовкладення, грн.	К	26750	
Поточні витрати, грн./рік	З	10210	
Середньооблікова чисельність персоналу, чол.	Ч	48	
Середнє значення суми, виплачуваної за день тимчасової непрацездатності, грн./чол.-днів	S	7,39	
Розрахункове число робочих днів у році, дні	g_0	224	
Річний ресурс робочих годин працівника, 75 чол.-днів / чол.-рік	g	224	
Втрати робочого часу працівника в зв'язку з плинністю (на один прийом і звільнення в рік), чол.-днів / чол.-рік	X	35	
Планові накопичення (фактичні) даної будівельної організації, частка одиниці	E_p	0,20	
Частка умовно-постійних витрат у кошторисній вартості продукції, частка одиниці	H_y	0,10	
Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, частка одиниці	E_n	0,15	

$$P = 48\{70[(1 - 0,25 \times 0,75) (224 - 5) + 0,25 \times 0,75 (0,844 \times 224 - 5)] - 66 [(1 - 0,12 \times 0,25) (224 - 18) + 0,12 \times 0,25(0,844 \times 224 - 18)]\} = 64800 \text{ грн./рік}$$

За формулою обчислюється значення \mathcal{E}_c :

$$\mathcal{E}_c = \text{Ч} \times (D_1 - D_2) S = 48 \times (18 - 5) \times 7,39 = 4611 \text{ грн./рік},$$

де: \mathcal{E}_c – економія витрат по соціальному страхуванню (оплати тимчасової непрацездатності), грн./рік;

S – середнє значення суми, виплачуваної за один чол.-день тимчасової непрацездатності, грн./чол.-день;

За формулою обчислюється значення \mathcal{E}_y :

$$\mathcal{E}_y = H_y \times P = 0,10 \times 64800 = 6480 \text{ грн./рік},$$

де: \mathcal{E}_y – економія умовно-постійних витрат у кошторисній вартості продукції, грн./рік;

H_y – норма умовно-постійних витрат у кошторисній вартості продукції, яка випускається, частка одиниці.;

Показники, що змінюються в результаті оцінюваних заходів

Найменування показника	Символ	Значення	
		до заходів	після заходів
		L = 1	L = 2
Середньорічне значення денної виробітки, грн./чол.-день	v_i	305	323
Коефіцієнт плинності кадрів	τ_i	25	0,12
Частка коефіцієнта плинності, обумовлена оцінюваними заходами, частка одиниці	Δ_i	0,75	0,25
Число днів тимчасової непрацездатності на один працівника в рік, чол.-дні/чол.-рік	D_i	18	5

По формулі обчислюється значення Π :

$$\Pi = E_{\Pi} \times P = 0,20 \times 64800 = 12960 \text{ грн./рік,}$$

де: Π – приріст прибутку завдяки оцінюваним заходам, грн./ рік;
 E_{Π} – норма прибутку (планові накопичення) організації (підприємства), 1/рік.

За формулою обчислюється шукане значення розміру \mathcal{E}_r :

$$\mathcal{E}_r = \Pi + \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_c - (E_{\Pi} \text{ ДО} + C_T),$$

де: \mathcal{E}_r – річний економічний ефект у результаті проведення оцінюваних заходів
 \mathcal{E}_r , грн/рік;

C_T – поточні витрати на оцінювані заходи, грн./рік;

K – капіталовкладення (одночасові витрати) на оцінювані заходи, грн.

$$\mathcal{E}_r = 12960 + 6480 + 4611 - (0,15 \times 26750 + 10210) = 9829 \approx 10000 \text{ грн./рік}$$

Отриманий результат дозволяє оцінити плановані заходи як досить ефективні.

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Конституція України. Електронний ресурс <http://https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр/>. Редакція від 01.01.2020 р. [Звернення 29.01.2020 р.].
2. Закон України «Про охорону праці». Редакція від 27.12.2019 р. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>. [Звернення 26.05.2020 р.].
3. Золотницький Н.Д. и др. Охрана труда в строительстве. Учебник для студентов строительных специальностей. – М: Высшая школа. 1978. – 407с.
4. Золотницький Н.Д. и др. Инженерные решения по технике безопасности в строительстве. – М: Стройиздат. 1978. – 257с.
5. Сафонов В.В., Діденко Л.М., Чередніченко Л.А. Довідник стропальника. // За редакцією В.В.Сафонова. - К: Основа. 2002. – 129с.
6. Діденко Л.М., Сафонов В.В. Охрана труда при реконструкции и капитальном ремонте производственных зданий. Справочник.. – Будивельник. – К. 1994. – 257с.
7. Сафонов В.В., Діденко Л.М.. Охрана праці під час виготовлення та монтажі будівель з металевих конструкцій // За редакцією В.В.Сафонова. Підручник. – К: Основа, 2004. – 348с.
8. Самойлюк Е.П. Сафонов В.В. Борбба с шумом и вибрацией в строительстве и на предприятиях строительной индустрии. –К: Будивельник. 1985. -152с.
9. Сафонов В.В., Беліков А.С., Діденко Л.М. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженернобудівельних спеціальностей. (за редакцією В.В.Сафонова), Навчальний посібник, Друге видання. Основа. Київ 2011р. 312с.
10. Ніжніковський Г.С., Діденко Л.М., Сафонов В.В. Тлумачний словник термінів по монтажу будівельних конструкцій Навчальний посібник. Дніпропетровськ. «Пороги» 2012 р. 143с.
11. Беликов А.С., Сафонов В.В., Нажа П.Н. Охрана труда в строительстве (под редакцией А.С. Беликов), Учебник, Киев «Основа» 2014 г. 374с.
12. Закон України «Про обов'язкове соціальне страхування від нещасного випадку, на виробництві та професійного захворювання, які причинили втрату працездатності». Електронний ресурс. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14>. Редакція від 27.12.2019 р. [дата звернення 29.01.2020 р.].
13. Щодо підвищення якості з вивчення питань охорони праці у вищих навчальних закладах Наказ МОН України від 22.04.09 № 1/9-227.
14. ДНАОП 0.00-6.03-93. Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві. Електронний ресурс: https://dnaop.com/html/43271/doc-ДНАОП_0.00-6.03-93. [Звернення 26.05.2020 р.].
15. Кодекс законів про працю. Редакція від 02.04.2020 р. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08>. [Звернення 26.05.2020 р.].
16. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів охорони праці. Охорона праці

та промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 122 с.

17. ДБН В.1.2-12-2008. Будівництво в умовах ущільненої забудови. вимоги безпеки. Електронний ресурс: https://dnaop.com/html/32946/doc-ДБН_В.1.2-12-2008. [Звернення 26.05.2020 р.].

18. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 51 с.

19. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 19 с.

20. ДСТУ 2272-2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 32 с.

21. ДСТУ 4050-2001. Спецодяг сигнальний. Жилети. Технічні умови. Київ : Держстандарт України, 2001. 15 с.

22. Про затвердження Положення про Державну службу України з питань праці. Постанова КМУ від 11.02.2015 р. № 96. Редакція від 19.05.2020 р. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/96-2015-п>. [Звернення 26.05.2020 р.].

23. НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання. Поточна редакція. Наказ Міністерства соціальної політики України № 62 від 19.01.2018 р. Зареєстровано в Міністерстві юстиції Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18>. [Звернення 26.05.2020 р.].

24. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ, 1999. 34 с.

25. ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Київ, 2000. 39 с.

26. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Москва : Стандартинформ, 2008. 50 с.

27. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ, 1999. 10 с.

28. НАПБ А.01.001:2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджено наказом МВС від 30.12.2014 р. № 1417. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 05 березня 2015 р. за N 252/26697. Редакція від 03.10.2017. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15>. [Звернення 26.05.2020 р.].

29. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с.

30. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ:Мінрегіонбуд України. 2017. 38 с.

31. ДБН В.1.2-7-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 17 с.

32. ДБН А 3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці та промислова безпека в будівництві. Мінрегіонбуд України, 2012. 122 с.

33. ДБН В.1.2-12-2008. Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 34 с.
34. ГОСТ 12.0.003-74* ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Москва : ИПК Издательство стандартов, 1978. 2 с.
35. ДСТУ 3008:2015. Інформація і документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлювання. Київ : ДП УкрНДЦ, 2106. 31 с.
36. Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві. Постанова Кабінету Міністрів України № 337 від 17.04.2019 р. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/337-2019-п>. [Звернення 20.05.2020 р.].
37. ДБН Б.2.2-12:2018. Планування та забудова території. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 185 с.
38. СНиП 2.09.02-85*. Производственные здания. Москва : Госстрой СССР, 1991. 17 с.
39. СНиП 2.11.01-85*. Складские здания. Москва : Госстрой СССР, 9 с.
40. Санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Затверджені наказом МОЗ України № 173 від 19.06.96 р. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 24.07.1996 р. № 379/1404. Редакція від 07.03.2019 р. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96>. [Звернення 18.05.2020 р.]
41. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 137 с.
42. ДСТУ Б В.2.8-43:2011. Огородження інвентарних будівельних площ і ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 18 с.
43. ДСТУ-Н Б А.3.2-16:2015 Настанова щодо влаштування суцільних захисних огорожень при зведенні каркасно-монолітних будівель. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 12 с.
44. ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) (с 01.07.2019).
45. ДБН В.2.5-16-99. Інженерне обладнання споруд, зовнішніх мереж. Визначення розмірів земельних ділянок для об'єктів електричних мереж. Київ : Держкомітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1999. 52 с.
46. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги (ГОСТ 12.1.013-78, MOD). Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 14 с.
47. НПАОП 0.00-1.66-13. Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 355 від 12.06.2013 р. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 05.07.2013 р. № 1127/23659. Електронний ресурс:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1127-13>. [Звернення 26.05.2020 р.].

48. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Київ : ДП УкрНДІЦЗ, 2019. 162 с.

49. Правила охорони праці під час вантажо-розвантажувальних робіт. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.01.2015 № 21. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 03 лютого 2015 р. № 124/26569. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-15>. [Звернення 24.05.2020 р.].

50. ДСТУ Б В.2.8-40:2011 Оснащення монтажне для тимчасового закріплення та вивіряння конструкцій будинків. Класифікація і загальні технічні вимоги (ГОСТ 24259-80, MOD).

51. ДСТУ ISO 2631-1:2004. Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 42 с.

52. ДСТУ ISO 2631-2:2004. Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину. Частина 2. Вібрація в будівлях . Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.

53. ДСТУ EN 14253:2018 Вібрація механічна. Вимірювання та обчислювання впливу на здоров'я загальної виробничої вібрації. Практична настанова (EN 14253:2003 + A1:2007, IDT).

54. ДСТУ EN 12096:2005. Вібрація механічна. Повідомлення та перевірка параметрів вібрації. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.

55. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. Київ : Мінрегіон України, 2014. 85 с.

56. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99>. [Звернення 26.05.2020 р.].

57. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

58. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.

59. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює від тиском. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-18>. [Звернення 20.02.2020 р.].

60. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. Київ : ДП УкрНДІЦЗ, 2016. 105 с.

61. Правила улаштування електроустановок. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

62. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с.

63. ДСТУ 2104-92 Трансформатори силові масляні загального призначення класів напруги 110 і 150 кВ. Технічні умови. Київ : Держстандарт України, 1993. 39 с.

64. ДСТУ EN 62305-1:2012. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT): – (Національний стандарт України).
65. ДСТУ EN 62305-2:2012. Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT):. – (Національний стандарт України).
66. ДСТУ EN 62305-3:2012. Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT):. – (Національний стандарт України).
67. ДСТУ EN 62305-4:2012. Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT). — (Національний стандарт України).
68. НПАОП 0.00-7.14-17. Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками. Наказ Міністерства юстиції України 28.12.2017 р. № 2072. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 23 січня 2018 р. за № 97/31549. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0097-18>. [Дата звернення 09.02.2020 р.].
69. ДСТУ Б В.2.8-39:2011 Засоби підмошування. Загальні технічні умови. Київ : Мінрегіон України, 2011. 20 с.
70. ДСТУ Б.В. 2.7-61-97. Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови. Київ : Держкоммістобудування України, 1997. 67 с.
71. ГОСТ 379-95. Кирпич и камни силикатные. Технические условия. Москва : Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве (МНТКС), 1995. 12 с.
72. ДСТУ Б.В.2.7-23-95. Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови. Київ : Держкоммістобудування України, 1996. 40 с.
73. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 42 с.
74. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 25 с.
75. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні і залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.
76. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 117 с.
77. ДБН В.2.6-160: 2010. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 99 с.
78. ДБН В.2.6-162: 2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 100 с.
79. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будинків і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування і монтажу. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 132 с.

80. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2016, 30 с.

81. ДСТУ-Н БА 3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. Київ : Мінбуд України, 2007. 25 с.

82. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 10 с.

83. ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 59 с.

84. ДСТУ-Н Б А.3.1-23:2013 (СНиП 3.04.01-87, MOD) Настанова щодо проведення робіт з улаштування ізоляційних, оздоблювальних, захисних покриттів стін, підлог і покрівель будівель і споруд. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 44 с.

85. ДСТУ Б А.3.2-11:2009. Система стандартів безпеки праці. Роботи покрівельні та гідроізоляційні. Вимоги безпеки. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 13 с.

86. Правила охорони праці під час проведення вантажно-розвантажувальних робіт. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 21 від 19.01.2015 р. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 03.02.2015 р. № 124/26569. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0124-15>. [Звернення 26.05.2020 р.].

87. ДСТУ Б В.2.8-10-98 Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент. Стропи вантажні. Класифікація, параметри та розміри. Технічні вимоги. Київ : Держбуд України, 1998. 69 с.

88. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінбуд України, 2006. 75 с.

89. НПАОП 0.00-7.14-17. Вимоги безпеки та захисту здоров'я під час використання виробничого обладнання працівниками. Наказ мінсоцполітики України 28.12.2017 р. № 2072. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 23.01.2018 р. № 97/31549. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0097-18>. [Звернення 22.05.2020 р.].

90. ДСТУ Б В.2.8-44:2011 Площадки і драбини для будівельно-монтажних робіт. Загальні технічні умови (ГОСТ 26887-86, MOD). Київ : Мінрегіон України, 2012. 16 с.

91. ДСТУ Б В.2.8-47:2011 Леса стойкові приставні для будівельно-монтажних робіт. Технічні умови (ГОСТ 27321-87, MOD). Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 10 с.

92. ДСТУ EN 397:2017 Система стандартів безпеки праці. Каски захисні промислові. (EN 397:2012 + A1:2012, IDT). Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 30 с.

93. ДСТУ 4304:2004 Пояс запобіжний монтерський. Загальні технічні

умови.-Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 17 с.

94. ДСТУ БВ 2.8-10-98. Стропи вантажні. Класифікація, параметри та розміри. Технічні вимоги. Київ : Держбуд України, 1998. 77 с.

95. ДСТУ EN 1677-2:2014. Елементи для стропів. Вимоги безпеки. Частина 2. Гаки вантажопідіймальні ковані сталеві із запобіжним замком. Клас 8 (EN 1677-2:2000+A1:2008, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2014.

96. ДСТУ EN 1677-2:2017 (EN 1677-2:2000 + A1:2008, IDT). Елементи для стропів. Вимоги щодо безпечності. Частина 2. Гаки сталеві ковані вантажопідіймальні із замком. Клас 8. Київ : Держспоживстандарт України, 2018.

97. ДСТУ EN 1677, 2014-3:2014. Елементи для стропів. Вимоги безпеки. Частина 3 Сталеві ковані самоблокувальні гаки. Клас 8 (EN 1677-3:2001+A1:2008, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2014.

98. ДСТУ EN 1677-3:2016 (EN 1677-3:2001 + A1:2008, IDT). Елементи для стропів. Вимоги щодо безпечності. Частина 3. Гаки сталеві ковані самозамикальні. Клас 8. Київ : Держспоживстандарт України, 2016.

99. ДСТУ EN 1677-5:2005. Стропові елементи. Вимоги безпеки. Частина 5. Гаки вантажопідіймальні, сталеві ковані з запобіжним замком. Клас 4. Київ : Держбуд України, 2005.

100. ДСТУ Б А.3.2-10:2009. Система стандартів безпеки праці. Роботи антикорозійні. Вимоги безпеки. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 18 с.

101. ДСТУ EN 60079-0 Explosive atmospheres Part 0: Equipment General requirements ГОСТ Р МЭК 60079-0-2007 Взрывоопасные среды, Часть 0 Оборудование Общие требования. Київ : Держбуд України, 2007.

102. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. Наказ Державного комітету України по за нагляду за охороною праці N 257 від 06.10.97. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 13.01.1998 р. за № 11/2451. Редакція від 06.04.2000. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98> [Дата звернення 17.03.2020].

103. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Наказ Міністерства праці і соціальної політики України № 272 від 21.06.2001 р. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01>. [Звернення 20.-05.2020 р.]

104. ДСТУ EN 60529:2018 Ступені захисту, забезпечувані кожухами (Код IP) (EN 60529:1991; A1:2000; A2:2013; AC:1993; AC:2016, IDT; IEC 60529:1989; A1:1999; A2:2013; Cor 2:2015, IDT). Київ : Мігрегіонбуд України, 2018.

105. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Київ : Держстандарт України, 1995. 51 с.

106. ДСТУ БА 2.4-16:2008. СПДБ. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовних приладів і засобів автоматизації в схемах. Київ : Держспоживстандарт України, 2008. 12 с.

107. ДСТУ 2962-94. Організація промислового виробництва. Облік, аналіз та планування господарювання на промисловому підприємстві. Терміни та

визначення. Київ : Держстандарт України, 1994. 56 с.

108. ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 44 с.

109. ДСТУ Б В. 1.1-4-98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Київ : Держбуд України, 1999. 44 с.

110. ДБН В.2.2-13-2003. Будинки і споруди. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди. Київ: Державний комітет України з будівництва і архітектури, 2004. 105 с.

111. ДБН В 2.2-9:2018. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 47 с.

112. ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014. Настанова з проектування залізобетонних балок. Розрахунок на вогнестійкість. Київ 6 Мінрегіон України, 2015. 45 с.

113. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2012). Київ : Мінрегіон України, 2012. 135 с.

114. ДСТУ БВ 2.7 – 176:2008. Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови (EN 206-1:2000, NEQ). Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 109 с.

115. ДСТУ БВ 2.7-43-96. Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови. Київ : Держкоммістобудування України, 1997. 35 с.

116. ДСТУ 3760:2019 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2019. 30 с.

117. Розрахунок залізобетонних конструкцій на вогнестійкість відповідно до Єврокоду 2. Практичний посібник / В. Г. Поклонський та ін. Київ, 2016. 87 с.

118. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT). Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 106 с.

119. Калафат К. В., Білик К. С., Біляєв М. А., Ковалевська Е. А. Розрахунок сталевих конструкцій на вогнестійкість відповідно до Єврокоду 3. Практичний посібник до ДСТУ-Н EN 1993-1-2:2010. Киев, 2016. 83.

120. Самойлюк Е.П., Сафонов В.В. Борьба с шумом и вибрацией в строительстве и строительной индустрии. Монография. Будивельник.1979г. 197с.

121. Самойлюк Е.П., Сафонов В.В. Борьба с шумом и вибрацией в промышленности. Монография. Вища школа. Киев. Основа. 1990 г. 204 с.

122. Сафонов В.В., Діденко Л.М. Довідник стропальника. Довідник. Будивельник, К., 1994.р. 137с.

123. Беліков А.С. Сафонов В.В., Шевяков А.В. Ергономіка в будівництві. Учебный посібник. Промінь. Дніпропетровськ. 2009р. 154с.