НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет цивільного захисту

СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ І ТЕРИТОРІЙ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Курс лекцій

Харків 2018

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет цивільного захисту

СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ І ТЕРИТОРІЙ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Курс лекцій

Харків 2018

Рекомендовано до друку факультетом цивільного захисту НУЦЗ України (протокол від 14.11.2018 № 3)

Укладачі: О.В. Васильченко, П.Ю. Бородич, О.М. Семків, А.В. Ромін, О.М. Данілін, Ю.А. Отрош

Рецензенти: доктор технічних наук, професор **М.І. Адаменко**, завідуючий кафедрою безпеки життєдіяльності Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна;
С.О. Колосовський, начальник Управління Державної інспекції цивільного захисту та техногенної безпеки ГУ МНС України в Харківській області

Системи забезпечення захисту населення і територій у надзвичайних ситуаціях: курс лекцій / Укладачі: О.В. Васильченко, П.Ю. Бородич, О.М. Семків, А.В.Ромін, О.М. Данілін, Ю.А. Отрош. – Х.: НУЦЗУ, 2018. – 346 с.

Курс лекцій містить положення щодо вимог із проектування, розміщення, безпечної експлуатації, обстеження та підсилення будівельних об'єктів на територіях з різними геологічними та геофізичними особливостями в нормальних умовах та у разі впливу небезпечних чинників надзвичайних ситуацій. Розглянуто питання організації колективного та індивідуального захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. У кожній лекції наведено питання до семінарського заняття і список сучасної літератури для самостійного засвоєння матеріалу, підготовки рефератів та обговорень. Курс лекцій призначено для здобувачів вищої освіти Національного університету цивільного захисту України, що навчаються на другому (магістерському) рівні за спеціальністю 263 «Цивільна безпека», спеціалізацією «Цивільний захист». Курс лекцій також може бути корисним для здобувачів вищої освіти, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні за спеціальністю 263 «Цивільна безпека», спеціалізаціями: «Цивільний захист», «Інженерне забезпечення саперних, піротехнічних та вибухових робіт», «Охорона праці», «Телекомунікаційні системи в управлінні».

©НУЦЗУ, 2018

ЗМІСТ

Вступ 8
Лекція 1. Організація захисту населення і територій у надзвичайних ситуаціях 9
1.1 Основні принципи цивільного захисту 10
1.2 Керівництво єдиною системою цивільного захисту 12
1.3 Сили цивільного захисту 13
1.4 Складові системи захисту населення і територій від НС 16
1.5 Система моніторингу надзвичайних ситуацій 18
1.6 Оповіщення населення про загрозу або виникнення НС 19
1.7 Інженерний захист 20
1.8 Радіаційний і хімічний захист 23
1.9 Евакуаційні заходи 25
1.10 Медичний захист 26
1.11 Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях 29
1.12 Організація робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій 30
Питання для семінарського заняття 30
Лекція 2. Основні вимоги до конструкцій будівель і споруд 32
2.1 Загальна класифікація будівель та вимоги до них 32
Питання до семінарського заняття: 40
2.2 Основи планування міських та сільських поселень 41
Питання для семінарського заняття 46
2.3 Цивільні будівлі 46
Питання для семінарського заняття 52
2.4 Промислові будівлі 53
2.5 Фактори, що враховуються при проектуванні промислових будівель 56
Питання для семінарського заняття 58
Лекція 3. Забезпечення жорсткості та стійкості конструкцій будівель і споруд 60
3.1 Класифікація навантажень 61
3.2 Вплив згинальних навантажень на залізобетонні конструкції 63
3.3 Вплив стискальних навантажень на залізобетонні конструкції 66
3.4 Забезпечення міцності балкових конструкцій 71
Питання для семінарського заняття 75
3.5 Забезпечення жорсткості та стійкості промислових будівель. В'язи каркаса 76
Питання для семінарського заняття 84
Лекція 4. Забезпечення безпеки висотних будівель 86
4.1 Будівлі висотою 26,5–73,5 м 86
4.1.1 Будівлі стінової системи 86

4.1.2 Будівлі каркасної системи ... 88
4.2 Будівлі висотою 73,5–100 м (25–35 поверхів) та хмарочоси ... 89
4.2.1 Будівлі стовбурної системи ... 90
4.2.2 Будівлі оболонкової системи ... 91
4.3 Особливості влаштування перших поверхів висотних будівель ... 93
4.4 Організація безпечної експлуатації висотних будівель ... 94
4.4.1 Експлуатація будівель висотою 26,5–73,5 м ... 94
4.4.2 Експлуатація будівель висотою 73,5–100 м ... 95
4.5 Засоби рятування людей з висотних будівель ... 99
Питання для семінарського заняття ... 101
Лекція 5. Забезпечення безпеки інженерних споруд та комунікацій ... 103
5.1 Класифікація інженерних споруд ... 103
5.2 Конструктивні рішення інженерних споруд ... 104
5.2.1 Підпірні стінки ... 104
5.2.2 Силоси та силосні корпуси ... 106
5.2.3 Резервуари для нафти, нафтопродуктів та рідин ... 108
5.2.4 Газгольдери ... 110
5.2.5 Етажерки та площадки ... 113
5.2.6 Галереї та естакади ... 114
Питання для семінарського заняття ... 115
5.3 Транспортна система ... 115
5.3.1 Залізничний транспорт ... 122
5.3.2 Трубопровідний транспорт ... 124
Питання для семінарського заняття ... 129
Лекція 6. Забезпечення пожежної безпеки будівельних об'єктів ... 130
6.1 Пожежна безпека об'єкта ... 130
6.2 Показники пожежної небезпеки будівельних матеріалів ... 132
6.3 Вогнестійкість будівельних конструкцій ... 134
6.4 Вогнестійкість будівель ... 136
6.5 Особливості поведінки залізобетонних конструкцій при пожежі ... 139
6.6 Вогнестійкість статично визначених згинальних елементів ... 140
6.7 Вогнестійкість статично невизначених згинальних елементів ... 141
6.8 Вогнестійкість ферм ... 142
6.9 Основи вогнезахисту будівельних матеріалів та конструкцій ... 142
Питання для семінарського заняття ... 147
Лекція 7. Вплив вибуху на конструкції будівель ... 149
7.1 Загальні відомості про вибух ... 149
7.2 Вплив вибуху на будівельні конструкції ... 153
7.3 Зовнішні вибухи ... 157
7.4 Внутрішні вибухи ... 160
Питання для семінарського заняття ... 164

Лекція 8. Забезпечення безпеки будівельних об'єктів у сейсмічних районах 165
8.1 Загальні поняття про землетруси 165
8.2 Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах 169
8.3 Системи сейсмозахисту будівель і споруд 172
8.3.1 Традиційні методи забезпечення сейсмостійкості 172
8.3.2 Спеціальні засоби сейсмозахисту 174
Питання для семінарського заняття 180
Лекція 9. Забезпечення безпеки будівельних об'єктів на просідаючих ґрунтах та підроблюваних територіях, на підтоплюваних територіях та при загрозі винкнення зсувів 182
9.1 Забезпечення безпеки будівельних об'єктів на просідаючих ґрунтах 182
9.2 Забезпечення безпеки будівель та споруд на підроблюваних територіях 183
9.3 Забезпечення безпеки об'єктів на підтоплюваних територіях 187
9.4 Засоби інженерного захисту від затоплення та підтоплення 191
9.4.1 Штучне підвищення поверхні території 195
9.4.2 Регулювання і відведення поверхневих вод з територій 196
9.4.3 Обвалування територій 199
9.5 Забезпечення будівництва на підтоплюваних територіях 202
Питання для семінарського заняття 203
9.6 Забезпечення безпеки об'єктів при загрозі виникнення зсувів 203
Питання для семінарського заняття 210
Лекція 10. Вплив корозії та радіації на будівельні конструкції 211
10.1 Вплив корозії на будівельні конструкції 211
10.1.1 Класифікація корозійних процесів 211
10.1.2 Корозія кам'яних, бетонних і залізобетонних конструкцій 215
10.1.3 Методи захисту від корозії будівельних конструкцій з бетону і залізобетону 220
10.1.4 Корозія та захист металевих елементів і конструкцій 224
10.2 Вплив радіації на конструкції будівель 229
10.2.1 Радіаційна стійкість матеріалів 229
10.2.2 Джерела випромінювань 230
10.2.3 Взаємодія випромінювань з речовиною 231
10.2.4 Вплив радіації на неорганічні матеріали 231
10.2.5 Вплив радіації на органічні матеріали 235
Питання для семінарського заняття 239
Лекція 11. Способи обстеження будівельних конструкцій. діагностика будівельних конструкцій 242
11.1 Організація, завдання, способи обстеження конструкцій будівель 242
11.1.1 Організація обстежень будівель 242

11.1.2 Попереднє чи загальне обстеження 244
11.1.3 Детальне обстеження 245
11.1.4 Суцільне обстеження 246
11.2 Завдання технічної діагностики 247
11.2.1 Способи діагностики ушкоджень будівель і споруд 248
11.2.2 Контроль параметрів експлуатаційних якостей будівель 248
11.2.3 Контроль деформацій будівель та їх конструкцій 250
11.3 Діагностика бетонних і залізобетонних конструкцій 253
11.3.1 Дослідження корозії бетону та сталевої арматури 254
11.3.2 Методи і засоби спостереження за тріщинами 256
11.3.3 Методи і засоби контролю стану бетонних і залізобетонних конструкцій 258
11.3.4 Механічні методи неруйнуючого контролю бетону 260
11.3.5 Фізичні методи та засоби контролю залізобетону 261
Питання для семінарського заняття 263
Лекція 12. Ремонт і посилення конструктивних елементів будівель та споруд 265
12.1 Види ремонту та посилення будівельних об'єктів 265
12.2 Технічна експлуатація та посилення основ 268
12.3 Технічна експлуатація, ремонт і посилення фундаментів 269
12.4 Технічна експлуатація і посилення стін та елементів фасаду будівель 271
12.5 Технічна експлуатація дахів та покрівель 277
12.6 Посилення та відновлення колон 278
12.7 Посилення та відновлення балок і ферм 281
12.8 Підсилення плит перекриттів 285
Питання для семінарського заняття 286
Лекція 13. Характеристика, конструктивні та об'ємно-планувальні рішення споруд колективного захисту. Особливості експлуатації споруд колективного захисту 288
13.1 Захисні споруди цивільної оборони: їх класифікація і основні складові елементи 288
13.2 Сховища цивільної оборони. Вимоги та класифікація 289
13.3 Будова і устаткування сховищ 292
13.3.1 Об'ємно-планувальні рішення захисних споруд 292
13.3.2 Основні елементи сховищ 293
13.3.3 Правила використання сховищ. 298
13.4 Швидкозбудовані сховища 301
13.5 Протирадіаційні укриття 302
13.6 Найпростіші укриття 305
Питання для семінарського заняття 307
Лекція 14 Фізіологічні основи створення комплексу засобів індивідуального захисту 308

14.1 Визначення вимог до коефіцієнта захисту органів дихання від навколишнього середовища 308
14.2 Залежність ТТХ ЗІЗОД від кількісних показників дихання 310
14.2.1 Резервуарний дихальний апарат 310
14.2.2 Регенеративний дихальний апарат 315
14.2.3 РДА із хімічно пов`язаним киснем 320
Питання для семінарського заняття 321
Лекція 15. Особливості використання комплексу засобів індивідуального захисту в умовах, які є гіршими, від найгірших умов пожежі 323
15.1 Токсичні продукти горіння та їхній вплив на організм людини 323
15.2 Особливості забезпечення робіт по ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами НХР 328
15.3 Основні хімічні продукти, їх небезпека та засоби захисту від їх впливу 329
15.3.1 Аміак 329
15.3.2 Хлор 331
15.3.3 Азотна кислота та її суміші 333
15.3.4 Олеум (кислота сірчана, яка димить) 335
15.3.5 Сірчана кислота 337
15.3.6 Соляна кислота (хлорводнева, хлористоводнева) 339
15.3.7 Фосфорна кислота (розчин) 341
Питання для семінарського заняття 343
Лекція 16. Забезпечення герметичності засобів індивідуального захисту органів дихання ізолюючого типу 345
16.1 Основні технічні вимоги до захисної ефективності ЗІЗОД 345
16.2 Методика оцінки ступеня герметичності апарата 346
16.3 Лицеві частини ЗІЗОД 348
Питання для семінарського заняття 350

ВСТУП

Курс лекцій з дисципліни «Системи забезпечення захисту населення і територій у надзвичайних ситуаціях» має за мету сформувати у здобувачів вищої освіти, що навчаються за напрямом «Цивільний захист», поняття про функціонування складних будівельних об'єктів у нормальних умовах та способи забезпечення їх безпеки при надзвичайних ситуаціях, а також про методи індивідуального захисту людей.

Курс лекцій містить положення щодо вимог із порядку проектування будівель і споруд, їх розміщення на території.

У курсі лекцій розглянуто вплив таких небезпечних чинників як пожежа, вибух, корозія, радіаційне випромінювання на будівельні об'єкти та їх конструкції.

Показано способи запобігання пошкодженню будівель і споруд за умов їх розміщення у сейсмічних зонах, на просідаючих ґрунтах, підроблюваних та підтоплюваних територіях.

Надано відомості про способи обстеження будівель і споруд після дії надзвичайних ситуацій, методи і засоби технічної діагностики будівельних конструкцій.

Обговорено методи посилення і відновлення конструктивних елементів.

Розглянуто питання організації заходів щодо захисту населення і територій у надзвичайних ситуаціях.

Надано відомості про побудову та експлуатацію споруд колективного захисту.

Розглянуто особливості використання різних засобів індивідуального захисту під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

У кожній лекції наведено питання до семінарського заняття і список сучасної літератури для самостійного засвоєння матеріалу, підготовки рефератів та обговорень.

ЛЕКЦІЯ 1
ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ І ТЕРИТОРІЙ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

План:

1.1 Основні принципи цивільного захисту
1.2 Керівництво єдиною системою цивільного захисту
1.3 Сили цивільного захисту
1.4 Складові системи захисту населення і територій від НС
1.5 Система моніторингу надзвичайних ситуацій
1.6 Оповіщення населення про загрозу або виникнення НС
1.7 Інженерний захист
1.8 Радіаційний і хімічний захист
1.9 Евакуаційні заходи
1.10 Медичний захист
1.11 Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях
1.12 Організація робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

Цивільний захист – це функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період.

Цивільний захист стосується питань, що пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту, та визначає у зв'язку з цим повноваження органів державної влади, права та обов'язки громадян, установ та організацій незалежно від форми власності.

Усі відносини, пов'язані з цими питаннями, регулює **Кодекс цивільного захисту України** (2013 р.).

Види надзвичайних ситуацій визначаються залежно від характеру походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій:

1) техногенного характеру;
2) природного характеру;
3) соціальні;
4) воєнні.

Рівні надзвичайних ситуацій визначаються залежно від обсягів заподіяних надзвичайною ситуацією наслідків, обсягів технічних і матеріальних ресурсів, необхідних для їх ліквідації:

1) державний;
2) регіональний;

3) місцевий;
4) об'єктовий.

1.1 Основні принципи цивільного захисту

Цивільний захист здійснюється з метою:

1. Реалізації державної політики, спрямованої на забезпечення безпеки та захисту населення територій, матеріальних та культурних цінностей, довкілля від негативних наслідків надзвичайних ситуацій у мирний час та в особливий період.

2. Подолання наслідків надзвичайних ситуацій, у тому числі наслідків надзвичайних ситуацій на територіях іноземних держав відповідно до міжнародних договорів України, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України.

Цивільний захист здійснюється за основними принципами:

1) гарантування та забезпечення державою конституційних прав громадян на *захист життя, здоров'я та власності*;

2) *комплексного підходу* до вирішення завдань цивільного захисту;

3) *пріоритетності* завдань, спрямованих на *рятування життя* та збереження здоров'я громадян;

4) максимально можливого, економічно обґрунтованого *зменшення ризику* виникнення надзвичайних ситуацій. Принцип *раціональної безпеки* – досягнення обґрунтовано прийнятного рівня ризику, при якому кошти для забезпечення безпеки залежать від потенційної небезпеки техногенних об'єктів і є пропорційними величині можливого збитку;

5) *централізації управління*, єдиноначальності, підпорядкованості, статутної дисципліни Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, аварійно-рятувальних служб;

6) *гласності*, прозорості, вільного отримання та поширення публічної інформації про стан цивільного захисту, крім обмежень, встановлених законом;

7) *добровільності* – у разі залучення громадян до здійснення заходів цивільного захисту, пов'язаних з ризиком для їхнього життя і здоров'я;

8) *відповідальності посадових осіб* органів державної влади та органів місцевого самоврядування за дотримання вимог законодавства з питань цивільного захисту;

9) *виправданого ризику* та відповідальності керівників сил цивільного захисту за забезпечення безпеки під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Забезпечення реалізації державної політики у сфері цивільного захисту здійснюється ***єдиною державною системою цивільного захисту***, яка складається з *функціональних* і *територіальних підсистем* та їх ланок.

Єдина державна система цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру – це сукупність органів управління, сил та засобів центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, на які покладається реалізація державної політики у сфері цивільного захисту.

Основними завданнями єдиної державної системи цивільного захисту є:

1) захист населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

2) забезпечення готовності міністерств та інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

3) виконання державних цільових програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;

4) забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;

5) пом'якшення можливих наслідків надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;

6) прогнозування і оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;

7) створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

8) проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;

9) опрацювання інформації про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;

10) навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації;

11) оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи;

12) здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення;

13) реалізація прав, визначених законом у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, в тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій.

14) інші завдання, визначені законом.

1.2 Керівництво єдиною системою цивільного захисту

Координацію діяльності органів виконавчої влади у сфері цивільного захисту в межах своїх повноважень здійснюють:

1) Рада національної безпеки і оборони України;

2) Кабінет Міністрів України.

Для координації діяльності центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій *утворюються комісії* з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій відповідного рівня:

– Державна – КМНУ;
– регіональні – обласними ДА;
– місцеві – районними ДА, виконавчими органами міських рад.

Загальне керівництво єдиною системою цивільного захисту здійснює ***Кабінет Міністрів України***.

Начальником цивільного захисту України є ***Прем'єр-міністр України***.

Безпосереднє керівництво діяльністю єдиної системи цивільного захисту покладається на спеціально уповноважений ***центральний орган виконавчої влади з питань цивільного захисту***. Керівник цього органу є заступником начальника цивільного захисту України.

До системи *центрального органу виконавчої влади*, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, входять сили цивільного захисту, навчальні заклади та наукові установи, заклади охорони здоров'я (медичні підрозділи), які входять до сфери його управління.

Згідно з чинним законодавством України рішення про запровадження надзвичайного стану ухвалює ***Президент України*** за поданням Ради національної безпеки і оборони України або Кабінету Міністрів України.

Єдина державна система цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру складається з *функціональних* і *територіальних підсистем* та їх ланок.

Функціональні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту (далі – функціональні підсистеми) створюються центральними органами виконавчої влади у відповідній сфері суспільного життя. Керівництво функціональною підсистемою покладається на керівника органу, суб'єкта господарювання, що створив таку підсистему. До складу функціональних підсистем входять органи управління та підпорядковані їм сили цивільного захисту, відповідні суб'єкти господарювання.

Територіальні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту діють в областях та місті Києві. Ланки територіальних підсистем створюються державними адміністраціями та органами місцевого самоврядування. Безпосереднє керівництво територіальною підсистемою, її ланкою покладається на посадову особу, яка очолює орган, що створив таку підсистему, ланку.

1.3 Сили цивільного захисту

До сил цивільного захисту належать:

1) Оперативно-рятувальна служба цивільного захисту;
2) аварійно-рятувальні служби;
3) формування цивільного захисту;
4) спеціалізовані служби цивільного захисту;
5) пожежно-рятувальні підрозділи (частини);
6) добровільні формування цивільного захисту.

Основними завданнями сил цивільного захисту є:

1) проведення робіт та *заходи щодо запобігання НС*, захисту населення і територій від них;
2) *проведення аварійно-рятувальних* та інших невідкладних робіт;
3) *гасіння пожеж*;
4) *ліквідація наслідків* НС в екстремальних умовах;
5) *проведення піротехнічних робіт*;
6) *проведення вибухових робіт* для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків;
7) проведення робіт щодо *життєзабезпечення постраждалих*;
8) *надання екстреної медичної допомоги* постраждалим у районі НС;
9) *надання гуманітарної допомоги* постраждалим у районі НС;
10) *надання допомоги іноземним державам* щодо проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, ліквідації наслідків НС;
11) проведення аварійно-рятувального обслуговування суб'єктів господарювання та окремих територій, на яких існує небезпека виникнення НС.

Оперативно-рятувальна служба цивільного захисту функціонує в системі центрального органу виконавчої влади і складається з:

– органів управління;
– аварійно-рятувальних формувань центрального підпорядкування;
– аварійно-рятувальних формувань спеціального призначення;
– спеціальних авіаційних, морських та інших формувань;
– державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин);
– навчальних центрів;
– формувань та підрозділів забезпечення.

Аварійно-рятувальні служби поділяються на:

1) державні, регіональні, комунальні, об'єктові та громадських організацій;
2) спеціалізовані та неспеціалізовані;
3) професійні та непрофесійні.

Формування цивільного захисту створюються для проведення великих обсягів робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, воєнних (бойових) дій чи терористичних актів, а також для проведення відновлювальних робіт, які потребують залучення великої кількості населення і техніки.

Формування цивільного захисту поділяються на *об'єктові й територіальні*.

Спеціалізовані служби цивільного захисту (енергетики, захисту сільськогосподарських тварин і рослин, інженерні, комунально-технічні, матеріального забезпечення, медичні, зв'язку і оповіщення, протипожежні, торгівлі та харчування, технічні, транспортного забезпечення, охорони громадського порядку) створюються для проведення спеціальних робіт і заходів з цивільного захисту та їх забезпечення (*об'єктові, галузеві, територіальні*).

Для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій відповідно до закону можуть залучатися Збройні Сили України, інші військові формування та правоохоронні органи спеціального призначення.

До регіональних і місцевих сил цивільного захисту належать:

1. Аварійно-рятувальні формування і підрозділи;
2. Спеціалізовані аварійно-рятувальні служби;
3. Сили та засоби місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування;
4. Сили та засоби територіальних підсистем єдиної системи цивільного захисту;

5. Сили та засоби підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності і підпорядкування, які залучаються у відповідному порядку до здійснення заходів цивільного захисту;

6. Добровільні рятувальні формування.

РЕЖИМИ ДІЯЛЬНОСТІ ЄДИНОЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ

Єдина державна система ЦЗ залежно від масштабів і особливостей надзвичайної ситуації, що прогнозується або виникла, функціонує у режимах:

1) повсякденного функціонування;
2) підвищеної готовності;
3) надзвичайної ситуації;
4) надзвичайного стану.

1. Режим повсякденного функціонування:

Єдина система цивільного захисту функціонує за наявності нормальної виробничо-промислової, радіаційної, хімічної, біологічної, сейсмічної, гідрогеологічної, гідрометеорологічної, медичної обстановки.

Органи управління, сили і засоби єдиної системи захисту:

– забезпечують спостереження і контроль за обстановкою на ПНО і прилеглих до них територіях, чергування оперативного персоналу;
– розробляють і виконують цільові та науково-технічні програми запобігання НС і зменшення можливих втрат;
– забезпечують підготовку органів управління до дій у НС, організовують навчання населення;
– створюють і поновлюють резерви фінансових і матеріальних ресурсів для ліквідації наслідків НС;
– здійснюють постійне прогнозування обстановки щодо виникнення НС.

2. Режим підвищеної готовності

Встановлюється рішенням відповідних органів влади при *загрозі виникнення НС*, у разі погіршення виробничо-промислової, радіаційної, хімічної, біологічної, сейсмічної, гідрогеологічної, гідрометеорологічної обстановки.

Органи управління єдиної системи цивільного захисту:

– надають оперативну допомогу структурам цивільного захисту в разі виникнення несприятливих побутових або нестандартних ситуацій;
– формують комісії для виявлення причин погіршення обстановки безпосередньо в районі можливого виникнення НС, готують пропозиції щодо її нормалізації;

– посилюють спостереження і контроль за ситуацією на ПНО і прилеглих до них територіях, здійснюють прогнозування можливості виникнення надзвичайних ситуацій та їх масштабів;
– розробляють заходи щодо захисту населення і територій в умовах надзвичайної ситуації;
– приводять у стан підвищеної готовності наявні сили і засоби реагування, залучають додаткові сили і засоби, уточнюють плани їх дій та направляють їх у разі потреби в район загрози виникнення надзвичайної ситуації;
– здійснюють заходи із запобігання виникненню надзвичайної ситуації.

3. Режим надзвичайної ситуації

Режим НС встановлюється рішенням відповідних органів влади *у разі виникнення НС* та *під час ліквідації наслідків НС*.

Органи управління єдиної системи цивільного захисту:
– визначають межі території, на якій виникла надзвичайна ситуація;
– організовують захист населення і територій в умовах надзвичайної ситуації;
– організовують роботи з локалізації або ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, залучають необхідні сили і засоби;
– здійснюють безперервний контроль за розвитком надзвичайної ситуації, становищем на аварійних об'єктах і прилеглих до них територіях;
– оперативно доповідають вищим органам управління про розвиток надзвичайної ситуації, заходи, які виконуються, та оповіщають населення.

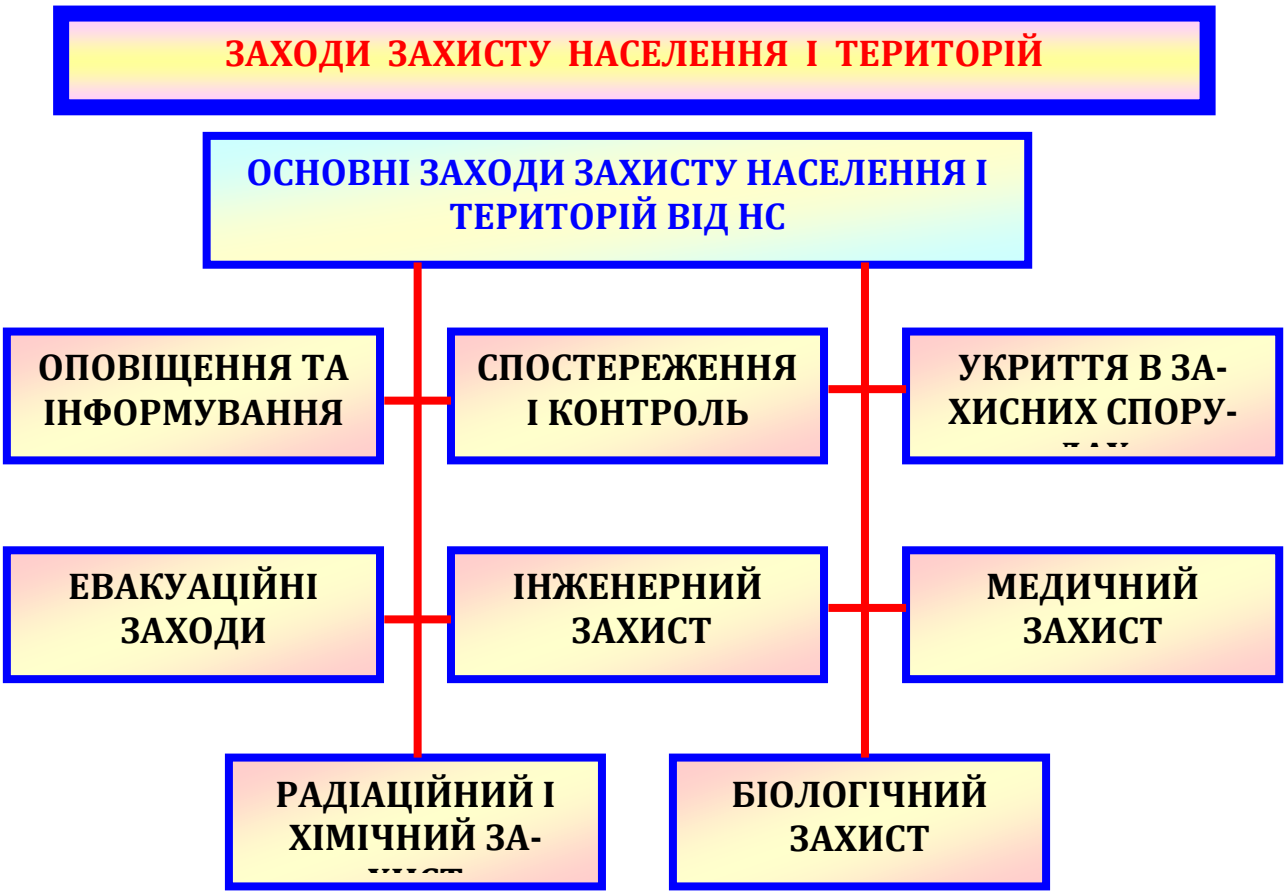
4. Режим надзвичайного стану

Тимчасово встановлюється у межах території, на якій введено правовий режим надзвичайного стану відповідно до Закону України «Про правовий режим надзвичайного стану».

1.4 Складові системи захисту населення і територій від НС

До складових систем захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій належать:
– мережа спостереження за станом навколишнього природного середовища і функціонуванням об'єктів підвищеної небезпеки, надійністю будівель, інженерних споруд і комунікацій;
– інформаційно-аналітична система підтримки прийняття рішень в умовах виникнення надзвичайних ситуацій і під час ліквідації

їх наслідків;
– засоби оповіщення та реагування на надзвичайні ситуації природного і техногенного характеру;
– захисні споруди цивільного захисту;
– евакуаційні заходи;
– інженерний захист територій та об’єктів;
– радіаційний, хімічний та біологічний захист;
– медичний захист;
– засоби індивідуального захисту населення;
– навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях;
– заходи з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.



<u>Основні завдання захисту населення і територій від НС:</u>

1) створення і підтримка в постійній готовності систем спостереження та контролю (організація збору та аналіз інформації про стан навколишнього середовища, забруднення харчових продуктів, фуражу, води та ін);

2) завчасне інформування та оповіщення населення про загрозу або виникнення НС (створення та підтримка в постійній готовності систем локального та загальнодержавного оповіщення);

3) заходи з інженерного захисту, що полягають у розробці генеральних планів та раціональному розміщенні об'єктів підвищеної небезпеки, забезпеченні техногенної та пожежної безпеки, організації та будівництві протипаводкових, протизсувних, протилавинних та інших інженерних споруд спеціального призначення);

4) забезпечення державної стандартизації та експертизи у сфері цивільного захисту, сертифікації засобів цивільного захисту, атестації аварійно-рятувальних служб та рятувальників;

5) створення фонду захисних споруд цивільного захисту та підтримання їх у готовності до використання за призначенням;

6) забезпечення евакуації (загальної або часткової) у разі виникнення НС;

7) запобігання чи зменшення ступеня ураження людей, своєчасне надання медичної допомоги постраждалим від НС;

8) створення запасу матеріально-технічних ресурсів для виконання першочергових робіт під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

1.5 Система моніторингу надзвичайних ситуацій

Моніторинг надзвичайних ситуацій – це система безперервних спостережень, лабораторного та іншого контролю для оцінки стану захисту населення і територій та небезпечних процесів, які можуть призвести до загрози або виникнення надзвичайних ситуацій, а також своєчасне виявлення тенденцій до їх зміни.

Своєчасне виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та негайне реагування на неї дає можливість вжити заходів, за яких надзвичайну ситуацію вдається або повністю відвернути, або значно мінімізувати її негативні наслідки.

Контроль за станом навколишнього природного середовища здійснюється згідно з постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» від 30 березня 1998 р. № 391.

Державна система моніторингу довкілля – це система спостережень, збирання, обробки, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки.

Відповідно до Положення моніторинг здійснюють:

– Міністерство екології та природних ресурсів;
– Міністерство охорони здоров 'я;
– Міністерство агропромислової політики;

– Міністерство праці та соціальної політики;
– *Державна служба з надзвичайних ситуацій*;
– Держкомлісгосп;
– Держкомгідромет;
– Держводгосп;
– Держкомгеології.

1.6 Оповіщення населення про загрозу або виникнення НС

Оповіщення – доведення сигналів і повідомлень органів управління цивільного захисту про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, аварій, катастроф, епідемій, пожеж тощо до центральних і місцевих органів виконавчої влади, сил цивільного захисту, суб'єктів господарювання та населення.

Система оповіщення – комплекс організаційно-технічних заходів, апаратури і технічних засобів оповіщення, апаратури, засобів та каналів зв'язку, призначених для своєчасного доведення сигналів та інформації про виникнення надзвичайних ситуацій до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій та населення.

Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій забезпечується шляхом:

1) функціонування загальнодержавної, територіальних, місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення, спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення;

2) централізованого використання телекомунікаційних мереж, а також мереж загальнонаціонального, регіонального та місцевого радіомовлення і телебачення та інших технічних засобів передавання інформації;

3) автоматизації процесу передачі сигналів і повідомлень про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій;

4) функціонування на об'єктах підвищеної небезпеки автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення;

5) організаційно-технічної інтеграції різних систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій та автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення;

6) функціонування в населених пунктах сигнально-гучномовних пристроїв та електронних інформаційних табло (покладається на органи місцевого самоврядування).

Зв'язок є основним засобом забезпечення безперервного управління підготовкою та проведенням рятувальних та інших, невідкладних робіт під час ліквідації наслідків НС.

Одним із основних завдань зв'язку *цивільної оборони (ЦО)* є оповіщення керівного складу центральних і місцевих органів виконавчої влади, установ і населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій.

Оповіщення і зв'язок у надзвичайних ситуаціях забезпечується за допомогою *єдиної національної системи зв'язку* (*ЄНСЗ*).

Оповіщення населення покладається на оперативних чергових відповідних територіальних органів НС і здійснюється за допомогою електросирен, мережі радіомовлення та телебачення.

Відповідальність за організацію зв'язку та оповіщення на об'єкті господарської діяльності покладено на начальника штабу ЦО об'єкта.

Інформування у сфері цивільного захисту

Інформацію з питань цивільного захисту становлять відомості про надзвичайні ситуації, що прогнозуються або виникли, з визначенням їх класифікації, меж поширення і наслідків, а також про способи та методи захисту від них.

Органи управління цивільного захисту зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації оперативну та достовірну інформацію.

1.7 Інженерний захист

Інженерний захист територій – комплекс організаційних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, забезпечення захисту територій, населених пунктів та суб'єктів господарювання від їх наслідків та небезпеки, що може виникнути під час воєнних (бойових) дій або внаслідок таких дій, а також створення умов для забезпечення сталого функціонування суб'єктів господарювання і територій в особливий період.

Центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, веде *Державний реєстр небезпечних територій*.

Інженерний захист територій включає:

1) проведення районування територій за наявністю потенційно небезпечних об'єктів, небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів, а також ризику виникнення надзвичайних ситуацій;

2) урахування можливих проявів небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів та негативних наслідків аварій під час розроблення генеральних планів населених пунктів і ведення містобудування;

3) віднесення міст до відповідних груп цивільного захисту та віднесення суб'єктів господарювання до відповідних категорій цивільного захисту;

4) розроблення та включення вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту до відповідних видів містобудівної та проектної документації;

5) розміщення об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням наслідків аварій, що можуть статися на таких об'єктах;

6) розроблення і здійснення заходів щодо безаварійного функціонування об'єктів підвищеної небезпеки;

7) будівництво споруд, будівель, інженерних мереж і транспортних комунікацій із заданими рівнями безпеки та надійності;

8) будівництво протизсувних, протиповеневих, протиселевих, протилавинних, протиерозійних та інших інженерних споруд спеціального призначення, їх утримання у функціональному стані;

9) обстеження будівель, споруд, інженерних мереж і транспортних комунікацій, розроблення та здійснення заходів щодо їх безпечної експлуатації;

Інженерний захист об'єктів господарської діяльності

Основне завдання інженерного захисту *об'єкта господарської діяльності (ОГД)* – забезпечити його стійкість при НС, тобто спроможність в умовах надзвичайної ситуації виконувати свої функції, випускати продукцію в запланованому обсязі та номенклатурі, а при отриманні руйнувань – відновлювати виробництво у мінімальні терміни.

На стійкість роботи ОГД в умовах НС впливають наступні фактори:

– надійність захисту робітників та службовців;

– спроможність інженерно-технічного комплексу об'єкта протистояти у визначеному ступеню уражаючих факторів стихійного лиха, аварій, катастроф та сучасних видів зброї;

– захищеність об'єкта від вторинних уражаючих факторів: пожеж, вибухів, зараження *отруйними речовинами (ОР)* та *сильно діючими отруйними речовинами (СДОР)*;

– надійність системи забезпечення об'єкта всім необхідним для виробництва (сировиною, паливом, комплектуючими вузлами і деталями, електроенергією, водою, газом та ін.);

– стійкість та безперервність управління виробництвом та ЦО;

– підготовленість об'єкта до ведення *ремонтно-інженерних та невідкладних робіт (РІНР)* та робіт щодо порушеного виробництва.

Шляхи підвищення стійкості роботи ОГД в умовах НС:

– забезпечення надійного захисту робітників та службовців від уражаючих факторів сучасної зброї, аварії, катастрофи і стихійного лиха;

– захист основних виробничих факторів від уражаючих факторів, в тому числі і від вторинних, які виникають в умовах НС;

– створення надійних систем електро-, водо- та теплозабезпечення об'єктів;

– підвищення протипожежної стійкості;

– стійке забезпечення всім необхідним для випуску запланованої продукції;

– підготовленість до відновлення порушеного виробництва;

– підвищення надійності та оперативності управління виробництвом та ЦО.

Підвищення стійкості роботи ОГД досягається завчасним проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних та організаційних заходів, які спрямовані на максимальне зниження дії вражаючих факторів і створення умов для ліквідації наслідків НС.

Інженерно-технічні заходи – це комплекс робіт, що забезпечують підвищення стійкості виробничих будівель і споруд, обладнання, комунально-енергетичних систем.

Технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості роботи об'єкта шляхом зміни технологічного процесу, що сприяє спрощенню виробництва продукції та усуває можливість виникнення вторинних вражаючих факторів.

Організаційні заходи передбачають розробку і планування дій керівного командно-начальницького складу штабу, служб і формування ЦО у процесі захисту робітників і службовців, проведення ІНР, відновлення виробництва.

Техногенна безпека

Джерелами небезпеки виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру є:

1) потенційно небезпечні об'єкти та об'єкти підвищеної небезпеки;

2) будівлі та споруди з порушенням умов експлуатації;

3) суб'єкти господарювання із критичним станом виробничих фондів та порушенням умов експлуатації;

4) ядерні установки з порушенням умов експлуатації;

5) наслідки терористичної діяльності;

6) гідротехнічні споруди;

7) неконтрольоване ввезення, зберігання і використання на території України техногенно небезпечних технологій, речовин, матеріалів;

8) надмірне та неврегульоване накопичення побутових і промислових відходів, непридатних для використання засобів захисту рослин;

9) наслідки військової та іншої екологічно небезпечної діяльності;

10) суб'єкти господарювання, на об'єктах яких здійснюються виробництво, зберігання та утилізація вибухонебезпечних предметів;

11) об'єкти життєзабезпечення населення з порушенням умов експлуатації;

Забезпечення техногенної безпеки суб'єкта господарювання покладається на його керівника або власника.

Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки суб'єкта господарювання покладається на власників та керівників таких суб'єктів господарювання.

Пожежна охорона створюється з метою захисту життя і здоров'я громадян, приватної, колективної та державної власності від пожеж, підтримання належного рівня пожежної безпеки на підприємствах, установах, організаціях і в населених пунктах.

Основними завданнями пожежної охорони є:

1) забезпечення пожежної безпеки;

2) запобігання виникненню пожеж та нещасним випадкам під час пожеж;

3) гасіння пожеж, рятування населення, а також надання допомоги у ліквідації наслідків інших надзвичайних ситуацій.

Пожежна охорона поділяється на *державну*, *відомчу*, *місцеву* та *добровільну*.

1.8 Радіаційний і хімічний захист

Радіаційний і хімічний захист населення і територій включає:

1) виявлення та оцінку радіаційної та хімічної обстановки;

2) організацію та здійснення дозиметричного і хімічного контролю;

3) розроблення та впровадження типових режимів радіаційного захисту;

4) використання засобів колективного захисту;

5) використання засобів індивідуального захисту, приладів радіаційної та хімічної розвідки і контролю;

6) проведення йодної профілактики рятувальників, персоналу та населення, яке проживає в зонах можливого забруднення;

7) надання населенню можливості придбання в особисте користування засобів індивідуального захисту, приладів дозиметричного та хімічного контролю;

8) проведення санітарної обробки населення та спеціальної обробки одягу, майна і транспорту.

Рішення на введення режимів радіаційного захисту приймають:

– для населення – начальник ЦО міста, району, сільської Ради, де населення проживає;

– для робітників та службовців – начальник ЦО об'єкта.

Під *режимом радіаційного захисту* розуміють порядок дії людей, використання способів та засобів захисту в зонах радіаційного зараження, який передбачає максимальне зменшення можливих доз опромінення.

Він передбачає послідовність та тривалість використання захисних споруд, захисних властивостей промислових та житлових приміщень, обмеження перебування людей на відкритій місцевості.

Тривалість дотримування режиму захисту залежить від ряду факторів:

- рівня радіації;
- захисних властивостей захисних споруд;
- захисних властивостей промислових та житлових будівель.

Виконання режиму радіаційного захисту передбачає декілька етапів:

а) для населення:

1-й етап – укриття населення в захисних спорудах;

2-й етап – поперемінно укриття в захисних спорудах та будинках;

3-й етап – укриття в будинках з обмеженим перебуванням на вулиці;

б) для робітників та службовців ОГТ:

1-й етап – укриття в захисних спорудах;

2-й етап – робота з використанням для відпочинку захисних споруд;

3-й етап – робота з відпочинком у житлових будинках з обмеженим перебуванням на відкритій місцевості.

Сховища використовуються тільки тоді, коли вони мають установку для регенерації повітря «Режим III». Повітря, що видихається, пропускають через регенераційну установку, відбираючи з нього двоокис вуглецю і додаючи з балонів кисень.

Дозиметричний контроль включає:

– контроль опромінення;
– контроль радіоактивного забруднення.

Контроль опромінення проводиться з метою отримання даних про поглинені дози радіації для первинної діагностики. Для вимірювання

дози опромінення застосовуються дозиметри. Контроль опромінення людей поділяється на дві групи – *груповий та індивідуальний*.

За рівнів радіації, коли захист не може бути забезпечений введенням режиму, проводиться евакуація.

Рішення на евакуацію приймає старший начальник.

Населення евакуюється з небезпечної зони і повертається тільки коли концентрація СДОР у повітрі зменшиться до нормальних границь. Виводити людей завжди треба в напрямку, перпендикулярному до напрямку вітру.

1.9 Евакуаційні заходи

Евакуація – організоване виведення чи вивезення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження населення, якщо виникає загроза його життю або здоров'ю, а також матеріальних і культурних цінностей, якщо виникає загроза їх пошкодження або знищення.

В умовах неповного забезпечення захисними спорудами у містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація.

Евакуації підлягає населення, яке проживає в населених пунктах, що знаходяться у зонах можливого катастрофічного затоплення, небезпечного радіоактивного забруднення, хімічного ураження, в районах прогнозованого виникнення локальних збройних конфліктів у 50-кілометровій прикордонній смузі, в районах виникнення стихійного лиха, великих аварій та катастроф.

У мирний час евакуація населення планується на випадок:

– загальної аварії на атомній електростанції;

– усіх видів аварій з викидом сильнодіючих отруйних речовин;

– загрози катастрофічного затоплення місцевості;

– великих лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів та інших геофізичних і гідрометеорологічних явищ з тяжкими наслідками, що загрожують населеним пунктам.

<u>Принцип евакуації</u> з міст і населених пунктів – *територіальний*, а із сільської місцевості – *виробничо-територіальний*.

Евакуація проводиться на *державному, регіональному, місцевому* або *об'єктовому* рівні.

Рішення про проведення евакуації приймають:

1) на державному рівні – Кабінет Міністрів України;

2) на регіональному рівні – обласні, міські державні адміністрації;

3) на місцевому рівні – районні державні адміністрації, відповідні органи місцевого самоврядування;

4) на об'єктовому рівні – керівники суб'єктів господарювання.

У невідкладних випадках прийняти рішення про проведення екстреної евакуації населення може керівник робіт з ліквідації наслідків або керівник аварійно-рятувальної служби.

Залежно від особливостей надзвичайної ситуації встановлюються такі види евакуації:

1) обов'язкова;

2) загальна або часткова;

3) тимчасова або безповоротна.

Обов'язкова евакуація населення проводиться у разі виникнення загрози:

1) аварій з викидом радіоактивних та небезпечних хімічних речовин;

2) катастрофічного затоплення місцевості;

3) масових лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів, інших геологічних та гідрогеологічних явищ і процесів;

4) збройних конфліктів (з районів можливих бойових дій у безпечні райони, які визначаються Міністерством оборони України на особливий період).

Загальна евакуація проводиться для всіх категорій населення із зон:

1) можливого радіоактивного та хімічного забруднення;

2) катастрофічного затоплення місцевості з чотиригодинним добіганням проривної хвилі при руйнуванні гідротехнічних споруд.

Часткова евакуація проводиться для вивезення категорій населення, які за віком чи станом здоров'я у разі виникнення надзвичайної ситуації не здатні самостійно вжити заходів щодо збереження свого життя або здоров'я. Часткова евакуація здійснюється в мирний час за рішенням Кабінету Міністрів України – у разі загрози або виникнення стихійного лиха, аварії, катастрофи.

Організацією проведення евакуаційних заходів займаються начальники і штаби цивільної оборони міста, міських районів і господарських об'єктів. Безпосередньо здійснюють евакозаходи спеціально організовані підрозділи місцевих органів державної виконавчої влади.

1.10 Медичний захист

Медичний захист забезпечує санітарне та епідемічне благополуччя населення. Він включає:

1) надання медичної допомоги постраждалим внаслідок надзвичайних ситуацій, рятувальникам та іншим особам, проведення їх медико-психологічної реабілітації. Медична допомога населенню забезпечується службою медицини катастроф, керівництво якою здійснює центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері охорони здоров'я;

2) планування і використання сил та засобів закладів охорони здоров'я незалежно від форми власності;

3) своєчасне застосування профілактичних медичних препаратів та своєчасне проведення санітарно-протиепідемічних заходів;

4) контроль за якістю та безпекою харчових продуктів, продовольчої сировини, питної води та джерелами водопостачання;

5) завчасне створення і підготовку спеціальних медичних формувань;

6) накопичення медичного та спеціального майна і техніки;

7) навчання населення способам надання домедичної допомоги та правилам дотримання особистої гігієни;

8) здійснення заходів з метою недопущення негативного впливу на здоров'я населення шкідливих факторів навколишнього природного середовища та наслідків надзвичайних ситуацій, а також умов для виникнення і поширення інфекційних захворювань;

9) проведення моніторингу стану навколишнього природного середовища, санітарно-гігієнічної та епідемічної ситуації;

10) санітарну охорону територій та суб'єктів господарювання в зоні надзвичайної ситуації.

Медична служба ЦО є спеціальною організацією в системі охорони здоров'я і призначена для медичного забезпечення населення, що постраждало внаслідок стихійного лиха, аварій та катастроф. Вона виконує наступні основні завдання:

– своєчасне надання потерпілому населенню усіх видів медичної допомоги та лікування потерпілих з метою їх повного одужання;

– попередження виникнення і поширення серед населення масових інфекційних захворювань;

– забезпечення санітарного благополуччя населення та виключення несприятливих санітарних наслідків виробничих аварій, стихійних лих або використання ворогом сучасних засобів ураження.

Ці завдання органи охорони здоров'я та медичні служби вирішують шляхом проведення комплексу організаційних, лікувально-профілактичних, лікувально-евакуаційних, санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів.

Для вирішення своїх завдань медична служба ЦО має відповідну структуру, яка забезпечує можливість їх виконання. Медична служба Цивільної Оборони організовується за територіально-виробничим принципом.

Начальниками медичної служби є:

– на об'єкті – старший медичний працівник об'єкта;

– у сільському районі – головний лікар центральної районної лікарні;

– у міському районі, місті, області – завідувачі відповідними відділами охорони здоров'я;

– начальником медичної служби Цивільної Оборони держави є Міністр охорони здоров'я.

Начальник медичної служби ЦО несе відповідальність за підготовку всіх медичних формувань.

До медичних формувань відносяться:

а) масові невоєнізовані медичні формування:

– санітарні пости (СП), санітарні дружини (СД);

– загони санітарних дружин (ЗСД);

б) спеціалізовані невоєнізовані медичні формування:

– загони першої медичної допомоги (ЗПМ);

– бригади спеціалізованої медичної допомоги (БСМД);

– пересувні протиепідемічні загони (ППЕЗ).

Біологічний захист населення, тварин і рослин

Біологічний захист населення, тварин і рослин включає встановлення протиепідемічного, протиепізоотичного та протиепіфітотичного режимів та їх дотримання суб'єктами господарювання, закладами охорони здоров'я та населенням.

Завдання біологічного захисту населення, тварин і рослин:

1) своєчасне виявлення чинників та осередку біологічного зараження, його локалізацію і ліквідацію;

2) прогнозування масштабів і наслідків біологічного зараження, розроблення та запровадження своєчасних протиепідемічних, профілактичних, протиепізоотичних, протиепіфітотичних і лікувальних заходів;

3) проведення екстреної неспецифічної та специфічної профілактики біологічного зараження населення;

4) своєчасне застосування засобів індивідуального та колективного захисту;

5) запровадження обмежувальних протиепідемічних заходів, обсервації та карантину;

6) здійснення дезінфекційних заходів в осередку зараження, знезараження суб'єктів господарювання, тварин та санітарної обробки населення;

7) надання екстреної медичної допомоги ураженим біологічними патогенними агентами.

Психологічний захист населення

Заходи психологічного захисту населення спрямовуються на зменшення та нейтралізацію негативних психічних станів і реакцій серед населення у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій і включають:

1) своєчасне застосування ліцензованих та дозволених до застосування в Україні інформаційних, психопрофілактичних і психокорекційних методів впливу на особистість;

2) виявлення за допомогою психологічних методів чинників, які сприяють виникненню соціально-психологічної напруженості;

3) використання сучасних психологічних технологій для нейтралізації негативного впливу чинників надзвичайних ситуацій на населення.

1.11 Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях

Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

1) за місцем роботи – працюючого населення;

2) за місцем навчання – дітей дошкільного віку, учнів та студентів;

3) за місцем проживання – непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

1) працюючого та непрацюючого населення – на центральний орган виконавчої влади, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування;

2) дітей дошкільного віку, учнів та студентів – на центральний орган виконавчої влади у сфері освіти і науки.

Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця.

Особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки. Посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на

три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.

1.12 Організація робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

Для координації дій органів державної влади та органів місцевого самоврядування, органів управління та сил цивільного захисту, а також організованого та планового виконання комплексу заходів та робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій:

1) використовуються пункти управління та центри управління в надзвичайних ситуаціях;

2) утворюються спеціальні комісії з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

3) призначаються керівники робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

4) утворюються штаби з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

5) визначається потреба у силах цивільного захисту;

6) залучаються сили цивільного захисту до ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

До створення спеціальної комісії з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій або призначення керівника робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій організацію заходів з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій здійснюють відповідні комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій.

Загальне керівництво організацією та проведенням заходів і робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, відновлювальних робіт здійснює залежно від рівня та характеру походження надзвичайної ситуації Кабінет Міністрів України, центральні органи виконавчої влади, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання, на адміністративній території або території яких сталася надзвичайна ситуація.

Питання для семінарського заняття

1. Охарактеризуйте поняття «єдина державна система цивільного захисту» населення і територій від надзвичайних ситуацій. Наведіть її основні принципи.
2. Наведіть основні заходи захисту населення і територій від НС.

3. Наведіть основні режими діяльності єдиної системи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій.

4. Наведіть основні принципи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій.

5. Наведіть основні складові системи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій.

6. Охарактеризуйте систему моніторингу надзвичайних ситуацій та систему оповіщення населення про загрозу небезпечних ситуацій.

7. Охарактеризуйте систему інженерного захисту в умовах надзвичайної ситуації.

8. Охарактеризуйте систему радіаційного та хімічного захисту населення і територій.

9. Охарактеризуйте систему евакуаційних заходів при загрозі небезпечних ситуацій.

10. Охарактеризуйте систему медичного захисту в умовах надзвичайної ситуації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України.

2. Депутат О.П. Цивільна оборона: навчальний посібник/ О.П.Депутат, І.В.Коваленко, І.С.Мужик. – Львів: Афіша, 2001. – 336 с.

3. Шоботов В.М. Цивільна оборона: навчальний посібник/ В.М.Шоботов. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.

4. Системы обеспечения защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: курс лекций (електронне видання)/А.В. Васильченко, П.Ю. Бородич. – Х.: НУГЗУ, 2016. – 271 с.

5. ДБН В.1.2-4-2006. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони).

ЛЕКЦІЯ 2
ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

План:

2.1 Загальна класифікація будівель та вимоги до них

2.2 Основи планування міських та сільських поселень

2.3 Цивільні будівлі

2.4 Промислові будівлі

2.5 Фактори, що враховуються при проектуванні промислових будівель

2.1 Загальна класифікація будівель та вимоги до них

Будь-яка будова, створена над землею або під землею, зветься ***спорудою***.

Споруда, в якій є приміщення для діяльності людини, зветься ***будівлею***.

КЛАСИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬ

1. Будівлі за призначенням поділяються на:

– *цивільні;*

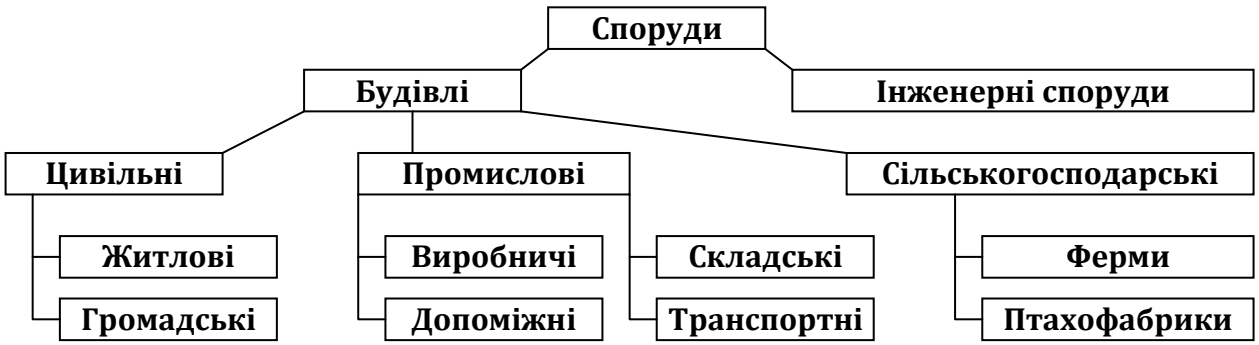
– *промислові;*

– *сільськогосподарські.*

Цивільні будівлі бувають:

– *житлові,* де постійно або тимчасово проживають люди. Це мало- та багатоповерхові житлові будинки, готелі, гуртожитки, тимчасове житло та ін. Житлові будівлі проектуються на основі «ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення»;

– *громадські,* де люди перебувають тимчасово, у зв'язку з виконанням якихось функціональних процесів, які забезпечують життєдіяльність та розвиток суспільства; наприклад: заклади управління, проектування та науково-дослідницькі, освіти, культури, охорони здоров'я, спортивні, торгівельні, транспортні, комунального господарства, культові. Громадські будівлі проектуються на основі «ДБН В.2.2-9:2009. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення».



Промислові будівлі (де люди перебувають тимчасово у зв'язку з виконанням технологічних процесів з випуску товарної продукції) проектуються на основі «СНиП 2.09.02-85*. Производственные здания и сооружения».

2. За видом матеріалу стін і несучих конструкцій будівлі бувають:

– дерев'яні;
– кам'яні (із природних та штучних каменів);
– залізобетонні;
– змішані.

3. За *умовною висотою* (від землі до рівня підлоги верхнього поверху) будівлі розрізняють:

– малоповерхові	$H \le 9$ м	(до 3 поверхів);
– багатоповерхові	$9 \text{ м} < H \le 26{,}5$ м	(до 9 поверхів);
– підвищеної поверховості	$26{,}5 \text{ м} < H \le 47$ м	(до 16 поверхів);
– висотні "А"	$47 \text{ м} < H \le 73{,}5$	(вище 16 поверхів).
– висотні "Б"	$73{,}5 < H \le 100$ м	(вище 25 поверхів).

ВПЛИВИ НА БУДІВЛЮ

Будь-яка будівля при зведенні та експлуатації витримує багато різних впливів та навантажень залежно від її призначення, розташування, клімату місцевості, навколишньої забудови. Ці впливи треба обов'язково враховувати при виборі властивостей конструктивних елементів будівлі.

Зовнішні впливи умовно поділяються на *силові та несилові*.

А. До *силових* впливів відносяться такі, що безпосередньо стосуються механічної міцності будівлі. Вони поділяються на *постійні та тимчасові*:

1. *Постійні навантаження* – від власної ваги конструктивних елементів будівлі і тиску ґрунту на її підземну частину. Тобто це навантаження від таких конструктивних елементів будівлі, без яких її існування стає неможливим.

2. *Тимчасові навантаження* – від навантажень і силових впливів, час дії яких менше проектного часу існування будівлі. Серед тимчасових силових навантажень розрізняють *тривалі, короткочасні та особливі:*

– *тривалі* – від стаціонарного технологічного устаткування, перегородок та вантажів, що довгочасно зберігаються (за характером – статичні);

– *короткочасні* – від маси рухомого устаткування, меблів, людей, снігу, вітру та ін. (за характером – статичні та динамічні);

– *особливі впливи* – від сейсмічних явищ, вибухів, просадок ґрунту основи будівлі (за характером – динамічні).

Б. До *несилових* впливів відносяться ті, що безпосередньо не стосуються механічної міцності будівлі, але змінюють її інші властивості і, таким чином, – умови функціонування:

– перемінні температури – спричиняють лінійні зміни розмірів конструкцій (температурні деформації), що може викликати їх зіпсування та руйнування;

– атмосферна і ґрунтова волога – призводить до зміни деяких фізичних параметрів (щільності, теплоємності, резистивності та ін.) і структури матеріалів, викликає їх корозію;

– сонячна радіація (інсоляція) – обумовлює зміни фізико-механічних властивостей верхніх шарів матеріалів, впливає на світловий і температурний режим приміщення, викликає обезбарвлення кольорових поверхонь, що погіршує їх зовнішній вигляд;

– інфільтрація зовнішнього повітря через щілини огороджувальних конструкцій (протяги) – впливає на теплоізоляційні властивості й температурно-вологісний режим приміщень;

– агресивні хімічні випаровування – викликають корозію та спричиняють руйнування матеріалів конструкцій, псують їх зовнішній вигляд;

– шум – порушує нормальний акустичний режим приміщень. Розрізняють повітряний та ударний шум.

Повітряний шум виникає, коли його джерело знаходиться назовні конструкції (не співпадає з нею). Повітряний шум проникає у приміщення через нещільності в огородженні. Також він може проникати безпосередньо через матеріал конструкції. Конструкція при цьому працює як мембрана, а шлях проходження акустичного сигналу ускладнюється. Він поглинається як у кожному шарі матеріалу, через який проходить (в тому числі і в повітрі), так і на межах між різними шарами матеріалів. Враховуючи особливості впливу повітряного шуму, для боротьби з ним застосовують такі способи:

1) забиття нещільностей у місцях стиків;

2) збільшення маси конструкції;

3) створення шарів із різною звукопроникністю.

Ударний шум утворюється безпосередньо у конструкціях при ударах або терті й передається через місця сполучення деталей конструкції. Має складний шлях проходження. Для боротьби з ним застосовуються:

1) пружні прокладки у місцях сполучень деталей;

2) шаруватість деталей (чергування матеріалів різної густини);

3) рознесення огороджувальних конструкцій (утворення повітряного прошарку);

– біологічні впливи – шкода від діяльності мікроорганізмів, комах, гризунів, що призводить до руйнування конструкцій або до порушення санітарно-гігієнічних норм.

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО БУДІВЕЛЬ

До будівель висувається ряд вимог, які обґрунтовують доцільність будівництва та яким повинні задовольняти їх об'ємно-планувальні й конструктивні рішення. За цими вимогами також можна характеризувати як проектні рішення будівель, так і існуючі будівлі. Серед таких вимог можна виділити:

1 – функціональну доцільність;
2 – технічну доцільність;
3 – доцільність благоустрою;
4 – архітектурно-художню виразність;
5 – економічну доцільність.

1 Функціональна доцільність

Під *функціональними вимогами* мається на увазі максимальна відповідність приміщень будівлі тим процесам, що в них протікають. Будівля повинна забезпечувати оптимальне середовище для людини та її функціональної діяльності. Функціональні вимоги визначаються призначенням будівлі, відповідно до чого встановлюються площі й розміри окремих приміщень, їхній взаємозв'язок, а також параметри внутрішнього середовища, які повинні забезпечити зручність експлуатації будівлі.

У проектних установах розгляданням функціональних вимог, залежно від обсягу проекту, може займатися технологічний відділ, або спеціальна група, або окремий фахівець. Для цивільних будинків складається *функціональна схема*, а для промислових – технологічна. У процесі розробки функціональної схеми розглядають та вирішують такі питання:

1. Кількість та габарити приміщень залежно від їх призначення. В будь-якій будівлі, як правило, є головні, підсобні та комунікаційні приміщення. Їх співвідношення треба оптимізувати.

2. Взаємозв'язки між приміщеннями. Взаємне розташування приміщень повинно забезпечувати зручний зв'язок між ними при нормальній експлуатації будівлі та швидку евакуацію людей у разі виникнення надзвичайних ситуаціях.

3. Стан повітряного середовища (тобто: об'єм, температура, вологість, рух, якість повітря). Для забезпечення кожного із зазначених параметрів повітря необхідно передбачити відповідне інженерне забезпечення: кондиціонери, опалювальні пристрої, системи вентиляції та димовидалення, прилади контролю якості повітря.

4. Акустичний режим будівлі (рівень повітряного й ударного шуму, чутність, артикуляція, відсутність луни). Забезпечення зазначених пара-

метрів досягається плануванням застосування спеціальних конструктивних заходів та інженерного обладнання.

5. Світловий режим (освітлення, кольоровий склад...). Для забезпечення зазначених параметрів визначають співвідношення природного та штучного освітлення і відповідно: кількість та потужність освітлювальних приладів, площу вікон, наявність ліхтарних конструкцій тощо.

– Так, в житлових будинках кімнати мають бути світлі, провітрюватись, відповідати за площею і розмірами числу і складу сім'ї.

– В будівлі школи повинно міститися достатнє число просторих світлих, класних приміщень із доброю акустикою, рекреацій, лабораторій.

– У крамницях – зручні торговельні зали, складські й торговельні приміщення і т. п.

2 Технічна доцільність

Під *технічними вимогами* до будівлі мається на увазі виконання її конструкцій відповідно до законів будівельної механіки, будівельної фізики та хімії. Технічна доцільність споруд ґрунтується на урахуванні силових та несилових впливів. Вона забезпечується задоволенням таких вимог:

1 – механічної міцності;

2 – довговічності;

3 – пожежної безпеки.

Механічна міцність

Механічна міцність будівлі характеризує протидію, в основному, силовим впливам і забезпечується міцністю її основних конструкцій та їх з'єднань між собою. Під терміном *механічна міцність* будівлі, споруди або конструкції мається на увазі сукупність таких трьох характеристик:

1) міцність;
2) жорсткість;
3) стійкість.

1. *Міцність* – спроможність конструкції сприймати силові навантаження і впливи без руйнування. Вона, в основному, визначається міцністю будівельних матеріалів, тобто спроможністю чинити опір механічним впливам (статичному та динамічному навантаженню, вібрації, ударам і т.п.), що обов'язково враховується при проектуванні конструкцій. Для несучих конструкцій слід вибирати найбільш тривкі та найбільш легкі матеріали, однак не погіршуючи при цьому експлуатаційних якостей.

Застосування легких матеріалів особливо ефективно в зовнішніх огороджувальних конструкціях, бо зменшення теплопровідності матеріалів дозволяє зменшити розрахункову товщину огородження.

2. *Жорсткість* – спроможність конструкції сприймати силові навантаження і впливи без зміни форми. Або, іншими словами, – спроможж-

ність конструкцій здійснювати свої статичні функції з малими заздалегідь заданими величинами деформації. Як правило, деформація не повинна бути більше 1/150.

3. *Стійкість* (тривкість) – спроможність конструкції зберігати рівновагу при силових впливах. Вона забезпечується доцільним розміщенням елементів несучих конструкцій у просторі та міцністю їх з'єднання.

Довговічність

Найбільш загальна вимога до будов будь-якого призначення – забезпечення їхньої *довговічності,* тобто граничного терміну збереження фізичних якостей конструкцій будівлі у процесі експлуатації. Це означає, що в нормальних умовах будівля повинна існувати без втрати її основних функцій упродовж заданого періоду часу з урахуванням характеру, призначення і класу будови. Довговічність будівель характеризує їх протидію, в основному, несиловим впливам і залежить від якості матеріалів основних несучих конструкцій, якості будівельно-монтажних робіт, дотримання технології їх виконання технічним нормам і правилам.

Довговічність – основна умова, якій підлягають вимоги до конструкцій будов і матеріалів, для зовнішніх огороджувальних конструкцій, що зазнають атмосферних впливів. Ступінь довговічності конструкцій встановлюється з урахуванням терміну їхньої служби без втрати необхідних експлуатаційних якостей у кліматичних умовах району будівництва і при дотриманні режиму експлуатації будівель даного виду.

Для споруд, з точки зору граничного строку служби, встановлені ступені довговічності:

– 1-й ступінь – для будівель з терміном служби більше 100 років;
– 2-й ступінь – з терміном служби від 50 до 100 років;
– 3-й ступінь – з терміном служби від 20 до 50 років;
– 4-й ступінь – тимчасові будівлі і споруди.

Необхідний ступінь довговічності огороджувальних і несучих конструкцій повинен забезпечуватися вибором матеріалів, що мають належну:

– морозостійкість;
– вологостійкість;
– корозійну стійкість;
– біостійкість.

Морозостійкість матеріалів визначають максимальним числом циклів замерзання і відтавання у водонасиченому стані, при якому матеріал не одержує жодних зовнішніх руйнувань, тріщин і не втрачає в міцності більше 25 % проти попереднього значення в повітряно-сухому стані.

Вологостійкість матеріалу розуміють як спроможність чинити опір дії вологи, що викликає набухання, короблення, розшарування з наступним розтрощенням і втратою міцності матеріалу.

Корозійна стійкість – спроможність матеріалу чинити опір руйнівній дії води, водяних парів, газів, хімічних речовин, що містяться в навколишньому середовищі.

Біостійкість матеріалу полягає в його спроможності чинити опір руйнуючій дії мікроорганізмів, а саме плісені та різним видам домових грибків. Захищати конструкції від розвитку мікроорганізмів треба просочуванням або обмазкою антисептиками.

Пожежна безпека

Протипожежні вимоги до будівель регламентуються відповідними нормативними документами (в основному «ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва»). У них визначаються *планувальні та конструктивні заходи* для забезпечення необхідного рівня пожежної безпеки.

Планувальні заходи передбачають вибір:

– поверховості будівлі;

– місць розташування найбільш небезпечних приміщень та протипожежних перешкод;

– забезпечення шляхів евакуації людей.

Конструктивні заходи вказують необхідний обсяг використання:

– негорючих матеріалів у конструкціях;

– легкоскидних огороджень (стіни й перегородки з азбоцементних, металевих листів, вікна, світлові ліхтарі, розчинні двері та ворота).

Від вогнестійкості будівельних та оздоблювальних матеріалів залежить вогнестійкість конструкції будови в цілому. Будівельні матеріали згідно ДБН В.1.1-7-2016 класифікують за наступними показниками пожежної небезпеки: горючістю, займистістю, поширенням полум'я поверхнею, димоутворювальною здатністю та токсичністю продуктів горіння.

Будівельні матеріали за горючістю поділяються на:

– *негорючі* – під впливом вогню або високої температури не спалахують, не тліють і не обвуглюються;

– *горючі* – під впливом вогню або високої температури спалахують, або тліють, або обвуглюються. Їх підрозділяють на чотири групи: Г1 (низької горючості); Г2 (помірної горючості); Г3 (середньої горючості); Г4 (підвищеної горючості). *Групу горючості* будівельних матеріалів з віднесенням їх до відповідної групи визначають за результатами випробувань відповідно до ДСТУ Б В.2.7-19.

На відміну від будівельних матеріалів, будівельні конструкції характеризуються показниками межі вогнестійкості та межі поширення вогню.

Межею вогнестійкості будівельних конструкцій називається інтервал часу від початку вогневого стандартного випробування їх зразків до виникнення одного з граничних станів елементів або конструкції в цілому. Межа вогнестійкості конструкцій висловлюється у хвилинах. Граничним станом вважається:

1) втрата несучої спроможності та стійкості (руйнування конструкції);

2) втрата цілісності (утворення наскрізних тріщин);

3) втрата теплоізолюючої здатності конструкції, тобто підвищення температури на протилежній від вогню поверхні конструкції в середньому на 180 ^{o}C чи в будь-якій точці цієї поверхні на 180 ^{o}C, в порівнянні з температурою перед випробуванням, або досягнення температури 220 ^{o}C незалежно від температури перед випробуванням.

Будівлі, а також частини будівель класифікують за ступенем вогнестійкості, а також за категоріями з вибухопожежної та пожежної небезпеки. Приміщення класифікують за призначенням та категоріями.

Ступінь вогнестійкості будівлі визначається межами вогнестійкості його будівельних конструкцій та межами поширення вогню по цих конструкціях, а також залежить від його призначення, категорії з вибухопожежної та пожежної небезпеки, висоти (поверховості), площі поверху в межах протипожежного відсіку, груп горючості основних будівельних матеріалів. Будівлі поділяються на 8 ступенів вогнестійкості (I, II, III, IIIa, IIIб, IV, IVa, V).

Будови значної довжини, збудовані з горючих матеріалів, поділяються *брандмауером* (спеціальною стіною, яка перешкоджає поширенню вогню по всій будівлі).

<u>3 Доцільність благоустрою</u>

Благоустрій – сукупність робіт і заходів для створення здорових і комфортних умов життя людей. Доцільність благоустрою розробляється технологічним відділом для визначення наявності, кількості та оптимального розташування:

– приладів системи електропостачання та електроустаткування;
– водопроводу холодної та гарячої води;
– приладів системи каналізації;
– приладів системи газифікації;
– приладів системи вентиляції;
– ліфтів;
– елементів оздоблення будівлі (внутрішнього та зовнішнього);
– приладів системи пожежної сигналізації та оповіщення;
– приладів автоматичної системи пожежогасіння;
– малих архітектурних форм для оздоблення прилеглої території.

<u>4 Архітектурно-художня виразність</u>

Архітектурно-художня виразність полягає у формуванні зовнішнього вигляду будови, її об'ємів та інтер'єрів за законами краси (тобто для відчування естетичного задоволення) й одночасно в необхідності відповідності зовнішнього вигляду будови її призначенню.

5 Економічна доцільність

Економічна доцільність – одна з найважливіших вимог з тих, що висуваються до будівель. Усі технічні рішення, відображені у проектах і безпосередньо реалізовані у конструктивних елементах будівлі, її інженерному обладнанні, благоустрої та архітектурно-художньому оздобленні, мають виконуватися при мінімальній коштовності та трудомісткості. При цьому враховуються необхідний запас механічної міцності, ступінь довговічності та вогнестійкості будівлі відповідно до її призначення та проектного терміну служби.

Для полегшення вибору рішення про економічну доцільність будівлі, залежно від їх технічної складності, народно-господарської та містобудівельної ролі, поділяють на 5 *категорій складності* згідно ДБН А.2.2-3-2004. До I категорії відносять будівлі з мінімальними вимогами, а до V – з підвищеними. Відповідно до категорій складності призначають ступені довговічності та вогнестійкості будівель.

Об'єктам промисловості надається категорія складності не нижче III.

Основні критерії економічності будівлі – будівельна (кошторисна) вартість, вартість експлуатації, термін амортизації. Економічної доцільності можна досягнути застосуванням прогресивних матеріалів і конструкцій, раціональним об'ємно-планувальним рішенням та правильною організацією будівельно-монтажних робіт.

Питання для семінарського заняття:

1. Поясніть різницю понять «споруда» та «будівля».
2. Надайте класифікацію будівель за призначенням.
3. Надайте класифікацію будівель за матеріалом.
4. Надайте класифікацію будівель за поверховістю.
5. Поясніть поняття «умовна висота» будівлі.
6. Надайте класифікацію впливів на будівлі.
7. Поясніть, що таке силові впливи на будівлі.
8. Поясніть, що таке несилові впливи на будівлі.
9. Наведіть основні вимоги до будівель і споруд.
10. Поясніть, що таке функціональна доцільність будівель.
11. Поясніть, що таке технічна доцільність будівель.
12. Поясніть, що таке механічна міцність будівель.
13. Поясніть, що таке довговічність будівельного об'єкта.

14. Наведіть основні чинники, якими визначається пожежна безпека будівель.

2.2 Основи планування міських та сільських поселень

Основними видами населених пунктів в Україні є міста, села, поселення міського типу. Будівництво нових та розширення існуючих поселень дозволяється Верховною Радою та місцевими радами. Для цього розробляються перспективні плани розвитку населених пунктів. Цьому плануванню передує всебічне вивчення природних, соціальних, економічних умов, транспортних потоків, мереж постачання енергетичних та інших ресурсів.

Проектування населених пунктів і розбивка їх генеральних планів здійснюється спеціалізованими проектними організаціями на основі існуючих норм і визначених вимог. Проектно-планувальні роботи при складанні генерального плану населеного пункту включають систему заходів:

– функціональна організація території з розбиванням на зони різного значення;

– найбільш сприятливе розміщення на території комплексів житлових, громадських, господарських, виробничих будівель, вулиць, майданів, парків (*горизонтальне планування*);

– організація рельєфу місцевості – земляні роботи, утворення підпірних стінок, сходів тощо (*вертикальне планування*);

– створення мереж закладів обслуговування населення (торгівля, дошкільні та шкільні заклади, їдальні, бані тощо), культурних центрів (клуби, театри, бібліотеки тощо), спортивних комплексів;

– оснащення інженерними мережами (водо-, електро- і газопостачання, каналізація, теплофікація тощо);

– організація транспортних мереж;

– архітектурно-художнє рішення ансамблів.

Територія міста за функціональним призначенням поділяється на *зони* (рис. 2.1):

– *заселення (житлова)* – де розміщуються житлові та громадські будівлі, комунально-побутові підприємства (які не викидають шкідливих газів і пилу), парки, сквери тощо;

– *промислову* – де розташовані будівлі та споруди промислових підприємств;

– *комунально-складську* – де розміщуються парки і гаражі закладів міського транспорту, спорудження водогону і каналізації, склади міського значення тощо;

– *санітарно-захисну* – озеленений простір для ізоляції житлової забудівлі від шкідливого впливу промислових підприємств та для відпочинку людей;

– *приміську* – для підтримки доброго екологічного стану в місті, відпочинку людей, постачання с/г продукції до міста.

Території заселення, як правило, найбільш сприятливі з природних умов, розташовуються з навітряного боку по відношенню до промислових зон, вище них за течією ріки і відокремлені від них санітарно-захисними зонами. Для визначення переважних напрямків вітру використовується *роза вітрів*, яка являє собою графічну схему розподілу вітрів за напрямками світу і повторюваності для даної місцевості. При побудуванні *рози вітрів* з одної точки (центра рози) за напрямками 16 румбів відкладають в одному масштабі відрізки повторюваності (за числом днів у році) вітру даного напрямку (до центра). Кінці відрізків з'єднують прямими лініями. *Роза вітрів* виконується за осередненими даними метеостанцій за десятиріччя. Часто користуються також літніми та зимовими *розами вітрів*.

Сельбищна зона поділяється системою вулиць на міський центр, житлові райони, мікрорайони, квартали. Міський центр, як правило, включає майдан і розташовані по його боках громадсько-адміністративні будівлі.

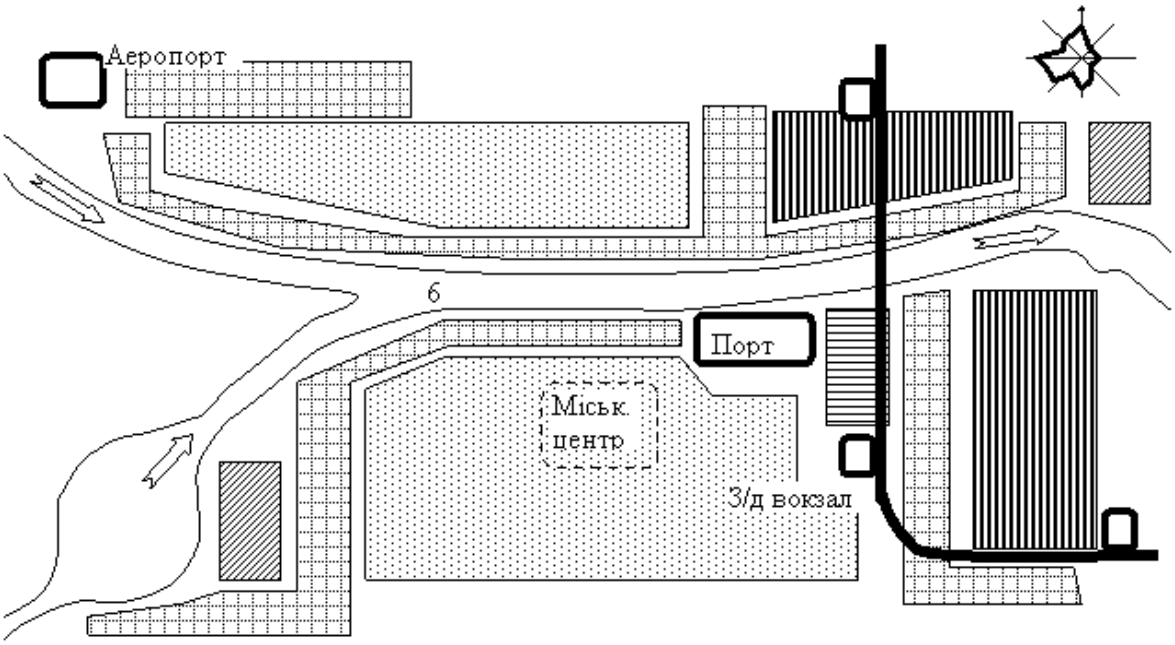


Рисунок 2.1 – Приклад зонування території міста

Зони: – **заселення;** – **промислова;** – **санітарно-захисна;** – **складська;** – **комунальна;** – **зовнішнього транспорту**

Проект житлової забудівлі має передбачати найкращі у санітарно-гігієнічному відношенні умови проживання, високий рівень комфорту і побутового обслуговування, зручну систему громадського транспорту, гарантовану безпеку пішохідного руху. За композицією розрізняють забудівлі відкритого (периметр максимально відкритий) та закритого (периметр значно забудований) планування, як на рис. 2.2.

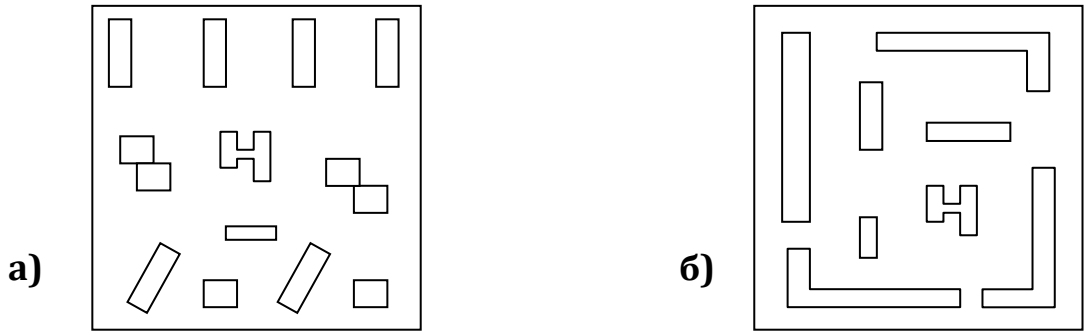


Рисунок 2.2 – Типи планування:
а) відкрите; б) закрите

При плануванні забудівлі треба забезпечити:

– оптимальну *інсоляцію* приміщень у будівлях та території;

– провітрюванням території забудівлі;

– захистом від шуму.

За архітектурно-планувальною структурою розрізняють міста (рис. 2.3) з:

– *компактною структурою* – в малих та середніх містах на спокійному рельєфі;

– *розчленованою структурою* – в середніх та великих містах. Факторами розчленування можуть бути ріки, яри, шкідливі підприємства тощо;

– *розосередженою структурою* – в містах, де містоутворюючою основою є підприємства гірничодобувної промисловості.

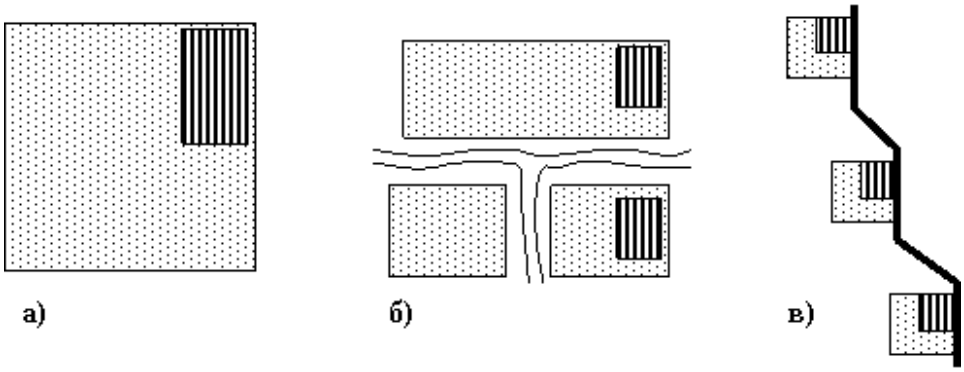


Рисунок 2.3 – Архітектурно-планувальна структура міст:

а) компактна; б) розчленована; в) розосереджена

Мережа вулиць і магістралей є найбільш стійким у часі та відповідальним елементом міського плану. Схеми вуличних мереж, як правило, зводяться до таких типів (рис. 2.4):

– *прямокутна (регулярна)* – характерна чіткістю орієнтування та зручністю організації забудівлі. Її недолік – подовшання міських трас у діагональному напрямку;

– *радіально-кільцева* – добре організований міський центр, добрий зв'язок по діаметральних магістралях. Її недолік – підвищена щільність транспорту в центрі;

– *променева* – подібно до радіально-кільцевої дає можливість добре організувати міський центр, але покращує зручність організації забудівлі та вуличного руху;

– *вільна* – характеризується пристосованістю до природних особливостей місцевості та сприяє створенню своєрідності забудівлі.

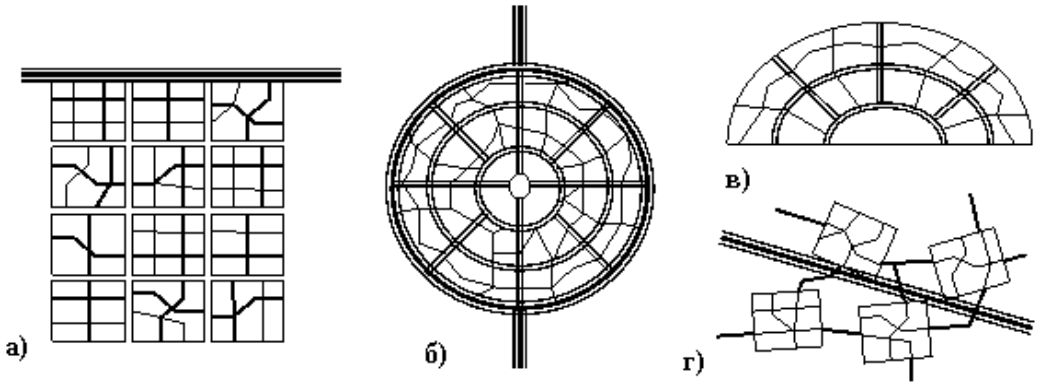


Рисунок 2.4 – Схеми вуличних мереж:

а) прямокутна (регулярна); б) радіально-кільцева; в) променева; г) вільна

– швидкісна дорога; **– магістральна дорога (вулиця);**

– житлова вулиця; **– проїзд**

Трасування вулиць та магістралей розробляється як єдина система. Дороги та вулиці за розрахунковими швидкостями поділяють на:

– *швидкісні* (до 120 км/год) – розташовують поза селитебними зонами або з повною ізоляцією від пішоходів та місцевого транспорту;

– *магістральні* (до 60 км/год) – розташовують по трасах основних пасажиропотоків;

– *житлові вулиці* (до 60 км/год) – служать для зв'язку житлових комплексів з магістральними вулицями;

– *проїзди* (до 30 км/год) – служать для зв'язку всередині житлових мікрорайонів.

Швидкісні та магістральні дороги потребують максимальної прямолінійності та мінімальних подовжніх ухилів. Житлові вулиці та проїзди можуть мати звивисту трасу.

Генеральні плани

Генеральний план – складова частина проектної документації; креслення, яке дає уявлення про розташування споруди або комплексу споруд на місцевості. Надається як план території ділянки у певному масштабі в горизонталях із зазначенням існуючих та запроектованих споруд, вулиць, транспортних комунікацій, інженерних мереж, елементів благоустрою.

При розробці *генерального плану* для забезпечення найкращих умов проживання та діяльності людей звертають увагу на такі питання:

– розробка заходів з раціонального використання території (зв'язки між спорудами, зонування тощо);

– оцінка природних умов (кліматичних, гідрогеологічних, рельєфу тощо);

– вивчення екологічних проблем (можливість забруднення газами, димом, пилом і захист навколишнього середовища);

– визначення доцільності використання різних видів транспорту, інженерних комунікацій;

– складання конструктивно-будівельних характеристик запроектованих споруд;

– формування основ організації будівельних робіт.

Проекти *генеральних планів*, як і проекти будівель, розробляють у 2 стадії: *технічний проект* і *робочий проект (робочі креслення)*. У певних випадках ці стадії можна суміщати. На стадії технічного проекту визначаються архітектурно-художнє рішення усього комплексу та окремих об'єктів, транспортне забезпечення, джерела енергопостачання та інші інженерні комунікації, техніко-економічні показники, кошторис.

До складу робочої документації генерального плану входять:

1) робочі креслення генплану:

– загальні дані;

– креслення розпланування (план розташування будівель та споруд);

– план організації рельєфу;

– план земляних мас;

– зведений план інженерних мереж;

– план благоустрою території;

– виносні елементи (фрагменти, вузли);

2) ескізні креслення нетипових виробів і конструкцій та малих архітектурних форм;

3) відомість матеріалів;

4) відомість обсягів будівельних та монтажних робіт.

На кресленні розпланування (див. рис. 1.6) вказують:

– будівельну геодезичну сітку, покажчик напрямку на північ та *розу вітрів*;

– *«червону» лінію* – умовну межу, яка відокремлює територію магістралі, вулиці, проїзди від території, що призначена під забудову;

– огорожі з воротами або умовну межу території;

– будівлі та споруди;

– автомобільні шляхи, залізничні колії, майданчики;

– елементи благоустрою (тротуари, малі архітектурні форми) та споруди планувального рельєфу (пандуси, підпірні стінки, укоси тощо);

– водовідвідні споруди.

Допускається креслення розпланування, зведений план інженерних мереж, план земляних мас та план благоустрою території виконувати без нанесення горизонталей рельєфу місцевості.

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть поняття «зонування міст».
2. Поясніть, що таке «роза вітрів».
3. Поясніть, що таке «зона заселення», наведіть її склад та композиції забудов.
4. Наведіть види архітектурно-планувальних структур міст.
5. Наведіть типи міст за структурою вуличних мереж.
6. Наведіть види доріг та вулиць за розрахунковими швидкостями.
7. Поясніть, що таке «генеральний план», наведіть вимоги до його розробки та стадії розробки.
8. Наведіть склад технічного проекту генерального плану.
9. Наведіть склад робочого проекту генерального плану.
10. Наведіть склад креслення розпланування генерального плану.
11. Поясніть, що таке «червона лінія».

2.3 Цивільні будівлі

Для описання та характеристики будівель у цілому та окремих їх частин розглядають:

1. Конструктивні рішення будівель (КР).
2. Об’ємно-планувальні рішення будівель (ОПР).

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

Конструктивні рішення житлових будинків визначаються:

1) будівельною системою;

2) конструктивною системою;

3) конструктивною схемою.

1. ***Будівельна система*** будівлі визначається як сукупність характеристик її несучих елементів за:

1) матеріалом;
2) конструктивною системою;
3) технологією зведення.

Залежно від матеріалу вертикальних несучих конструкцій розрізняють будівлі дерев'яні, кам'яні (з цегли або бетону), залізобетонні. З урахуванням технології зведення (наприклад, з монолітного бетону, збірно-монолітного або повнозбірного) визначається не тільки матеріал, але й будівельна система. Найменування будівельної системи визначається за назвою найбільш поширеного конструктивного елементу:

– цегляна
– панельна;
– крупноблокова;
– об`ємно-блокова;
– дерев'яний зруб;
– брущата;
– щитова.

2. ***Конструктивна система*** будівель являє собою сукупність взаємозв`язаних конструктивних елементів будівлі, які забезпечують її міцність, жорсткість, стійкість і необхідний рівень експлуатаційних якостей. Розрізняють п'ять основних конструктивних систем будівель (рис. 2.1):

1. Стінова. Вертикальні несучі конструкції – *стіни* – площинні елементи.

2. Каркасна. Несучі конструкції – *каркас* – просторова незмінна система лінійних (вертикальних та горизонтальних) несучих конструкцій, яка сприймає усі силові навантаження і передає їх на основу споруди. Каркас, як правило, має вигляд просторової клітки (решітки) та служить кістяком для спирання огороджувальних конструкцій та обладнання.

3. Об`ємно-блокова. Несучі конструкції – об'ємні блоки, які цілком виробляються на заводах і монтуються на будівельному майданчику.

4. Оболонкова. Несуча конструкція – зовнішня оболонка (решітка з малим кроком вертикальних несучих конструкцій і просторовим розподілом зусиль від навантажень). Нагадує "трубу".

5. Стовбурна. Вертикальна несуча конструкція – стовбур, на який навішуються (або консольно кріпляться) горизонтальні несучі конструкції поверхів.

Окрім цього, застосовується комбінована конструктивна система будівель:

– з неповним каркасом (каркасно-стінова);

– каркасно-стовбурна;
– стовбурно-стінова;
– оболонково-стовбурна;

3. *Конструктивні схеми* будівель являють собою варіант конструктивної системи за ознакою взаємного розміщення у просторі несучих конструкцій будівлі (подовжнього, поперечного або перехресного).

Схеми каркасних будівель:
– з подовжнім розташуванням ригеля;
– з поперечним розташуванням ригеля;
– безригельна (безбалкова).

Схеми безкаркасних будівель можуть бути:
– з подовжніми несучими стінами;
– з поперечними несучими стінами;
– з подовжніми і поперечними несучими стінами.

Можна вказати приклади характеристик будівель із застосуванням понять будівельної системи:
– цегляна, стінова, з подовжніми несучими стінами;
– залізобетонна, панельна, стінова, з поперечними несучими стінами;
– залізобетонна, монолітна, каркасна з поперечним розташуванням ригеля;
– дерев'яна, каркасно-обшивна, з подовжнім розташуванням ригеля.

ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ БУДІВЕЛЬ

В будівлях різного призначення завжди можна поділити приміщення за їх роллю і значенням у функціонуванні будівлі:
а) *головні*;
б) *допоміжні або підсобні*;
в) *комунікаційні*:
– *горизонтальні комунікації* (коридори, переходи);
– *вертикальні комунікації* (ліфти, сходи, і т, д.).

За способом зв'язку приміщення можуть бути:
а) ізольовані;
б) прохідні.

Об'ємно-планувальним рішенням (ОПР) будівлі називається об'єднання головних, підсобних та комунікаційних приміщень вибраних розмірів і форм в єдину композицію.

Головними в будівлі є приміщення, які визначають її призначення. В житлових будівлях – це житлові кімнати, спальні, номери готелів. У громадських будівлях, залежно від їх групи, такими можна назвати кабінети, адміністративні приміщення, класи, аудиторії, глядацькі, музейні, ресторанні або торговельні зали тощо.

Допоміжними або підсобними називають приміщення, які не визначають призначення будівлі, але необхідні для її нормального функціонування. В житлових будівлях це, наприклад, кухні, санвузли. У громадських будівлях це туалети, душові, комори, харчоблоки, побутові кімнати. Може бути так, що в одній групі цивільних будівель приміщення є головним, а в іншій – допоміжним. Наприклад, харчоблок у готелі – це допоміжне приміщення, а в їдальні або кафе – головне.

Комунікаційні приміщення, комунікаційні шляхи – *коридори, галереї, сходи* – проектуються з урахуванням повсякденної експлуатації та необхідності евакуації людей в екстремальних ситуаціях.

1. Горизонтальні комунікації

Горизонтальні комунікаційні приміщення, якими є коридори, галереї, переходи, кулуари повинні також служити надійним шляхом евакуації. Ширина коридорів повинна бути не менше 1,4 м, а за довжини понад 40 м – не менше 1,6 м. Коридори довжиною 60 м і більше розділяються перегородками кроком 30 м із дверми, що самозачиняються. Гранична віддаленість по коридору від входу в якесь головне приміщення до виходу на сходи призначається таким чином, щоб людина встигла пройти цю відстань за 1–2 хв. – термін, який гарантує неможливість удушення димовими газами. Ширина галереї повинна бути не менше 1,2 м.

2. Вертикальні комунікації

А. Сходи та сходові клітки

В будівлях вертикальними комунікаціями є *сходи й пандуси*. Вони частіше за все розташовані у спеціальних приміщеннях – *сходових клітках,* які повинні мати природне освітлення через вікна в зовнішніх стінах.

Конструкції сходів та сходових кліток у багатоповерхових будівлях повинні виготовлятися з негорючих матеріалів. В деяких типах малоповерхових будівель конструкції сходів дозволяється виготовляти з горючих матеріалів.

Вимоги до вертикальних комунікацій будівель підвищеної поверховості істотно підвищуються: вони повинні бути такими, що не задимлюються.

Незадимлювані сходові клітки (рис. 2.5) призначені для недопущення попадання в них диму у разі виникнення пожежі. Їх класифікують:

– **Н1** – з природним освітленням через вікна у зовнішніх стінах та зі входом до сходової клітки з кожного надземного поверху через зовнішню повітряну зону по відкритих назовні переходах (по балконах, лоджіях, галереях);

– **Н2** – з природним освітленням через вікна у зовнішніх стінах та з підпором повітря до сходової клітки у разі виникнення пожежі;

– **Н3** – з природним освітленням через вікна у зовнішніх стінах та зі входом до сходової клітки на кожному надземному поверсі через протипожежний тамбур-шлюз 1-го типу з підпором в нього повітря у разі пожежі;

– **Н4** – зі штучним освітленням; зі входом до сходової клітки на кожному поверсі через протипожежний тамбур-шлюз 1-го типу та з підпором повітря у разі виникнення пожежі як у тамбур-шлюз, так і у сходову клітку.

У мало- та багатоповерхових будівлях використовують звичайні сходові клітки. У будівлях підвищеної поверховості СК виконують незадимлюваними типу Н1. Сходові клітки Н4 виконують у висотних будівлях і будівлях з великою кількістю підземних поверхів. Сходові клітки Н2, Н3 виконують в окремих випадках згідно з призначенням будівлі.

В коридорних і галерейних будівлях, гуртожитках і готелях, де є 10 поверхів і більше, передбачають не менше двох незадимлюваних сходів. В житлових будинках підвищеної поверховості, окрім сходової клітки, яка служить вертикальною комунікацією, у всіх квартирах, розташованих вище 5-го поверху, передбачаються переходи в суміжні секції по балконах або лоджіях.

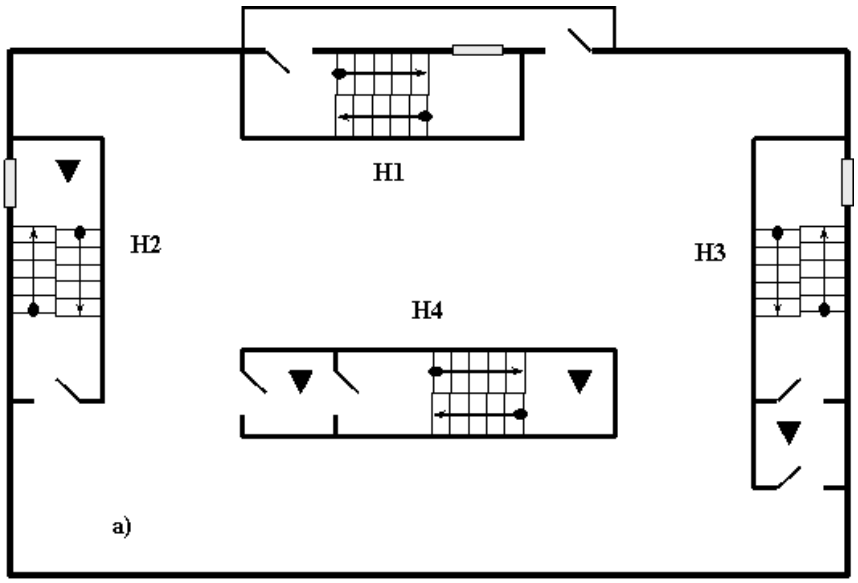


Рисунок 2.5 – Принципові схеми розташування у будівлі незадимлюваних сходових кліток Н1, Н2, Н3, Н4 (трикутниками визначаються місця підпору повітря у випадку пожежі)

Б. Ліфти

Нормальна експлуатація будівель 6- і більше поверхів можлива тільки за наявності ліфтів. Ліфти, які розташовуються у ліфтових шахтах, так само, як і сходи, є вертикальними комунікаціями.

Ліфти діляться на:

– пасажирські;

– вантажопасажирські;

– пожежні.

Ліфти до шляхів евакуації не відносяться, оскільки використовувати їх в екстремальних обставинах небезпечно.

Найбільш поширеним є пасажирський ліфт вантажопідйомністю 400 (320) кг на 4 чоловіки. Розмір кабіни ліфта – 1,0×1,2 м, внутрішні розміри шахти 1,55×1,7 м. В будівлях вище 9 поверхів встановлюється ще й вантажопасажирський ліфт вантажопідйомністю 630 (500) кг, місткістю 6 чол, із входом з широкої сторони.

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Проектування громадських будівель в Україні здійснюють за нормами «ДБН В.2.2-9:2009. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення». Їх розрізняють за такими ознаками: функціональним призначенням, повторюваністю (масові та унікальні); містобудівною роллю (загальноміські, районні, мікрорайонні); поверховістю; місткістю та конструктивним рішенням.

Різноманітність функцій, одночасне зосередження великої кількості людей, широкий діапазон вимог до параметрів внутрішнього середовища (повітряний та акустичний режими, освітленість тощо) обумовлюють особливості геометричних параметрів громадських будівель та їх приміщень, вимоги до інженерного обладнання, підвищені вимоги до пожежної безпеки та шляхів евакуації.

1. Одним зі шляхів вирішення проблем є уніфікація ОПР за принципом групування однотипних за функціональною ознакою приміщень у відособлені блоки та використання збільшених модулів.

2. Вимоги до інженерного обладнання громадських будівель включають:

– обладнання відповідної кількості санітарно-гігієнічних приміщень;

– забезпечення параметрів повітряного середовища у приміщеннях згідно зі ДБН В.2.5-67:2013 за допомогою систем кондиціонування повітря;

– використання природного і штучного освітлення згідно ДБН В.2.5-28:2006 та СанПіН 2605;

– архітектурно-планувальні, будівельно-акустичні заходи з урахуванням звукоізоляційних властивостей огороджувальних конструкцій згідно з СанПіН 3077;

– заходи щодо забезпечення радіаційної безпеки згідно з вимогами норм радіаційної безпеки НРБУ, ДБН В.1.4-1.01, ДБН В.1.4-2.01;

– наявність системи очищення від сміття та пилоприбирання;

– встановлення електрообладнання, електроосвітлення, мережі єдиної національної системи зв'язку, телевізійного та проводового мовлення, які забезпечуються електротехнічними пристроями, згідно з правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), ВСН 59, ВСН 60;

– наявність блискавкозахисту згідно з РД 34.21.122;

– улаштування газопостачання відповідно до вимог ДБН В.2.5-20-2001;

– встановлення системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, у тому числі системи аварійної протидимної вентиляції з додержанням вимог ДБН В.2.5-67:2013;

– встановлення системи водопостачання і каналізації, у тому числі системи протипожежного водопостачання, з додержанням вимог ДБН В.2.5-64:2012, ДБН В.2.5-74:2013.

3. Протипожежні вимоги до громадських будівель для підтримання необхідного рівня пожежної безпеки забезпечуються *планувальними та конструктивними заходами*.

На шляхах евакуації ширину проходів, коридорів приймають з урахуванням:

– одномоментної щільності потоку людей, що евакуюються, не більше 5 осіб на 1 м;

– мінімальної ширини проходів – 1 м;

– мінімальної ширини коридору чи переходу, що веде до іншої будівлі, – 1,4 м.

Коридори завдовжки більше 60 м належить розділяти перегородками з дверима, які самі зачиняються.

Ширина сходових маршів не повинна перевищувати 2,4 м, а також повинна бути не менше ширини виходу до сходової клітки з найбільш населеного поверху. Ухил *маршів* сходів на шляхах евакуації не повинен перевищувати 1:2, а ухил *пандусів* – не більше 1:6.

Опорядження стін і стель залів для глядачів та залів критих спортивних споруд, а також торговельних залів у будівлях I, II, III, IIIа, IIIб ступенів вогнестійкості слід передбачати з важкогорючих або негорючих матеріалів.

При проектуванні громадських будівель передбачається автоматична пожежна сигналізація, а також рекомендується влаштування автоматичного пожежогасіння.

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть, що таке «будівельна система» будівель.
2. Наведіть конструктивні системи будівель.

3. Поясніть, що таке «об'ємно-планувальні рішення» (ОПР) будівель.

4. Наведіть класифікацію приміщень за призначенням та способом зв'язку.

5. Наведіть особливості об'ємно-планувальних рішень громадських будівель.

6. Наведіть вимоги до інженерного обладнання громадських будівель.

7. Наведіть протипожежні вимоги до громадських будівель.

2.4 Промислові будівлі

Промислові будівлі класифікуються за галузями виробництва, роллю у виробничому процесі, характеристикою вибухової та пожежної небезпечності виробничого процесу, об'ємно-планувальним і конструктивним рішенням, матеріалом несучих конструкцій, системою освітлення, опалення та вентиляції тощо.

Промислові будівлі поділяються на наступні категорії:

1. За галуззю виробництва, яка є складником галузі народного господарства, до якої відносяться промисловість, сільське господарство, транспорт, будівництво та ін. За *галуззю* промисловості (енергетика, чорна металургія, кольорова металургія, машинобудування, металообробка тощо – всього більше 15 великих галузей) будівлі розрізняють, оскільки кошторисна вартість промислових будівель береться загальною разом з обладнанням, на відміну від цивільних будівель підприємства. Така класифікація відповідає державному плануванню і розвитку галузей, оптимальній організації проектних робіт.

2. За *роллю* у виробничому процесі:

а) *виробничі або основні* – будівлі, в яких розміщені цехи, що випускають основну готову продукцію або напівфабрикати. Це можуть бути металообробні, механозбірні, термічні, ковальсько-штампувальні, мартенівські цехи, цехи з виробництва залізобетонних конструкцій і ткацькі, цехи з обробки харчових продуктів, цехи допоміжного виробництва;

б) *енергетичні* – до них відносяться будівлі ТЕЦ, що постачають промисловим підприємствам електроенергію, тепло, котельні, електричні та трансформаторні підстанції, компресорні станції та ін.

в) *транспортно-складські* будівлі, що включають гаражі, стоянки напольного промислового транспорту, склади готової продукції, напівфабрикатів і сировини, пожежні депо і т.п.

г) *допоміжні будівлі*, до яких відносяться будівлі для розміщення адміністративно-конторських приміщень і приміщень громадських організацій, приміщень для приладів пунктів живлення і медичних пунктів.

Допоміжні приміщення, залежно від виду виробництва, можуть розташовуватися безпосередньо у промислових будівлях.

3. За *об'ємно-планувальним* і *конструктивним* рішенням:

а) за *конструктивними системами* – стінові та каркасні;

б) за *числом прольотів* – однопрольотні та багатопрольотні;

в) за *числом поверхів* – одноповерхові та багатоповерхові. В сучасному будівництві переважають одноповерхові будівлі (приблизно 80 % від загального обсягу будівництва), бо вони мають певні переваги. В них кращі умови для розміщення обладнання, організації виробничих потоків, застосування різноманітних транспортних і вантажопідйомних приладів. А також будуються будівлі змішаної поверховості.

г) за *конструктивними схемами покриттів:*

– *каркасні площинні* (з покриттями по фермах, рамах, арках);

– *каркасні просторові* (з покриттями-оболонками одинарної та подвійної кривизни, складками);

– *висячі* різноманітних типів;

– *пневматичні* (в тому числі повітряно-опорні та повітряно-несучі).

д) за *наявністю підйомно-транспортного обладнання* – на безкранові та кранові (з підвісними, мостовими або козловими кранами).

4. За видом *матеріалу несучих* конструкцій:

а) із залізобетонним каркасом (збірним, монолітним, збірно-монолітним);

б) зі сталевим каркасом;

в) із цегляними несучими стінами і покриттям по залізобетонних, металевих або дерев'яних конструкціях;

г) зі змішаним каркасом (колони, залізобетонні ферми і підкранові балки металеві).

5. За *системою опалення*:

а) неопалювані;

б) опалювані;

До *неопалюваних* відносяться будівлі, в яких виробництво супроводжується надмірним тепловиділенням (так звані гарячі цехи: литейні, прокатні тощо).

До *опалюваних* відносяться всі інші промислові будівлі, де за санітарно-гігієнічним або технологічними умовами вимагається позитивна температура повітря в холодну пору року.

6. За *системою вентиляції*:

а) з *природною* вентиляцією або аерацією через спеціальні отвори в огороджувальних конструкціях;

б) зі *штучною* приточно-витяжною вентиляцією з допомогою вентиляторів і системи повітропроводів;

7. За системою *освітлення:*

– з природним освітленням;

– зі штучним освітленням;

– із суміщеним (інтегрованим) освітленням.

В будівлях без природного освітлення і без ліхтарів застосовують електричні лампочки.

8. За *вибухо- та пожежонебезпечністю* виробництв будівлі, згідно ОНТП 24-86, відносять до категорій:

Категорія А – у приміщеннях обертаються чи знаходяться горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 °С в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні паро-газоповітряні суміші, при запаленні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, що перевищує 5 кПа. Наприклад, до категорії А відносяться будівлі підприємств основної хімії, нафто- та газопереробки.

Категорія Б – у приміщеннях обертаються чи знаходяться горючі пили чи волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28 °С, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пило повітряні або пароповітряні суміші, при запаленні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа. Наприклад, до категорії Б відносяться будівлі підприємств здрібнення і сортування вугілля у сухому стані, переробки зерна тощо.

Категорія В – у приміщеннях обертаються чи знаходяться горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини та матеріали (у тому числі пил і волокна), речовини і матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним тільки горіти, за умови, що приміщення, у яких вони наявні або обертаються, не відносяться до категорій А або Б. Наприклад, до категорії В відносяться будівлі підприємств обробки горючих, але вибухобезпечних речовин, таких як паперові або ткацькі фабрики.

Категорія Г – коли у приміщеннях обертаються чи знаходяться негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум’я; горючі гази, рідини і тверді речовини, що спалюються або підлягають утилізації як паливо. Наприклад, до категорії Г відносяться будівлі плавильних та кузнечних підприємств, котельні.

Категорія Д – у приміщеннях обертаються чи знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

2.5 Фактори, що враховуються при проектуванні промислових будівель

Серед факторів, що впливають на протікання виробничих процесів у промислових будівлях, найбільш важливими є:

1. Повітряне середовище, яке характеризують:

а) температура;

б) вологість повітря;

в) рух повітря;

г) якість (склад) повітря.

2. Освітлення.

3. Акустичне навантаження.

4. Протипожежна та противибухова безпека.

5. Допоміжне технологічне обладнання та комунікації:

а) підйомно-транспортне устаткування;

б) електричні мережі та обладнання;

в) мережі водопостачання;

г) системи енергопостачання (газ, пара).

1 Повітряне середовище промислових будівель

Стан повітряного середовища виробничих приміщень характеризується температурою (t, ^{o}C), відносною вологістю (φ, %) і швидкістю руху повітря (V, м/сек), а також наявністю в ньому хімічних та механічних домішок. Повітряне середовище повинно за своїми параметрами відповідати технічним і санітарно-гігієнічним вимогам. Разом з тим на ці параметри впливають різноманітні зовнішні та внутрішні чинники, в тому числі виділення тепла, хімічних речовин, вологи, пилу, що супроводжують технологічні процеси.

Допустима мінімальна температура повітря у приміщенні може бути тим нижче, чим більше виділяє людський організм тепла. Вона повинна бути більш високою, коли праця не вимагає значної фізичної напруги, та нижчою при важких роботах. Роботи, що виконуються людьми у промислових будівлях за мірою тяжкості поділяються на три категорії:

А) *легкі* – без систематичної фізичної напруги (основні процеси приладобудування, машинобудування, конторські роботи, що виконуються сидячи або стоячи) – витрати енергії до 150 ккал/година, а найменша розрахункова температура $t_{P.min}$ = 18 ^{o}C;

Б) *середньої тяжкості*, пов’язані з ходінням, перенесенням невеликих вантажів, і роботи, що виконуються стоячи (зварні, литейні, прокатні, ковальські, прядильно-ткацьке виробництво, механічна обробка деревини і т. п.) - витрати енергії до 250 ккал/год, а температура $t_{P.min}$ = 16 ^{o}C;

В) *важкі*, пов’язані з постійною фізичною напругою (ковальські, з ручним куванням; литейні, з ручним куванням та заливкою опок і т.п.) – витрата енергії більше 250 ккал/год, а розрахункова температура $t_{P.min}$ = 14 ^{o}C.

Відносна вологість повітря промислових будівель буває:

1) понижена, менше 40 %;
2) нормальна, 40–50 %;
3) підвищена, більше 60 %.

Відносна вологість залежить від технології виробництва (навести приклад).

2 Освітлення промислових будівель

Світловий режим у приміщеннях промислових будівель – один з істотних чинників, що визначають якість середовища, яке оточує людину у виробничих умовах. Добрий світловий режим необхідний для виконання більшості виробничих операцій. Він досягається забезпеченням необхідної освітленості приміщення, робочого місця або рівномірним освітленням об'єкта праці.

У виробничих приміщеннях промислових будівель застосовується освітлення:

- природне;
- штучне;
- суміщене.

Природне освітлення здійснюється через отвори в огороджуючих конструкціях будівлі та може бути:

– боковим – через вікна у стінах;
– верхнім – через ліхтарі, які улаштовують у покритті;
– комбінованим, яке поєднує водночас бокове і верхнє.

Штучне освітлення здійснюється за допомогою електричних освітлювачів різноманітного типу з лампами розжарювання, з різноманітними газорозрядними лампами, в тому числі з люмінесцентними та ін.

Суміщена система освітлення передбачає освітлення робочих місць одночасно з природним та штучним освітленням.

3 Шум у промислових будівлях

Шум, який виникає під час роботи технологічного устаткування, є шкідливим фактором виробництва. Відомо, що коли шум на 15–20 дБ перевищує допустимі значення, продуктивність праці знижується на 10–20 %, підвищується виробничий травматизм, виникають професійні захворювання. Згідно із санітарними нормами, допустимі величини шуму обмежують:

– 90 дБ при низькочастотному;
– 80 дБ при середньочастотному;
– 75 дБ при високочастотному.

Боротьба з виробничими шумами ведеться за такими основними напрямами:

– із джерелом шуму (технічні заходи);
– на робочих місцях (біруші, навушники);
– на шляху поширення шуму (архітектурно-будівельні заходи).

4 Протипожежна та противибухова безпека

Протипожежна (ППБ) та противибухова безпека (ПВБ) забезпечується *планувальними* та *конструктивними* заходами відповідно до категорії підприємства за вибухопожежною небезпекою.

Планувальними заходами є вибір:

– поверховості будівлі;

– місць розташування найбільш небезпечних дільниць виробництва та протипожежних перешкод;

– забезпечення шляхів евакуації людей.

Небезпечні дільниці розташовують в одноповерхових будівлях або на останніх поверхах біля зовнішніх стін. Евакуацію людей з таких дільниць передбачають безпосередньо назовні або через суміжні приміщення з виробництвами, безпечними у пожежному відношенні. Довжина евакуаційних шляхів – відстань між найбільш віддаленим робочим місцем та найближчим до нього виходом – повинна бути не більше 80–100 м.

Конструктивними заходами забезпечення ППБ та ПВБ служать використання:

– негорючих матеріалів для будівельних виробів та конструкцій (особливо на шляхах евакуації);

– *легкоскидних огороджень* (стіни з азбоцементних, алюмінієвих, сталевих листів, вікна, світлові ліхтарі, розчинні двері та ворота).

Питання для семінарського заняття

1. Наведіть класифікацію промислових будівель за видом галузі промисловості, роллю у виробничому процесі, вибухо- та пожежонебезпечністю виробництв.
2. Наведіть класифікацію промислових будівель за об’ємно-планувальним і конструктивним рішенням.
3. Наведіть основні фактори, що враховуються при проектуванні промислових будівель.
4. Охарактеризуйте повітряне середовище промислових будівель.
5. Охарактеризуйте боротьбу з шумом у промислових будівлях.
6. Охарактеризуйте протипожежну та противибухову безпека як фактор, що враховується при проектуванні промислових будівель.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: навчальний посібник / Васильченко О.В. – Харків, 2007. – 257 с.

2. Васильченко О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – 372 с.

3. СНиП 2.09.02-85*. Производственные здания.
4. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий.
5. ДБН 360-92**. Планування і забудова міських і сільських поселень
6. ДБН В.1.1-7-2016. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
7. ДБН В.2.2-9:2009. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
8. ДБН В.2.2-15-2005. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.
9. ДБН В.2.5-56:2014. Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту.
10. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні.

ЛЕКЦІЯ 3
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ТА СТІЙКОСТІ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

План:

3.1 Класифікація навантажень

3.2 Вплив згинальних навантажень на залізобетонні конструкції

3.3 Вплив стискальних навантажень на залізобетонні конструкції

3.4 Забезпечення міцності балкових конструкцій

3.5 Забезпечення жорсткості та стійкості промислових будівель. В'язи каркаса

Метод розрахунку конструкцій *за граничними станами* є подальшим розвитком методу розрахунку за руйнуючими зусиллями. Він був розроблений в СРСР та прийнятий у 1955 р. у Будівельних нормах та правилах для розрахунку усіх будівельних конструкцій.

Граничним станом зветься такий стан конструкції, при якому вона перестає задовольняти заданим вимогам виготовлення або експлуатації, тобто втрачає здатність чинити опір зовнішнім навантаженням і впливам або одержує неприпустимі переміщення або місцеві пошкодження.

За цим методом передбачаються дві групи граничних станів:

1) перша група граничних станів – *за втратою несучої здатності* або повною непридатністю до експлуатації;

2) друга група граничних станів – *за непридатністю до нормальної експлуатації.*

За граничними станами 1-ї групи конструкції перевіряються розрахунком на максимальні (розрахункові) навантаження і впливи, можливі у разі порушення нормальної експлуатації. Умова перевірки для 1-ї групи граничних станів записується в загальному вигляді:

$$N \leq \Phi, \tag{3.1}$$

де N – найбільше можливе зусилля за весь період експлуатації (поздовжня, поперечна сила, момент) у конструктивному елементі, що розглядається, яке виникає в ньому від невигідного сполучення зовнішніх навантажень або інших впливів, функція експлуатаційного навантаження, коефіцієнта надійності за навантаженням, інших факторів (наприклад, розрахункової схеми, коефіцієнта динамічності); Ф – найменша можлива величина несучої здатності елемента за весь період експлуатації (опір; несуча здатність спроможність перерізу), функція геометричних характеристик перерізу, міцності матеріалів, коефіцієнтів надійності за матеріалом, коефіцієнтів умов роботи.

За граничними станами 2-ї групи конструкції перевіряються розрахунком на експлуатаційні (нормативні) навантаження і впливи, що відповідають нормальній експлуатації конструкцій без урахування екстремальних ситуацій. Перевірка для 2-ї групи граничних станів здійснюється за наступними умовами:

1) за утворенням тріщин:

$$\Delta \le [\Delta] \quad \text{або} \quad \sigma \le R_{crc}, \tag{3.2}$$

де Δ – ширина розкриття тріщин, величини зворотних деформацій, переміщень та ін., які виникають у результаті дії експлуатаційних навантажень (функція навантажень, властивостей матеріалів, параметрів конструкцій); $[\Delta]$ – відповідна гранична величина, встановлена нормами або така, що задається при проектуванні, гарантує нормальну експлуатацію конструкції; σ – напруження; R_{crc} – опір елемента утворенню тріщин;

2) за деформаціями (переміщеннями):

$$f \le f_{lim}, \tag{3.3}$$

де f – прогин (амплітуда коливань) та інші деформації; f_{lim} – гранично припустимі значення деформації.

3.1 Класифікація навантажень

Навантаження та впливи при розрахунку конструкцій приймають відповідно до «ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування».

1. Залежно від виду прикладення механічних навантажень до конструкцій їх поділяють на розтягувальні, стискальні, згинальні, зсувні, крутильні та ін. Простіше їх називають: *розтяг, стиск, вигин, зсув, крутіння* тощо.

Стиск – вид деформації, при якому зовнішні сили діють уздовж осі елемента, що проходить крізь центр його маси, та викликають зменшення його довжини у цьому напрямку.

Вигин – вид деформації, при якому під дією зовнішнього навантаження викривлюється вісь або серединна поверхня елемента (балки, плити) та при цьому відсутні різкі зміни поперечних перерізів елемента (рис. 3.1). *Чистий вигин* – при якому зовнішня сила діє перпендикулярно осі елемента, закріпленого з одного боку або на кінцях.

Згинальний момент – добуток сили, що діє під кутом до поздовжньої осі елемента, жорстко закріпленого хоча б в одній точці, на плече між точкою фіксації елемента та лінією дії сили.

$$M = P \cdot l \qquad (3.4)$$

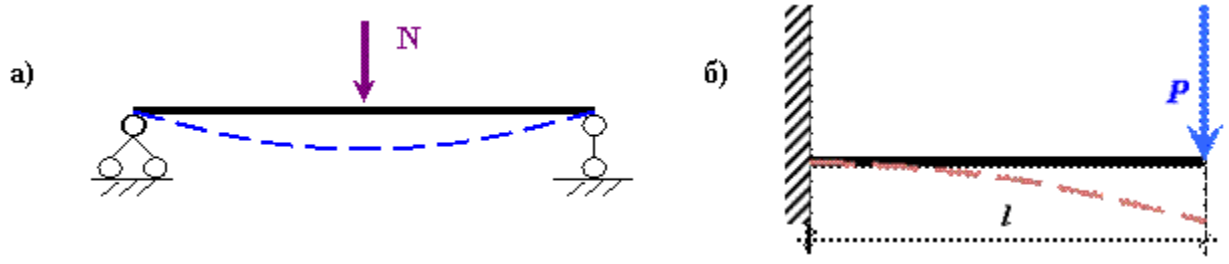


Рисунок 3.1 – Схема утворення вигину:

а) при викривлюванні серединної поверхні елемента; б) консольний вигин

Згинальний момент – обертове навантаження відносно точки опори, яке викликає вигин елемента.

2. Залежно від причин виникнення навантаження і впливи поділяються на *основні та епізодичні*.

3. Залежно від змінюваності у часі впливи поділяються на *постійні та змінні (тимчасові)*.

Залежно від тривалості неперервної дії змінні навантаження і впливи поділяються на:

– *тривалі;*
– *короткочасні;*
– *епізодичні (особливі)*.

При будь-якому навантаженні конструктивний елемент деформується; при цьому в ньому виникають внутрішні напруження, які впливають на стан елемента. Такий стан називають *напружено-деформованим*. При поступовому збільшенні навантаження в конструкціях відмічають **3 характерні** *стадії напружено-деформованого стану*:

1. Стадія пружних деформацій при незначних навантаженнях.

2. Стадія пластичних деформацій при значних (нормативних) навантаженнях. Саме для цієї стадії для визначення можливості нормальної експлуатації конструкцій проводяться розрахунки за граничними станами 2-ї групи для недопущення виникнення в конструкціях надмірних переміщень (прогинів, зсувів, кутів повороту, амплітуд коливань), а також утворення надмірного або тривалого розкриття тріщин, які ускладнюють нормальну експлуатацію (при збереженні несучої здатності).

3. Стадія руйнування при максимальних (розрахункових) навантаженнях, коли напруження у конструкції досягають межі міцності її матеріалу. Для цієї стадії проводяться розрахунки за граничними станами 1-ї групи для визначення умов, коли необхідно припинити експлуатацію конструкції для запобігання її руйнуванню.

3.2 Вплив згинальних навантажень на залізобетонні конструкції

До згинальних елементів відносяться плити, балки міжповерхових і горищних перекриттів та покриттів, підвісні панелі зовнішніх стін (ненесучі), фундаментні, обв'язувальні та підкранові балки, консолі.

<u>СТАДІЯ 1</u>

Навантаження і напруження в бетоні й арматурі є малими (M_1). При цьому деформації у стиснутій та розтягнутій зонах є пружними.

Епюра напружень є прямолінійною (рис. 3.2).

На кінцевому етапі напруження бетону в розтягнутій зоні досягають межі міцності R_{bt}.

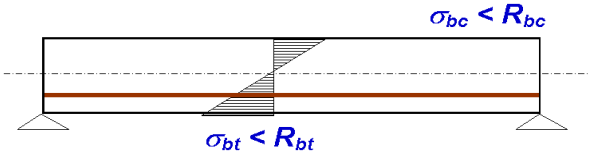


Рисунок 3.2 – Схема напружень залізобетонного елемента на 1-й стадії напружено-деформованого стану

<u>СТАДІЯ 2</u>

Зі збільшенням навантаження (M_2):

- у стиснутій зоні бетону деформації залишаються пружними;
- у розтягнутій зоні бетону розвиваються непружні (пластичні) деформації.

Епюра напруг у стиснутій зоні бетону є прямолінійною. Епюра напруг у розтягнутій зоні бетону є криволінійною (рис. 3.3).

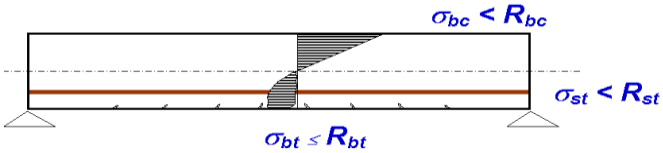


Рисунок 3.3 – Схема напружень залізобетонного елемента на 2-й стадії напружено-деформованого стану

При подальшому збільшенні навантаження в бетоні в розтягнутій зоні зразка з'являються *мікротріщини*. На цій стадії виконуються розрахунки за утворенням тріщин. Зберігається сумісність роботи бетону та арматури.

<u>СТАДІЯ 2 (ПРОМІЖНА)</u>

При подальшому збільшенні навантажень (M_3) деформації в розтягнутій зоні бетону досягають межі і на розтягнутій грані з'являються

помітні тріщини (рис. 3.4). Ці тріщини зі збільшенням навантажень все більше розкриваються і збільшуються по висоті перерізу. Бетон розтягнутої зони поступово виключається з роботи. Тобто сумісність роботи бетону та арматури поступово втрачається.

У стиснутій зоні бетону виникають пластичні деформації, але напруження бетону є меншими за межу міцності на стиск.

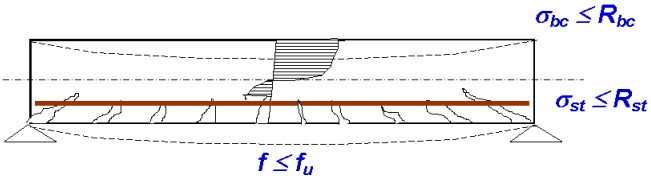


Рисунок 3.4 – Схема напружень залізобетонного елемента на 2-й проміжній стадії напружено-деформованого стану

На кінцевому етапі цієї стадії тріщини поширюються до нейтральної осі, розтягувальні зусилля сприймаються тільки арматурою, і напруження в розтягнутій арматурі наближаються до межі міцності R_{st}. Деформації з пружно-пластичної стадії поступово перетікають у пластичну. На цій стадії виконуються розрахунки за 2-ю групою граничних станів. тобто визначається розмір розкриття тріщин і розмір прогину.

<u>СТАДІЯ 3 (РУЙНАЦІЇ).</u>

При екстремальному збільшенні навантажень (M_4), завдяки подальшому розкриттю та збільшенню довжини тріщин, товщина стиснутої зони бетону зменшується.

Руйнування залізобетонного елемента на цій стадії можна описати таким чином:

– епюра стискальних напружень сильно викривлюється (рис. 3.5);

– напруження у стиснутій зоні бетону досягають межі міцності на стиск $\sigma_{bc} = R_{bc}$;

– напруження в розтягнутій арматурі досягають межі міцності $\sigma_{st} = R_{st}$.

Руйнування елемента при значному навантаженні може відбуватися за двома характерними випадками.

У першому випадку в нормально армованих елементах руйнування має *пластичний характер*. Воно починається з боку розтягнутої арматури. Напруження в арматурі досягають межі текучості $\sigma_{st} = R_{st}$, що стає причиною наступного досягнення межі міцності на стиск бетону стиснутої зони, його руйнування та руйнування елемента в цілому. Руйнування відбувається поступово.

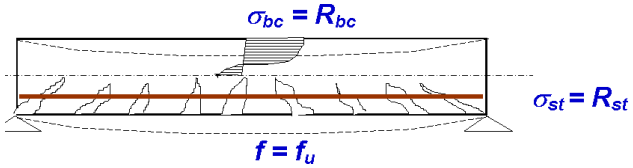


Рисунок 3.5 – Схема напружень залізобетонного елемента на 3-й стадії напружено-деформованого стану

У другому випадку, коли застосовано занадто тверду сталь або надлишкову кількість арматури, відбувається *крихке руйнування*. Воно починається з боку стиснутої зони. Напруження у стиснутій зоні бетону досягають межі міцності при напруженнях в арматурі σ_s, менших за межу текучості σ_y (переармований переріз). Руйнування відбувається раптово.

На 3-й стадії виконуються розрахунки за 1-ю групою граничних станів, тобто визначається несуча здатність всіх елементів, що вигинаються.

Розрахунок згинальних елементів базується на умовах міцності та рівноваги:

а) Умова міцності: $M \leq M_{cer}$

де M – момент зовнішніх сил; M_{cer} – гранична несуча здатність згинального елемента при $\sigma_b = R_b$; $\sigma_s = R_s$;

б) Умова рівноваги: $\Sigma M_i = 0$ та $\Sigma N^x_i = 0$,

де N^x – проекція діючої сили на горизонтальну вісь.

Мета розрахунку зводиться до визначення розмірів поперечного перерізу елемента і площі поперечного перерізу розтягнутих робочих арматур, що гарантують надійну роботу залізобетонних конструкцій протягом заданого терміну служби споруд.

Міцність нормального перерізу елемента вважають забезпеченою, якщо зовнішній момент M не перевищує несучої здатності матеріалу перерізу елемента. А рівновагу елемента вважають забезпеченою, якщо відносно якоїсь осі урівноважуються усі зовнішні моменти M_i і також урівноважуються проекції усіх сил N^x_i на обрану вісь.

У процесі розрахунків розрізняють *статично визначені* та *статично невизначені системи*.

Статично визначена система – геометрично незмінна система, в якій реакції зв'язків та внутрішні зусилля в елементах можна визначити, користуючись тільки рівняннями статики (*розрізні згинальні елементи з шарнірним* закріпленням кінців).

Статично невизначена система – в якій реакції зв'язків та/або внутрішні зусилля в елементах не можна визначити, користуючись тільки рівняннями статики, а потрібні додаткові рівняння, що характеризують

деформацію системи (*згинальні елементи нерозрізні або з жорстким* закріпленням кінців).

3.3 Вплив стискальних навантажень на залізобетонні конструкції

В будівництві є багато прикладів, коли будівельні елементи працюють на стиск. Частіше за все це колони, стояки, опори, які витримують вагу конструкцій, що розташовані вище, та передають навантаження на фундамент.

Залежно від місця прикладення до елемента стискаючих навантажень розрізняють *центральне стискання та позацентрове стискання* (рис. 3.6).

Центрально стиснутими називають елементи, в яких подовжні стискальні сили прикладені у точці центру симетрії та діють у напрямку поздовжньої осі симетрії елемента.

Позацентрово стиснутими називають елементи, у яких розрахункові подовжні стискальні сили N_i за прикладенням не співпадають з точкою центру симетрії та діють із початковим ексцентриситетом e_o відносно осі симетрії елемента або у яких одночасно діють осьова подовжня стискальна сила N та згинальний момент M. Це колони, перегородки і стіни будівель, елементи ферм і арок. Колони багатоповерхових будівель розглядають як позацентрово стиснуті елементи.

Ексцентриситетом називають відстань від осі симетрії елемента до точки прикладення стискаючих навантажень.

Завдяки ексцентриситету в позацентрово стиснутих конструкціях виникає згинальний момент.

$$M = N_i \cdot e_{oN} . \tag{3.5}$$

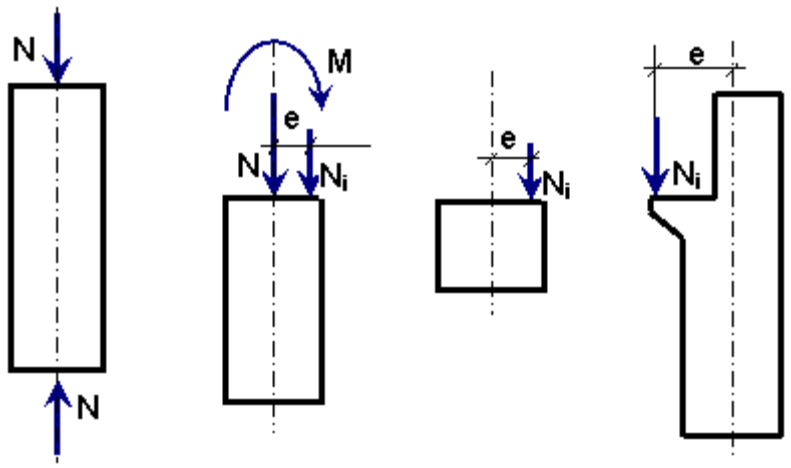


Рисунок 3.6 – Схема утворення центрально-стискальних та позацентрово-стискальних навантажень

Сукупність осьової подовжньої стискальної сили N і згинального моменту M можна замінити силою N_1, також діючою з початковим ексцентриситетом $e_o = e_{oN}$, який приймають за даними статичного розрахунку конструкції:

$$e_{0N} = \frac{M}{N}, \qquad (3.5,а)$$

де M – згинальний момент; N – подовжня сила.

Малим називають ексцентриситет, коли точка прикладення стискальних навантажень лежить у межах перерізу стовбура колони. Він є характерним для безконсольних одностійкових колон, а також і для двостійкових колон.

Великим називають ексцентриситет, коли точка прикладення стискальних навантажень лежить поза межами перерізу стовбура колони. Він є характерним для консольних одностійкових колон.

Наявність ексцентриситету викликає появу згинального моменту і, відповідно, вигин елемента. Чим більше ексцентриситет, тим більше плече дії сили і тим більше згинання елемента. Такий вигин, за якого навантаження спрямоване паралельно поздовжній осі симетрії елемента з деяким ексцентриситетом, називають *поздовжнім*. Ексцентриситет відіграє роль плеча згинального моменту. Вигин стиснутого стержня відбувається внаслідок втрати ним стійкості при досягненні критичних напружень (рис. 3.7).

Поперечним називають вигин, при якому навантаження спрямоване перпендикулярно до поздовжньої осі симетрії елемента.

Відносний ексцентриситет для колон

$$m = \frac{M_{\max}}{N}\frac{A}{W}, \qquad (3.6)$$

де A – площа поперечного перерізу; W – момент опору перерізу.

Розрахунковий ексцентриситет визначається за таблицею залежно від відносного ексцентриситету m.

Випадковий ексцентриситет e_a обумовлений випадковими горизонтальними силами, початковими нормативними деформаціями елемента, нормативними похибками монтажу, нормативними похибками при виготовленні елемента, неоднорідністю розташування заповнювача бетону по перерізу елемента, нормативними похибками розташування подовжньої робочої арматури і допусками розмірів боків перерізу елемента.

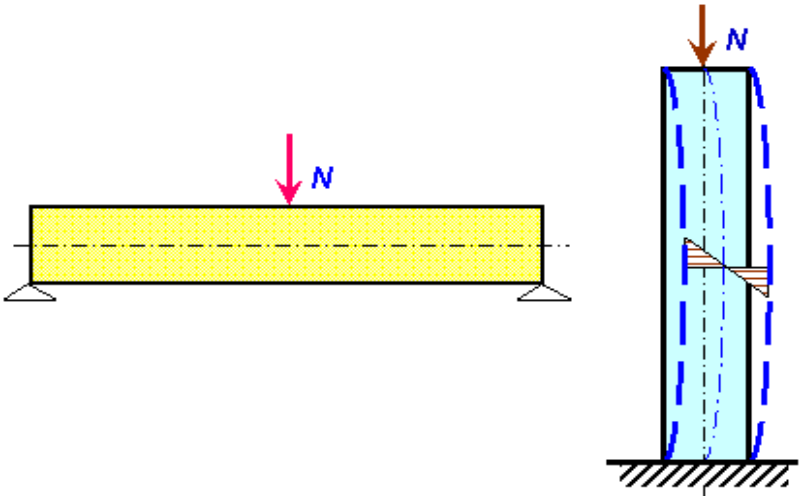


Рисунок 3.7 – Схема утворення поперечного та подовжнього вигину

Ексцентриситет e_o у будь-якому випадку при розрахунках колон приймають не менше випадкового ексцентриситету e_a, тому що під час будівництва неможливо ізолювати колони від дії зовнішніх чинників та забезпечити їх центральне стискання.

Для залізобетонних колон розрахункову величину випадкового ексцентриситету e_a приймають не менше:

$\frac{1}{600}$ – довжини елемента або довжини частини елемента (між точками закріплення);

$\frac{1}{30}$ – ширини перерізу елемента.

Таким чином, теоретично центрально стиснуті елементи розраховують як позацентрово стиснуті з випадковими ексцентриситетами, тобто $e_o = e_a$.

Позацентрово стиснуті елементи виконуються з бетону не нижче класу В15, а важко навантажені – не нижче класу В25.

При проектуванні одно- та багатоповерхових промислових і цивільних будівель в основному використовуються типові колони.

Колона – вертикальна стержньова несуча конструкція (опора), яка сприймає навантаження від перекриттів та покриттів і передає їх на фундамент.

За призначенням колони поділяють на:

1) безкранові (безконсольні) – призначені для будівель без мостових кранів;

2) кранові (консольні) – призначені для будівель із мостовими кранами.

За конструктивним рішенням колони бувають:

– одностійкові (одноопорні);

– двостійкові (двохопорні).

Поперечний переріз типових залізобетонних колон буває квадратний, прямокутний (інколи круглий або багатогранний). Колони квадратного і

прямокутного перерізів є найбільш технологічними при виготовленні. При цьому колони перерізом менше 300×300 не виробляють.

Чим більше довжина елемента, тим важче забезпечити його осьовий стиск.

При стиску опір дії зовнішньої сили N чинять бетон і несуча сталева арматура, здатність яких до моменту руйнації елемента використовується цілком.

Арматуру в залізобетонній колоні складають поздовжні та поперечні стержні, поєднані в єдиний каркас, та побічна арматура.

Подовжня робоча арматура служить для збільшення несучої здатності елемента. Вона сприймає розтягувальні навантаження при поздовжньому вигині. А також вона служить для зменшення впливу випадкових ексцентриситетів, неоднорідності та повзучості бетону, для сприйняття зусиль при транспортуванні та монтажі елемента.

Поперечна арматура забезпечує жорсткість колони. Вона запобігає місцевій втраті стійкості на відрізку між поперечними стержнями, не дає "випучуватися" поздовжній арматурі.

Побічна арматура у вигляді спіралей, кілець або зварних сіток перешкоджає поперечному розширенню бетону, підвищуючи його міцність при поздовжньому стисканні, підсилює кінцеві ділянки колони, запобігаючи їх зім’яттю та розтріскуванню при навантаженні.

При стискальних навантаженнях конструктивний елемент деформується, при цьому в ньому виникають внутрішні напруження, які впливають на стан елемента. Таким чином утворюється напружено-деформований стан стиснутого елемента.

Основні розрахункові формули базуються на допущенні, що несуча здатність залізобетонної колони дорівнює сумі несучих здатностей бетону й арматури. Зусилля, яке може сприйняти арматура, залежить від напруження в ній у момент руйнування колони. А напруження в арматурі під час руйнування визначаються деформацією бетону в цей момент, оскільки, завдяки зчепленню, деформації сталі та бетону є однаковими.

З цього випливає, що зусилля, яке сприймається арматурою при руйнуванні колони, дорівнює межі текучості сталі, помноженій на площу перерізу арматури

$$N_{\text{р}} = A_b R_b + A_s R_s . \tag{3.7}$$

Коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою

$$k = \frac{A_b R_b + A_s R_s}{N} . \tag{3.8}$$

Коли розрахований коефіцієнт запасу міцності дорівнює чи більше нормативного, то переріз можна вважати досить надійним.

Коли висота колони є значно більшою за її поперечні розміри, руйнування може статися від втрати стійкості (поздовжнього вигину). При цьому втрата стійкості відбувається раніше, ніж напруження в бетоні від нормальної сили досягнуть межі міцності: колона вигинається, далі з'являються тріщини і бетон руйнується.

Здатність стиснутого елемента вигинатися під дією стискальних навантажень характеризує параметр λ – *гнучкість* стержня, який має особливе значення. Він, головним чином, впливає на величину критичного напруження, тобто – на здатність стержня чинити опір втраті стійкості.

Гнучкість є функцією геометричних характеристик стиснутого елемента:

$$\lambda = \frac{\ell_0}{i_{\min}}, \tag{3.9}$$

де $i_{\min}$ – мінімальний радіус інерції перерізу (втрата стійкості відбувається у площі найменшої жорсткості); ℓ_0 – розрахункова довжина стержня

$$\ell_0 = \mu \ell, \tag{3.10}$$

де μ – коефіцієнт гнучкості – зведення геометричної довжини ℓ до розрахункової; він залежить від умов закріплення кінців стержня (рис. 3.8).

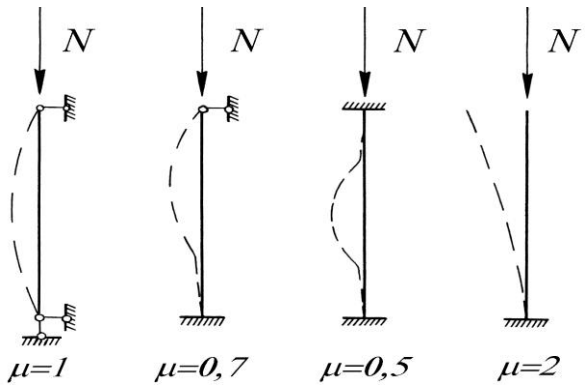


Рисунок 3.8 – Коефіцієнти до визначення розрахункової довжини центрально стиснутих елементів

Критичні напруження залежать також від показників опору матеріалу пружним і пластичним деформаціям (*E, T*), а також від початкових недосконалостей (при виготовленні і монтажі) та інших факторів, які можуть знизити стійкість стиснутого елемента.

До практики розрахунку, щоб уникнути визначення кожного разу $\sigma_{кр}$, введено *коефіцієнт поздовжнього вигину* φ:

$$\varphi = \frac{\sigma_{кр}}{R_y}. \qquad (3.11)$$

3.4 Забезпечення міцності балкових конструкцій

Балки – найбільш поширені будівельні конструкції. Вони знайшли широке застосування у будівництві найрізноманітніших споруд: громадських, цивільних і промислових будівель; мостів; естакад; гідротехнічних споруд тощо. Балки є простими за конструкцією, недорогими у виготовленні та надійними в роботі. Вони призначені для сприйняття навантажень, прикладених у прольоті, передачі їх на опори і працюють, в основному, на поперечний вигин.

Під сталевими балковими конструкціями розуміють горизонтально розташовані перекриття житлових та громадських будівель, робочі майданчики цехів, проїзну частину мостів та інші аналогічні конструкції.

У процесі проектування таких конструкцій важливо правильно обрати схему розташування несучих балок, кожна з яких отримала назву балкової клітки. ***Балкова клітка –*** *система несучих балок,* яка застосовується для сприйняття навантажень від огороджувальних конструкцій перекриття або технологічних майданчиків. Балкові клітки також можуть виготовлятися із залізобетонних елементів.

Основні розміри балкової клітки у плані та за висотою, тобто генеральні розміри перекриттів, як правило, задають виходячи з вимог розташування обладнання та зручності експлуатації.

За способом спирання балкові клітки поділяють на три основних типи (рис. 3.9):

– спрощений;

– нормальний;

– ускладнений.

У *спрощеній балковій клітці* вертикальні навантаження передаються через настил на *балки настилу* і через них – на стіни, що обмежують площадку (або на стіни та інші несучі конструкції). Балки настилу розташовуються звичайно паралельно меншій стороні перекриття на таких відстанях *a* (крок балок), щоб була забезпечена жорсткість настилу. Їх, як правило, приймають прокатними.

У *нормальній балковій клітці* вертикальні навантаження передаються через настил на балки настилу і через них – на *головні балки*, які спираються на колони.

В *ускладненій балковій клітці* вертикальні навантаження передаються через настил на балки настилу, а через них – на *допоміжні балки*, які, у свою чергу, встановлені на головні балки, що спираються на колони. Допоміжні балки призначені для раціональнішого розподілу навантажень між елементами балкової клітки.

Балки, що підтримують перекриття – настил (сталевий лист, залізобетонну плиту або дерев`яний настил) та корисне навантаження (масу обладнання і людей), – можна розташовувати в одному або у двох напрямках. В першому випадку балки, що перекривають проліт, розташовуються на такій відстані одна від одної (крок балок), щоб була забезпечена жорсткість настилу, та спираються на стіни або окремі опори. У другому випадку балкова клітка складається з головних (Б1) та допоміжних (Б2) балок (рис. 3.9 та 3.10).

Головні балки Б1 перекривають увесь проліт перекриття (при значних прольотах вони спираються ще на проміжні опори), а допоміжні балки Б2 перекривають проліт між головними балками та спираються на них.

За взаємним розташуванням головних та допоміжних балок розрізняють такі типи балкових кліток:

1. З поповерховим розташуванням балок (рис. 3.9). При *поповерховому сполученні* балки, що безпосередньо підтримують настил, укладаються зверху на головні. Це найбільш простий і зручний у монтажному відношенні спосіб сполучення балок, але він потребує найбільшої конструктивної ($h_к$) та будівельної ($h_{буд}$) висоти.

2. З розташуванням допоміжних балок в одному рівні з головними (рис. 3.9). У випадку сполучення балок *в одному рівні* верхні полки балок настилу і головних балок розташовуються в одному рівні, а на них спирається настил. Цей спосіб дозволяє збільшити висоту головної балки при заданій будівельній висоті перекриття, але істотно ускладнює конструкцію обпирання балок.

3. Зі зниженим розташуванням допоміжних балок (рис. 3.9). Таке конструктивне рішення застосовується в балкових клітках ускладненого типу і використовується при товстому настилі (наприклад, залізобетонні плити). У ньому допоміжні балки примикають до головної нижче рівня верхнього пояса головної балки, а на них встановлюють балки настилу.

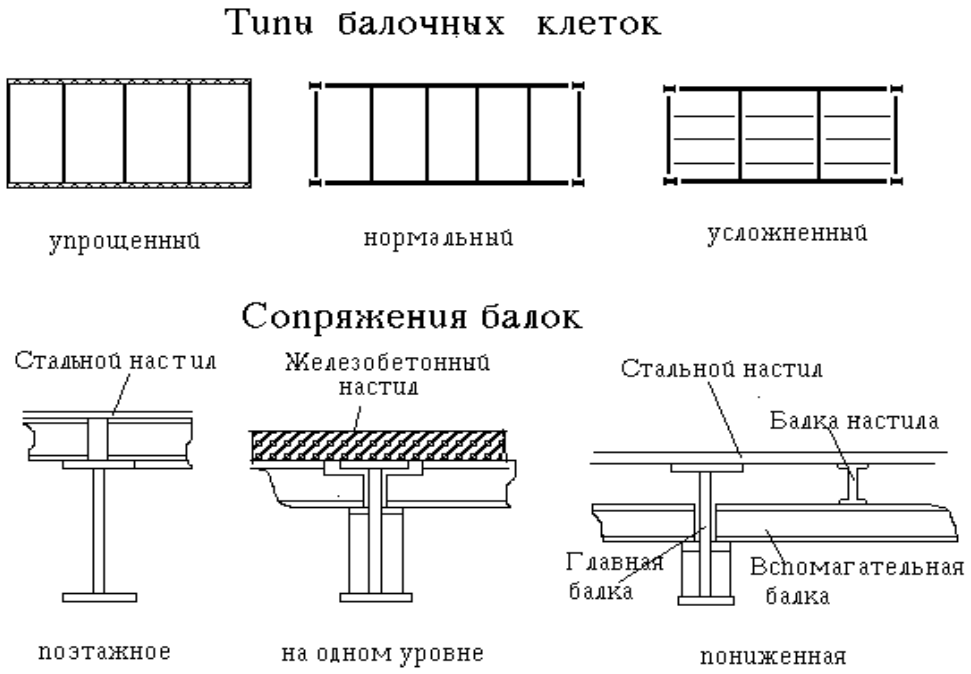


Рисунок 3.9 – Типи балкових кліток. Сполучення балок

Вибір типу балкової клітки визначається економічними розуміннями, а також заданими габаритами, які диктуються вимогами експлуатації. Для наданих конкретних умов проектування тип балкової клітки встановлюється на основі порівняння варіантів.

Схема розміщення допоміжних балок залежить, передусім, від типу настилу: кожному типу настилу відповідають прольоти, при яких забезпечується його жорсткість, а проліт настилу диктує крок допоміжних балок, на які він спирається. Так, для настилу з великорозмірних залізобетонних плит використовуються несучі сталеві балки, розташовані в одному напрямку з кроком, рівним довжині плити. У разі застосування суцільної монолітної плити крок допоміжних балок залежить від її товщини та приймається від 1,5 м до 3,5 м. Проліт сталевого листового настилу (гладкого), залежно від його товщини, і відповідний крок допоміжних балок змінюються в межах від 0,6 м до 1,8 м. Можна збільшити крок допоміжних балок під сталевий настил, але в цьому випадку між ними необхідно розташувати додаткові балки настилу з кроком 0,6…1,5 м. Така схема з трьома типами балок використовується рідко, тому що значне збільшення кількості балок призводить до значного збільшення трудомісткості монтажу.

Порядок проектування балкової клітки є таким:

– визначення навантажень;

– розрахунок настилу та допоміжних балок для варіантів балкової клітки;

– порівняння варіантів та вибір оптимальної схеми;

– розрахунок головної балки;

– вибір типу сполучення балок (з урахуванням обмеження на будівельну висоту перекриття), розрахунок сполучень;

– розрахунок опор.

При співставленні розрахункових схем для елементів балкової клітки важливо правильно визначити навантаження, що припадають на кожну балку. В загальному випадку, коли на покриття діють нерівномірно розподілені та зосереджені навантаження (наприклад, від технологічного обладнання), така задача є достатньо складною.

При дії на балкову клітку суцільного рівномірно поширеного навантаження (більшість випадків) визначити відповідну кожному елементу «вантажну площу» нескладно. На рис. 3.10 вантажна площа допоміжної балки зазначена цифрою 1 і заштрихована; вона має ширину a (крок балок) та довжину b (розрахунковий проліт). Якщо перекриття навантажене навантаженням q_o (кН/м^2), то розподілена на 1 погонний метр довжини балки дія буде: $q = q_o \cdot A$ (кН/м).

Вантажна площа головної балки і середньої колони, яка підтримує балкову клітку, зазначена відповідними цифрами 2 та 3.

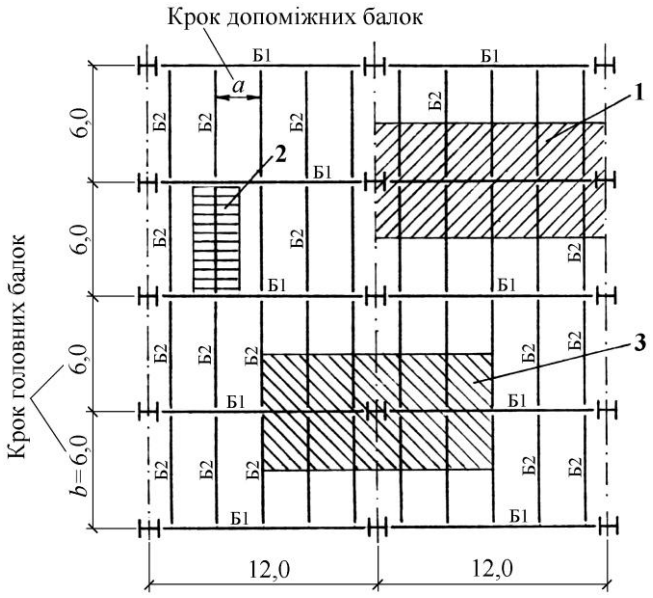


Рисунок 3.10 – Схема розподілу навантажень на елементи балкової клітки

В загальному випадку навантаження по складових елементах балкової клітки розподіляються наступним чином:

1) настил, сприймаючи деяке технологічне навантаження, розподіляє його по своїй площі, створюючи розподілене навантаження, яке діє на балку настилу;

2) балка настилу сприймає розподілене навантаження і, спираючись на головну балку, зазнає опорних реакцій у місцях спирання;

3) головна балка, що завантажена системою зосереджених навантажень, спрямованих під кутом до поздовжньої осі балки (поперечне згинання), які утворені опорними реакціями балок настилу, спираючись на колони зазнає опорних реакцій у місцях спирання;

4) опорна реакція головної балки створює вертикальне навантаження на колону, яке діє з деяким ексцентриситетом (поздовжній вигин);

5) навантаження від колони передається на фундамент.

З економічних розумінь схему балкової клітки потрібно призначати такою, щоб допоміжні балки можна було приймати виготовленими із прокатних елементів. Головні балки частіше за все виходять складеними (зварними). За достатньої несучої здатності та можливості поставки раціонально приймати головні балки та колони зі стандартних широкополицевих двотаврів із паралельними гранями полиць.

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть, для чого призначена арматура у залізобетоні та яким чином досягається сумісність роботи бетону та арматури.
2. Розкрийте призначення захисного шару бетону та його товщину для різних конструкцій.
3. Дайте характеристику стадій напружено-деформованого стану залізобетонної конструкції.
4. Дайте визначення поняття «центральне стискання».
5. Дайте визначення поняття «позацентрове стискання».
6. Дайте визначення поняття «ексцентриситет». Наведіть та охарактеризуйте його різновиди. Поясніть, як він впливає на гнучкість стиснутого елемента.
7. Наведіть основні схеми закріплення вертикальних конструкцій.
8. Дайте визначення поняття «розрахункова довжина вертикальної конструкції».
9. Дайте визначення поняття «гнучкість залізобетонних елементів». Поясніть вплив гнучкості на розрахункову довжину елемента.
10. Дайте визначення поняття «стиснуті залізобетонні елементи». Наведіть їх класифікацію.
11. Поясніть, від чого залежить напружено-деформований стан позацентрово стиснутого елемента.
12. Поясніть, для чого призначена поздовжня та поперечна арматура в залізобетонній колоні.
13. Дайте визначення поняття «балкова клітка». Наведіть основні різновиди балкових кліток та їх складові елементи.

3.5 Забезпечення жорсткості та стійкості промислових будівель. В'язи каркаса

КАРКАСИ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Каркас будівлі – просторова жорстка система лінійних несучих конструкцій, яка сприймає усі силові навантаження і передає їх на фундаменти. *Каркас складається з вертикальних і горизонтальних (похилих) елементів.* Вертикальні елементи мають узагальнюючу назву *стояк (опора, колона)*, а горизонтальні – *ригель (балка).* Вони можуть бути суцільними або ґратчастими. Звичайно каркас реалізується у вигляді просторової клітки або решітки, які служать кістяком для спирання огороджувальних конструкцій та обладнання (рис. 3.11).

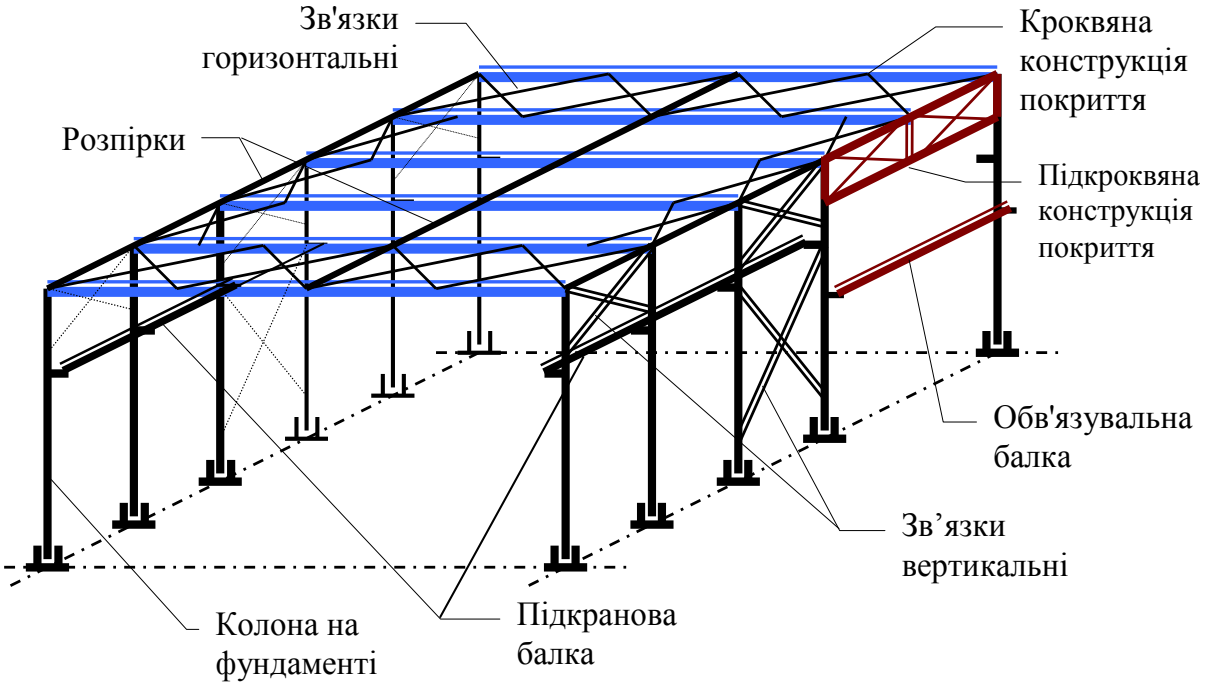


Рисунок 3.11 - Схема каркаса промислової будівлі

На каркас діють такі *силові та несилові* навантаження (рис. 3.12):

– статичні постійні та тимчасові (власна вага споруди, тиск ґрунту, вага обладнання, реакція опор тощо);

– динамічні тимчасові (тиск вітру, пересування обладнання, вантажів, транспорту, людей, вібрації від роботи обладнання тощо);

– перемінні температури, випаровування вологи або хімічних речовин, корозія, шум, інфільтрація повітря тощо.

Площинна стержнева система, вертикальні та горизонтальні (похилі) елементи якої жорстко сполучені між собою в усіх або деяких вузлах, називається *рамою*. Таким чином, каркас будівлі можна уявити як систему зв'язаних між собою *рам*.

Залежно від характеру сполучення елементів *рами* один з одним розрізняють такі схеми (рис. 3.13):

– *шарнірні*, у яких сполучення всіх елементів один з одним при розрахунку приймають шарнірними;

– *жорсткі*, у яких елементи жорстко сполучені один з одним;

– *змішані*, у яких частина елементів сполучається шарнірно, а частина – жорстко (такі системи застосовуються найбільш часто).

При проектуванні каркас будівлі звичайно розчленовують на дві системи – *поперечну і подовжню*; робота кожної системи під навантаженням приймається незалежною.

До складу *поперечної системи* каркаса включають колони, ригелі (балки) перекриттів, кроквяні конструкції покриттів (балки, ферми).

До складу *подовжньої системи* каркаса включають колони (входять одночасно й у поперечну систему), підкранові балки, підкроквяні конструкції, вертикальні в'язи і ті з подовжніх елементів, що одночасно виконують роль зв'язкових, забезпечуючи стійкість колон і незмінність системи (рис. 3.14).

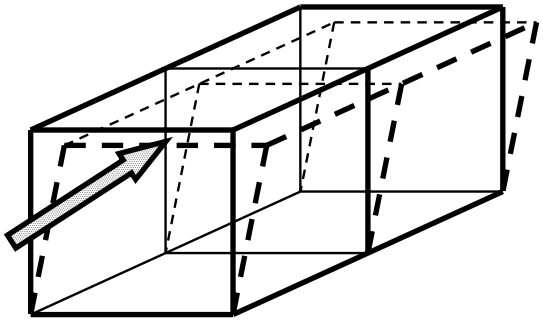
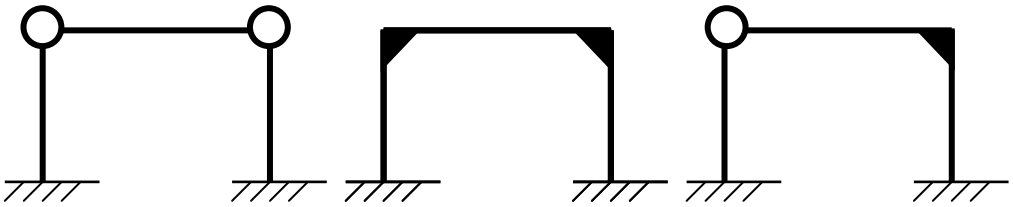


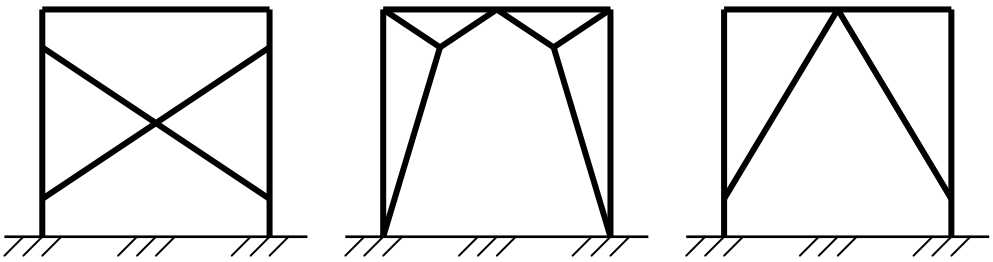
Рисунок 3.12 – Схема деформації каркаса при впливі горизонтального навантаження



а) **б)** **в)**

Рисунок 3.13 – Схеми сполучень елементів рами каркаса:

а) шарнірне; б) жорстке; в) змішане



а) б) в)

Рисунок 3.14 – Схеми вертикальних зв'язків між колонами:

а) хрестовий; б) портальний; в) розкісний

Вибір елементів, що включаються до кожної із систем каркаса, здійснюють залежно від конструктивної схеми будівлі.

Для забезпечення просторової жорсткості каркаса між подовжніми та поперечними рамами встановлюють систему спеціальних конструкцій – *зв'язків*. Розрізняють *в'язи вертикальні* та *горизонтальні* (див. рис. 3.11).

У поперечній системі (рамі) каркаса колони звичайно проектують жорстко замурованими у фундамент, що забезпечує незмінюваність рам при шарнірних схемах сполучення і надає їм великої жорсткості, а в подовжній системі – шарнірно обпертими, причому незмінюваність подовжньої системи забезпечується постановкою по колонах *вертикальних зв'язків каркаса* (рис. 3.14).

Горизонтальні в'язи розташовуються між ригелями рам і забезпечують стійкість при вітрових навантаженнях та у процесі роботи мостових кранів. Горизонтальні в'язи встановлюються по верхніх та нижніх поясах основних несучих конструкцій покриття. Їх роль виконують великопанельні плити покриття, приварені до *ригелів*, або хрестові сталеві горизонтальні конструкції .

Каркас будівлі характеризується такими *просторовими параметрами*:

Проліт (прогін) – це відстань між розбивними осями сусідніх опор каркаса будівлі, на які спирається кроквяна конструкція покриття.

Крок – відстань між розбивними осями сусідніх опор каркаса будівлі перпендикулярно до *прольоту* (відстань між суміжними кроквяними конструкціями покриття).

Висота поверху – відстань по вертикалі від рівня чистої підлоги (РЧП) нижчерозташованого поверху до РЧП вищерозташованого поверху або від рівня чистої підлоги до споду несучої конструкції покриття.

Проліт, крок та *висота поверху* звичайно уніфікуються до існуючої системи модульної координації розмірів.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗВ'ЯЗКІВ КАРКАСА

Просторова стійкість і жорсткість каркаса будівлі при горизонтальних вітрових і кранових впливах забезпечується конструкціями покриття (якщо вони виконані із залізобетонних панелей), підкрановими, підкроквяними, обв'язувальними балками, а за необхідності – додатково спеціальними вертикальними і горизонтальними зв'язками, які розташовуються між колонами і в покритті між фермами (в'язи шатра).

В'язи – це важливі елементи каркаса, що необхідні для:

– створення жорсткості каркаса, необхідної для забезпечення нормальних умов експлуатації;

– забезпечення незмінюваності просторової системи каркаса і стійкості його стиснутих елементів;

– сприйняття і передачі на фундаменти деяких навантажень (вітрових, горизонтальних від кранів);

– забезпечення спільної роботи поперечних рам при місцевих навантаженнях (наприклад, кранових);

– забезпечення умов високоякісного і зручного монтажу.

За класифікацією в'язи бувають:

1. За місцем розташування:
– в'язи між колонами;
– в'язи шатра.
2. За геометричними ознаками:
– лінійні (розпірки, балки);
– площинні (плити, ферми, решітки).
3. За орієнтацією:
– вертикальні;
– горизонтальні.
4. За матеріалом:
– залізобетонні;
– сталеві.

<u>В'язи між колонами</u>

Система зв'язків між колонами забезпечує під час експлуатації та монтажу геометричну незмінюваність каркаса і його несучої здатності в подовжньому напрямку (сприймаючи при цьому деякі навантаження), а також стійкість колон із площини поперечних рам.

Найбільш поширеною є зв'язкова система подовжніх конструкцій. За цією системою у кожному подовжньому ряду колон розташовуються *розпірки* та *вертикальні в'язи* між колонами, що сприймають навантаження, спрямовані уздовж будівлі, та передають їх на фундаменти.

Підкранові балки, ригелі фахверків (додаткових каркасів будівель, що організовуються за великого кроку колон), *балки площадок, перекриттів* та інших подовжніх елементів використовуються звичайно як *розпірки*, що входять до системи зв'язків подовжнього каркаса.

Вертикальні в'язи між колонами проектуються двох типів:

– *основні* – що розташовуються по усій висоті колон від фундаментів до підкранових балок або до верхнього кінця;

– *верхні* – що розташовуються в межах верхніх ділянок колон від підкранових балок до оголовка.

За геометричною формою в'язи між колонами бувають (рис. 3.14):

– хрестові;

– портальні;

– розкісні (підкісні);

– напіврозкісні.

Рекомендується за кроку колон до 12 м застосовувати в'язи зі звичайним *хрестовим* штахетом. Інші типи зв'язків – *напіврозкісні*, а також у вигляді *порталів* або *розкосів (підкосів)* – застосовуються, якщо є неможливим розміщення хрестового штахету або при кроку колон більше 12 м.

Вертикальні в'язи між колонами ставлять в усіх рядах колон будинку. Розташовувати їх слід між одними і тими ж самими осями.

Основні в'язи повинні сприймати подовжні зусилля і забезпечувати незмінюваність конструкції у подовжньому напрямку. Ці в'язи розташовують у середній частині температурного відсіку (блока) будівлі, завдяки чому досягається свобода температурних переміщень конструкцій в обидва боки, а також зниження температурних напружень у колонах.

Вертикальні основні в'язи між колонами нижче рівня підкранових балок при двогілкових несучих колонах рекомендується розташовувати у площині кожної з гілок колон. За наявності фахверка у площині зовнішньої гілки колон допускається установка зв'язків на нижній ділянці основної колони тільки у площині підкранової гілки колони.

Граничні розміри між вертикальними зв'язками встановлені згідно з нормами (табл. 3.1).

Верхні в'язи повинні забезпечувати:

– зручність установки оголовків колон у період монтажу;

– безпосередню передачу подовжніх зусиль із верхніх ділянок торцевих стін на розташовані нижче основні конструкції, що служать розпірками (наприклад, на підкранові балки, гальмівні площадки, балки міжповерхових перекриттів) і далі через них – на основні в'язи.

Таблиця 3.1 – Граничні розміри між вертикальними зв'язками у температурному блоці

Характеристика будівлі	Від торця блока до осі	Між осями

	найближчого вертикального зв'язку, м	вертикальних зв'язків в одному блоці, м
Опалювана	90 (60)	60 (50)
Неопалювана, гарячі цехи	75 (50)	50 (40)

Верхні в'язи рекомендується встановлювати по краях температурного відсіку, а також у тих кроках, де розташовані вертикальні і поперечні горизонтальні в'язи між кроквяними конструкціями покриття.

В'язи покриття

Система зв'язків покриття (зв'язків шатра) складається з лінійних *розпірок,* а також із площинних *горизонтальних і вертикальних* зв'язків.

В'язи між фермами, створюючи загальну просторову жорсткість каркаса, забезпечують:

– стійкість стиснутих елементів ригеля з площини ферм;

– перерозподіл місцевих навантажень (наприклад, кранових), прикладених до однієї з рам, на сусідні рами;

– зручність монтажу;

– задану геометрію каркаса;

– сприйняття і передачу на колони деяких навантажень.

Горизонтальні в'язи покриття (ГВП) розташовуються у площинах нижнього, верхнього поясів ферм і верхнього поясу ліхтаря. Горизонтальні в'язи складаються з *поперечних і подовжніх*.

Елементи верхнього поясу кроквяних ферм є стиснутими, тому необхідно забезпечити їхню стійкість із площини ферм. Ребра покрівельних плит і прогони можуть розглядатися як опори, що перешкоджають зсуву верхніх вузлів із площини ферми за умови, що вони закріплені від подовжніх переміщень зв'язками.

Для закріплення плит і прогонів від подовжніх зсувів улаштовуються поперечні в'язи по верхніх поясах ферм, які доцільно розташовувати в торцях цеху з тим, щоб вони (разом із поперечними горизонтальними зв'язками по нижніх поясах ферм і вертикальними зв'язками) забезпечували просторову жорсткість покриття. За великої довжини будівлі або температурного блока (більше 144 м) установлюються додаткові поперечні зв`язкові ферми. Це зменшує поперечні переміщення поясів ферм, що виникають унаслідок піддатливості зв'язків.

У будівлях з мостовими кранами необхідно забезпечити горизонтальну жорсткість каркаса як поперек, так і уздовж будівлі. У процесі роботи мостових кранів виникають зусилля, що викликають поперечні та подовжні деформації каркаса цеху. Якщо поперечна жорсткість каркаса є недостатньою, крани при прямуванні можуть заклинюватися і порушується їх нормальна експлуатація. Надмірні коливання каркаса створю-

ють несприятливі умови для роботи кранів і цілісності конструкцій. Тому в однопрольотних будівлях великої висоти (більше 18 м), у будівлях із мостовими кранами вантажопідйомністю 7–10 т, із кранами важкого і дуже важкого режимів роботи за будь-якої вантажопідйомності єобов'язковою система зв'язків по нижніх поясах ферм.

Панелі нижнього поясу ферм, що прилягають до опор, особливо при жорсткому сполученні ригеля з колоною, можуть бути стиснутими, і в цьому випадку подовжні в'язи забезпечують стійкість нижнього поясу.

Поперечні в'язи закріплюють подовжні, а в торцях будівлі вони необхідні для сприйняття вітрового навантаження, спрямованого на торець будівлі.

У площині нижніх поясів також улаштовуються проміжні поперечні в'язи, розташовані в тих же панелях, що і поперечні в'язи по верхніх поясах ферм.

У довгих будівлях, що складаються з декількох температурних блоків, поперечні зв'язкові ферми по верхніх і нижніх поясах ставлять біля кожного температурного шва (як у торців), маючи на увазі, що кожний температурний блок являє собою закінчений просторовий комплекс.

Кроквяні ферми мають незначну бічну жорсткість, а тому процес монтажу без їх попереднього взаємного розкріплення є неприпустимим. Тому необхідно влаштовувати вертикальні в'язи між фермами, що розташовуються у площині вертикальних стійок кроквяних ферм. Для зручності кріплення елементів зв'язків ці стійки часто проектують хрестового перетину (із двох кутків). Звичайно влаштовуються один-два вертикальні в'язи по ширині прольоту (через 12–15 м).

Вертикальні в'язи покриття (ВВП) разом із поперечними зв'язковими фермами по верхніх і нижніх поясах забезпечують створення жорстких просторових блоків біля торців будівлі. До цих блоків розпірками і розтяжками прив'язують проміжні ферми.

У будівлях із підвісним транспортом вертикальні в'язи сприяють перерозподілу між фермами кранового навантаження, прикладеного безпосередньо до конструкцій покриття. У цих випадках, а також коли до кроквяних ферм підвішені електричні кран-балки значної вантажопідйомності, доцільно вертикальні в'язи між фермами розташовувати у площинах підвіски неперервно по всій довжині будівлі.

У багатопрольотних будівлях в'язи по верхніх поясах ферм і вертикальні ставляться у всіх прольотах, а горизонтальні по нижніх поясах – по контуру будівлі та деяких середніх рядів колон через 60–90 м по ширині будівлі (рис. 3.15).

Особливості влаштування зв'язків шатра

А. В'язи залізобетонних кроквяних конструкцій

1. ГВП верхнього поясу – ребристі плити покриття.

2. ГВП нижнього поясу – за важких умов роботи мостових кранів ставлять розпірки по центральній осі будови (температурного блока) та уздовж кроку колон.

3. ВВП – хрестові в'язи по центральній осі у торцях температурного блока.

Б. В'язи залізобетонних кроквяних конструкцій за наявності ліхтарів

1. ГВП верхнього поясу ферм ліхтаря – ребристі плити покриття.

2. ГВП верхнього поясу – хрестові в'язи у торцях ліхтаря, розпірки по центральній осі ліхтаря.

3. ВВП – хрестові в'язи по центральній осі у торцях ліхтаря.

В. В'язи сталевих кроквяних конструкцій

1. ГВП верхнього поясу:

а) подовжні (прогони або плити покриття);

б) поперечні (хрестові чи розкісні ферми з торців [та у середині] температурного блока).

2. ГВП нижнього поясу:

а) подовжні:

– хрестові чи розкісні ферми з боків уздовж температурного блока;

– розпірки уздовж кроку колон та по центральній осі будови (температурного блока);

б) поперечні (хрестові чи розкісні ферми з торців [та у середині] температурного блока);

в) ВВП – хрестові ферми уздовж кроку колон у торцях температурного блока та у кроках основних зв'язків між колонами.

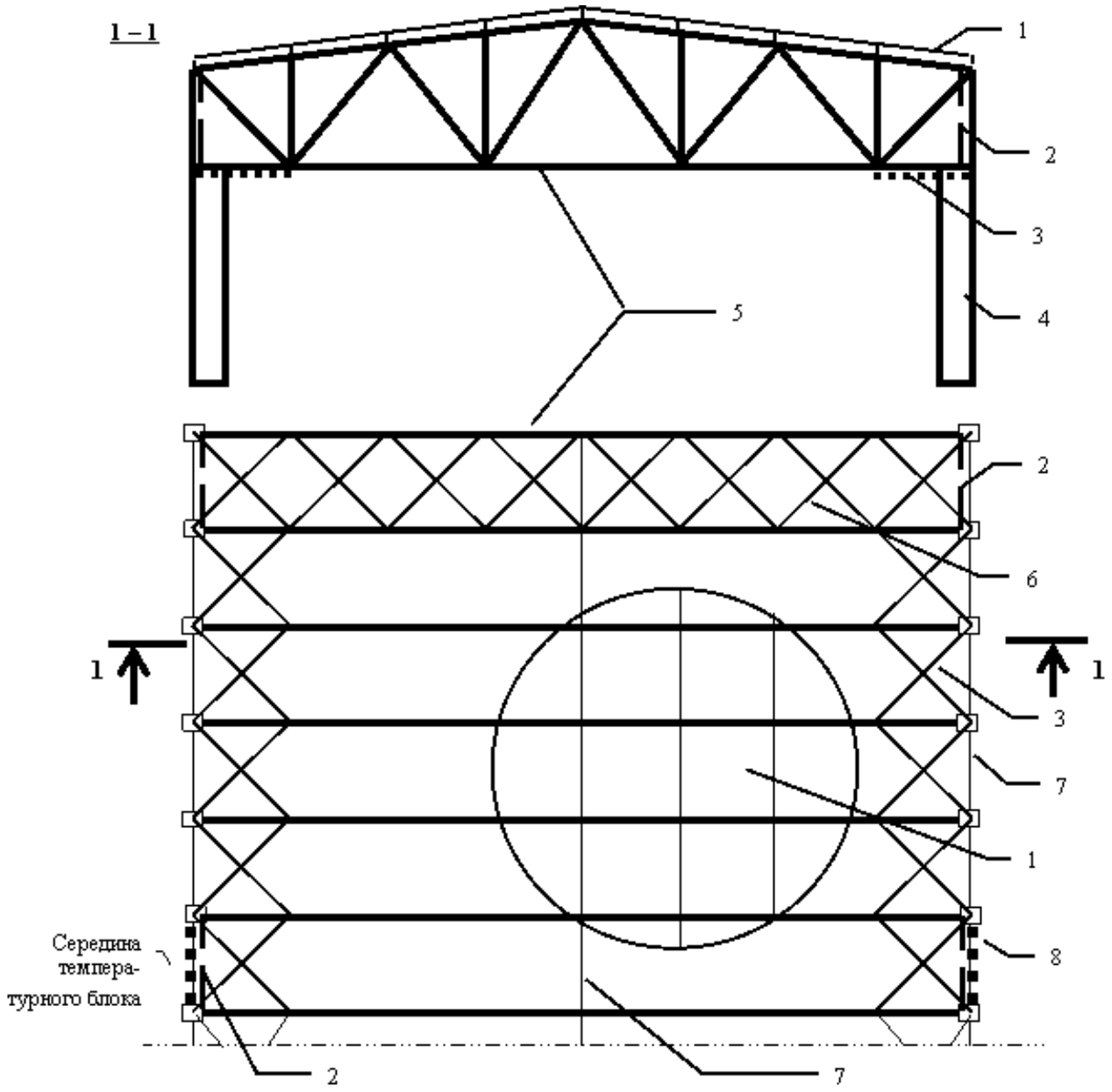


Рисунок 3.15 – Система зв'язків у каркасі

1 – панелі покриття; 2 – вертикальні в'язи кроквяні; 3 – горизонтальні в'язи подовжні; 4 – колони; 5 – ферми; 6 – горизонтальні в'язи поперечні; 7 – розпірки; 8 – вертикальні в'язи основні

Питання для семінарського заняття

1. Охарактеризуйте особливості модульної координації розмірів у промислових будівлях.
2. Дайте визначення поняттю «каркаси будівель» (визначення, класифікація, склад).
3. Поясніть, що таке рама в каркасній будівлі (визначення, класифікація за сполученням, склад).
4. Охарактеризуйте просторові параметри каркаса будівель.

5. Дайте визначення поняттю «в'язи» каркаса будівель (визначення, класифікація).

6. Дайте визначення поняттю «в'язи» між колонами (класифікація, принципи розташування).

7. Поясніть, що таке в'язи покриття горизонтальні та вертикальні. Поясніть принципи їх розташування.

8. Поясніть особливості влаштування зв'язків шатра залізобетонних та сталевих кроквяних конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Миргород О.В., Стельмах О.А. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 488 с.

2. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: практикум для студентів, курсантів та слухачів заочної форми навчання / Ю.В. Квітковський, М.М. Удянський, О.В. Миргород, Ю.В. Луценко, А.І. Морозов. – Харків: НУЦЗУ, 2011. – 221 с.

3. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: навчальний посібник / Васильченко О.В. – Харків, 2007. – 257 с.

4. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування

5. ДБН В.1.2-6:2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд механічний опір та стійкість

6. СНиП 2.09.02-85*. Производственные здания.

7. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий.

ЛЕКЦІЯ 4
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ

План:

4.1 Будівлі висотою 26,5–73,5 м
4.1.1 Будівлі стінової системи
4.1.2 Будівлі каркасної системи
4.2 Будівлі висотою 73,5–100 м (25–35 поверхів) та хмарочоси
4.2.1 Будівлі стовбурної системи
4.2.2 Будівлі оболонкової системи
4.3 Особливості влаштування перших поверхів висотних будівель
4.4 Організація безпечної експлуатації висотних будівель
4.4.1 Експлуатація будівель висотою 26,5–73,5 м
4.4.2 Експлуатація будівель висотою 73,5–100 м
4.5 Засоби рятування людей з висотних будівель

4.1 Будівлі висотою 26,5–73,5 м

4.1.1 Будівлі стінової системи

Будівлі висотою 26,5–73,5 м (10–25 поверхів) стінової системи за призначенням бувають, як правило, житлові. При їх зведенні застосовують великопанельну будівельну систему, а також будівельні системи на основі монолітного та збірно-монолітного будівництва з використанням методів «ковзної», об'ємно-пересувної, великощитової опалубки або піднесення поверхів.

Для великопанельних будинків підвищеної поверховості характерні такі конструктивні схеми:

– поперечна та подовжня зі змішаним кроком – для будівель 26,5–47 м (рис. 4.1);

– перехресно-стінова з малим кроком поперечних несучих стін – для будівель 47–73,5 м (рис. 4.2).

У стінових великопанельних будівель несучий кістяк – з міцних жорстких площинних стінових панелей та панелей міжповерхових перекриттів. Стійкість цієї конструкції забезпечується встановленням у розмір подовжнім панелям *панелей (стін) жорсткості* (див. рис. 4.1). Їх встановлюють перпендикулярно до несучих стін по всій висоті будівлі так, щоб вони з'єднували не менше двох сусідніх несучих стін, та намагаються розташувати у площині симетрії усієї фігури плану (це важливо у сейсмічних районах). Таким чином, взаємно перетинні жорсткі діафрагми з несучих стін, стін (панелей) жорсткості та перекриттів утворюють жорстку систему.

У висотних будівлях в особливо відповідальних випадках як жорсткі вертикальні діафрагми застосовують просторові ядра жорсткості (див.

рис. 4.2). Їх формують зі стін жорсткості, з'єднаних між собою. Також ядра жорсткості використовуються для розміщення в них вертикальних комунікацій. Сходові клітки будівель заввишки понад 16 поверхів повинні бути незадимлюваними 1-го та 2-го типу і розділятися на відсіки через кожні 8 поверхів суцільною протипожежною перегородкою 1-го типу. Будівлі заввишки понад 16 поверхів належить проектувати I ступеня вогнестійкості та розділяти по вертикалі на пожежні відсіки протипожежними перекриттями з межею вогнестійкості не менше 2 годин; такий відсік по висоті не повинен перевищувати 8 поверхів.

У сейсмічних районах рекомендується будувати стінові будівлі висотою не більше 47 м, а в них жорсткість конструкцій залізобетонних шпонкових стиків підвищувати за рахунок неперервного армування горизонтальних і вертикальних стиків та підсиленого армування перемичок вертикальних діафрагм жорсткості (див. рис. 4.3).

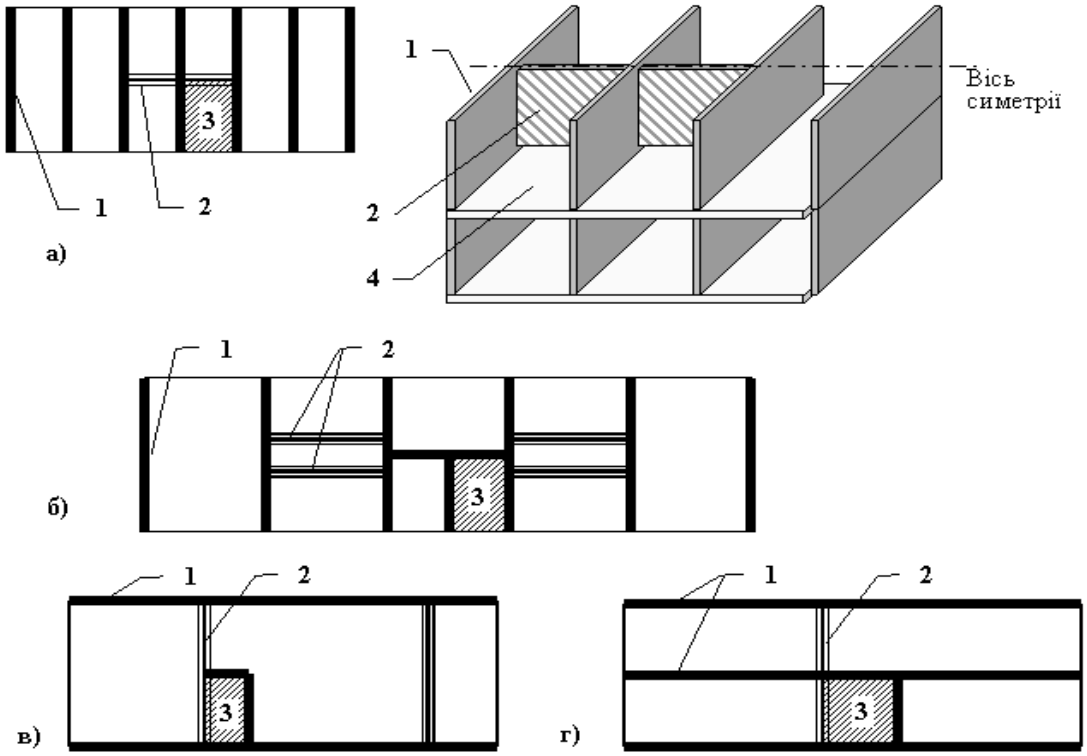


Рисунок 4.1 – Приклади конструктивних схем стінових будівель підвищеної поверховості та встановлення в них елементів жорсткості:

поперечна схема: а) з малим кроком; б) з великим кроком;

поздовжня схема: в) однопрольотна; г) двопрольотна;

1 – несучі стіни; 2 – стіни жорсткості; 3 – сходова клітка; 4 – горизонтальна діафрагма жорсткості (перекриття)

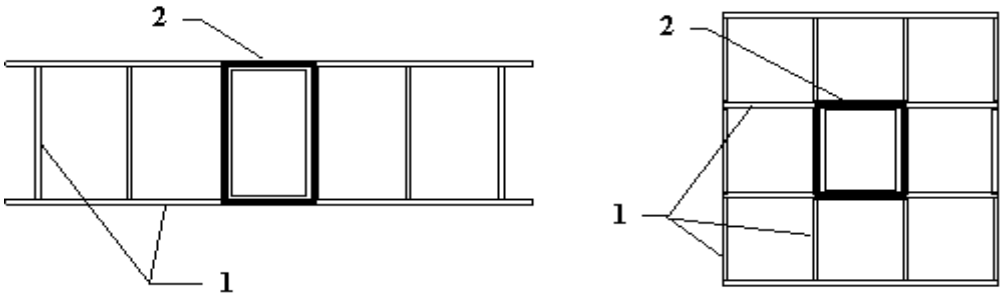


Рисунок 4.2 – Приклади встановлення елементів жорсткості у висотних стінових будівлях типу А: 1 – несучі стіни; 2 – ядро жорсткості

4.1.2 Будівлі каркасної системи

Будівлі каркасної системи висотою 26,5–73,5 м (10–25 поверхів) за призначенням бувають як житлові, так і громадські. Їх несучий кістяк являє собою систему з несучих опор (колон), на які спираються конструкції перекриттів і покриттів, та зв'язків, які забезпечують незмінність просторової геометричної форми та стійкості. В будівлях підвищеної поверховості розрізняють такі схеми каркаса: *рамну, рамно-зв'язкову* та *зв'язкову* (рис. 4.3). Каркасна система дає змогу знизити вагу будівлі та отримати більшу свободу ОПР.

Для підвищення жорсткості каркасних будівель підвищеної поверховості та висотних використовують *стіни жорсткості, пілони* та *ядра жорсткості* (рис. 4.4). Конструктивна схема вибирається з подовжнім або поперечним ригелем, або з їх перехресним розташуванням.

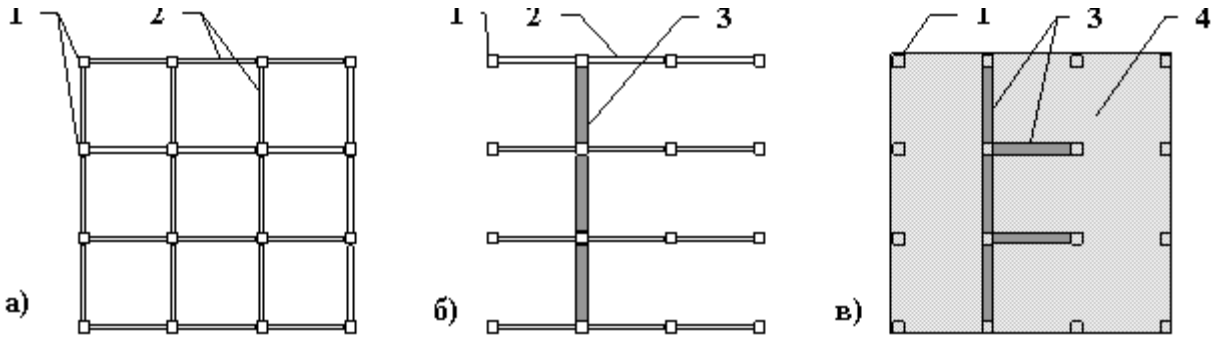


Рисунок 4.3 – Схеми каркаса в будівлях підвищеної поверховості:

а) рамна; б) рамно-зв'язкова; в) зв'язкова

1 – колона; 2 – ригель; 3 – зв'язок (панель жорсткості); 4 – діафрагма жорсткості (перекриття)

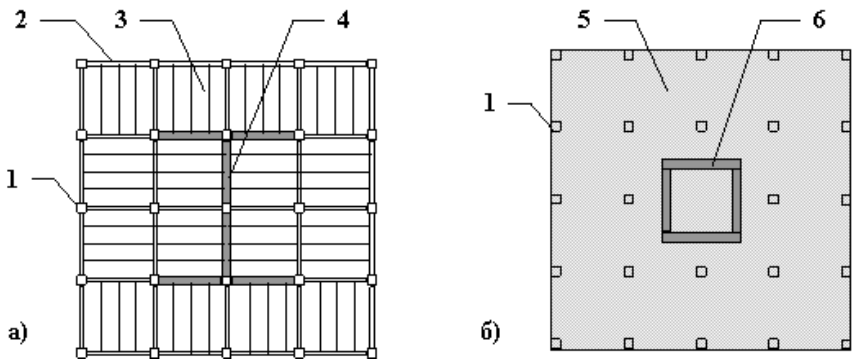


Рисунок 4.4 – Схеми несучого каркаса з монолітним ядром жорсткості:

а) пілони жорсткості двотаврового перерізу у рамній схемі; б) ядро жорсткості у зв'язковій схемі

1 – колона; 2 – ригель; 3 – панель перекриття; 4 – пілони жорсткості; 5 – діафрагма перекриття; 6 – ядро жорсткості

Громадські будівлі висотою 26,5–47 м (або 10–16 поверхів) проектують за каркасно-панельною системою, що складається зі збірного (або монолітного) залізобетонного каркаса зв'язкової схеми, в якому горизонтальними діафрагмами жорсткості є збірні (або монолітні безригельні) залізобетонні перекриття, а вертикальними – подовжні та поперечні *пілони* із залізобетонних панелей (або монолітні) (рис. 4.5).

В каркасних громадських будівлях висотою 47–73,5 м (або 17–25 поверхів) систему несучих конструкцій доповнюють внутрішніми вертикальними зв'язками, утворюючи *стовбури (ядра) жорсткості*.

У сейсмічних районах для підвищення стійкості збільшують ширину будівель.

4.2 Будівлі висотою 73,5–100 м (25–35 поверхів) та хмарочоси

Будівлі висотою 73,5–100 м та *хмарочоси* проектуються індивідуально.

У зв'язку з підвищенням розрахункових зусиль від вітрових навантажень, такі будівлі повинні мати підвищену просторову жорсткість і стійкість. Таким вимогам найбільше відповідають будівлі стовбурної та оболонкової конструктивних систем. Для будівель висотою 73,5–100 м застосовують конструктивні схеми із внутрішніми вертикальними конструкціями жорсткості (стовбури, ядра жорсткості, пілони), а для будівель більшої висоти – із зовнішніми просторовими оболонками (ферми, рами).

В будівлях висотою до 180 м основним матеріалом несучих конструкцій може використовуватися залізобетон, а в будівлях більшої висоти основні несучі конструкції виробляють зі сталі.

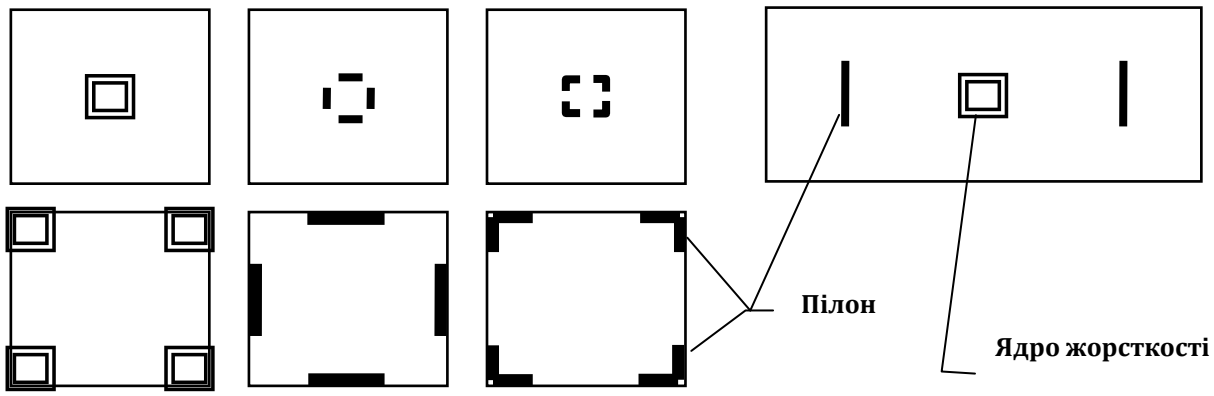


Рисунок 4.5 – Характерне розташування пілонів та ядер жорсткості в будівлях підвищеної поверховості та висотних

Достоїнства сталевих конструкцій полягають в їх легкості, міцності, точності виготовлення та збирання. Недолік: необхідність вживання дорогих і трудомістких заходів з антикорозійного та протипожежного захисту.

Висотні будівлі намагаються будувати у плані квадратними, еліптичними або круглими для зменшення горизонтального вигину від навантаження ґрунту основи та фундаменту. З тією ж метою висотним будівлям за висотою надають пірамідальної або східчастої форми.

4.2.1 Будівлі стовбурної системи

В будівлях стовбурної системи основним несучим вертикальним елементом є стовбур, на якому прикріплюються поверхи. За способом кріплення розрізняють *консольні* та *висячі* поверхи (рис. 4.6). Також для зведення висотних будівель застосовують змішані системи: стовбурно-стінову та стовбурно-каркасну.

Основними конструктивними елементами стовбурних будівель є:

– монолітний залізобетонний стовбур з товщиною стінок внизу 400…1200 мм і зверху 200…600 мм;

– залізобетонні консольні пояси (для будівель з консольними поверхами);

– залізобетонні колони;

– оголовки підвісної системи поверхів (решітка зі сталевих балок або ферм);

– сталеві або залізобетонні підвіски;

– фундамент (монолітна залізобетонна плита під стовбур).

Достоїнства стовбурної системи: підвищений опір сейсмічним та вітровим впливам, а також нерівномірним деформаціям основ фундаментів (на підроблюваних територіях).

Стовбурні конструктивні системи рекомендується застосовувати для будівництва будівель, в яких украй важливим є вільний простір під

будівлею, у будівлях заввишки більше 16 поверхів, а також за складних інженерно-геологічних умов. Найбільш доцільне застосування стовбурної системи для компактних у плані багатоповерхових будівель, особливо в сейсмостійкому будівництві, а також в умовах нерівномірних деформацій основи (на просідаючих ґрунтах, над гірськими розробками і т. п.). Стовбурні системи забезпечують свободу планувальних рішень, оскільки простір між стовбуром і зовнішніми огороджувальними конструкціями має бути вільний від опор.

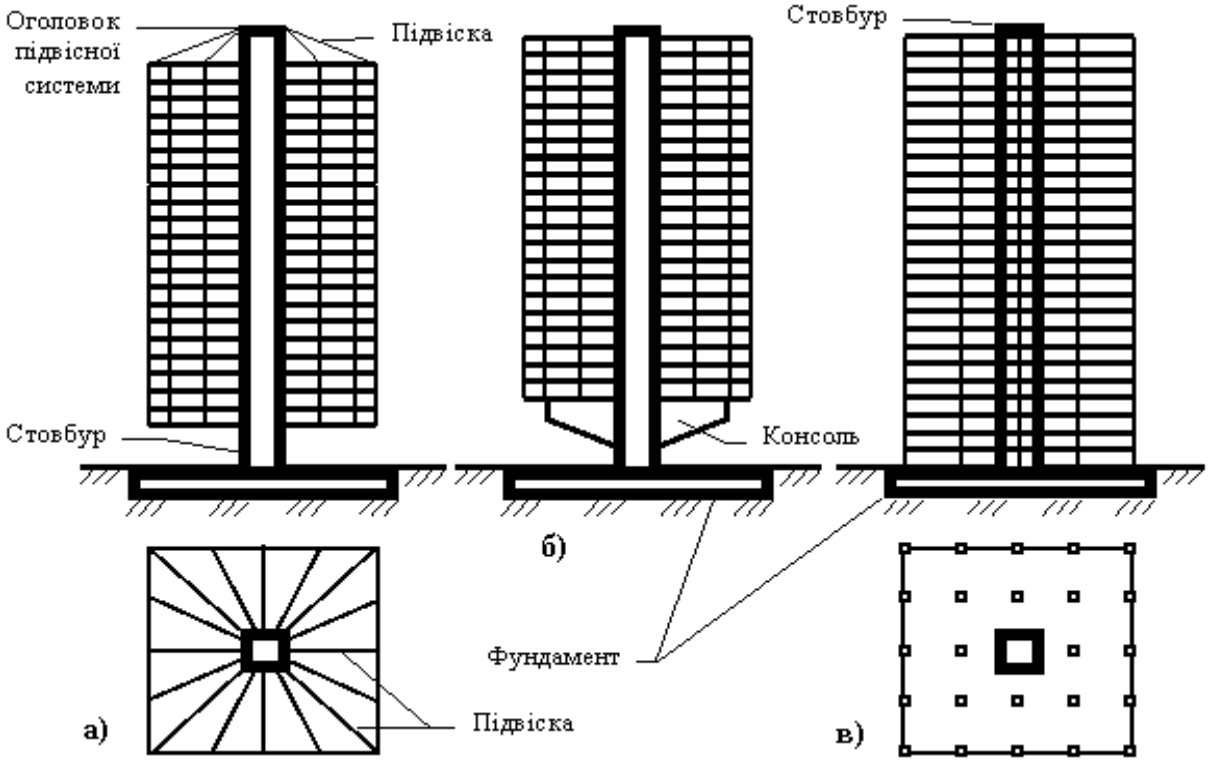


Рисунок 4.6 – Схеми будівель підвищеної поверховості стовбурної системи:

а) з підвісними поверхами; б) з консольними поверхами; в) стовбурно-каркасна будівля

4.2.2 Будівлі оболонкової системи

В будівлях оболонкової конструктивної системи основним несучим вертикальним елементом є зовнішня каркасна оболонка з вертикальних стержньових несучих конструкцій, яка повністю сприймає вертикальні та горизонтальні навантаження.

Також застосовують змішані системи, в яких вертикальні навантаження частково сприймають колони, стовбур, паралельні чи перехресні площинні діафрагми жорсткості. Найбільш поширеними зараз є оболонкові конструкції у вигляді безрозкісної просторової багатоповерхової рами зі стояків кроком 1.5…3 м та поповерхових горизонтальних обв’язувальних балок.

Зовнішні оболонки проектують різними у плані («труба», «короб»), а крім того, комбінують декілька оболонок, утворюючи багатокоробчасті структури типу «труба у трубі», «пучок труб», що значно підвищує міцність конструкції (рис. 4.7).

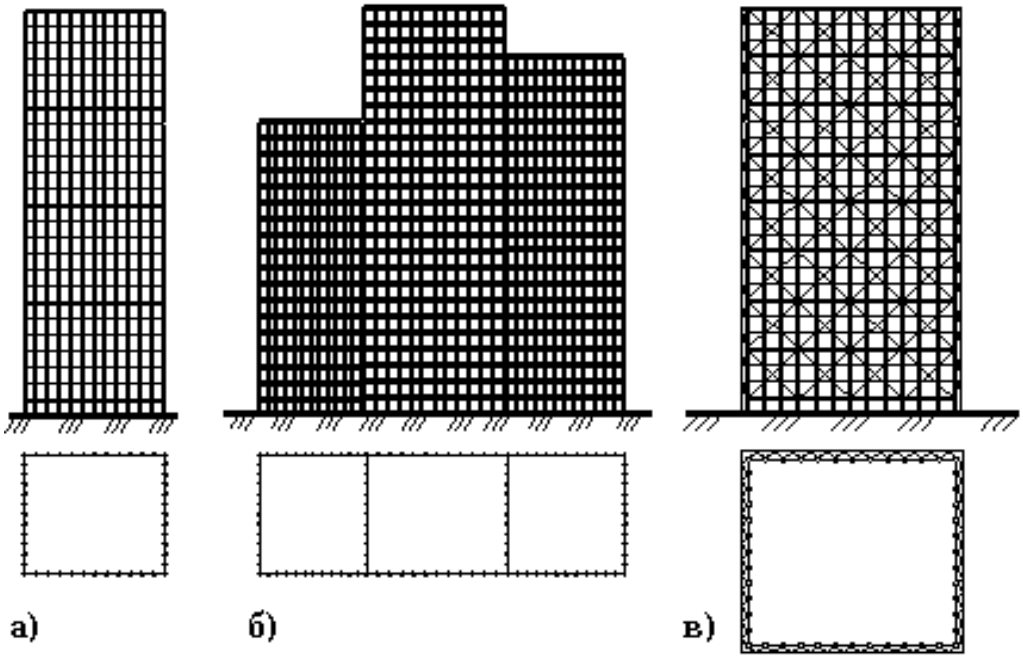


Рисунок 4.7 – Схеми будівель підвищеної поверховості оболонкової системи:

а) «труба»; б) «пучок труб»; в) просторова зв'язкова конструкція із зовнішньою решіткою

Оскільки основна маса несучих конструкцій розташована по контуру будівлі, то це підвищує опірність будівлі горизонтальним навантаженням і дає оболонковій системі перевагу перед іншими системами, передусім при будівництві висотних будівель. Крім того, можливе полегшення конструкції перекриттів, оскільки вони звільняються від передачі горизонтальних навантажень на стовбур. Така система дає свободу планувальних рішень і дозволяє поєднувати огороджувальні та несучі функції будівельних конструкцій.

Доцільність застосування конструктивної системи у висотних будівлях залежить від їх висоти та матеріалу:

а) стінові конструкції – до 75 м;

б) каркасні конструкції:

– залізобетонні – до 75 м;

– сталеві – до 100 м;

в) стовбурні конструкції – до 150 м;

г) оболонкові конструкції:

– залізобетонні – до 180 м;

– сталеві – до 280 м;

д) оболонково-стовбурні конструкції:
– залізобетонні – до 180 м;
– сталеві – до 350 м;
е) оболонкові багатокоробчасті конструкції:
– залізобетонні – до 240 м;
– сталеві – до 400 м.

4.3 Особливості влаштування перших поверхів висотних будівель

При проектуванні висотних будівель особливу увагу приділяють конструктивним та об'ємно-планувальним рішенням перших поверхів. У цих місцях зосереджені вузли людських потоків, розташовані вестибюлі, евакуаційні виходи, торговельні заклади з вітринами тощо. Таким чином, несучі конструктивні елементи перших поверхів є найбільш навантаженим, але при цьому одночасно виникає необхідність збільшення кроків та прольотів несучих конструкцій, висоти поверху, розмірів прорізів в огородженнях.

Простіше за все вирішуються вказані проблеми у будівлях каркасної та стовбурної системи.

Будівлі стінової системи за необхідності, так би мовити, підіймають і встановлюють на каркас (або неповний каркас) за допомогою конструкцій типу: розкісна ферма, балка-стіна, багатопрольотна арка (рис. 4.8).

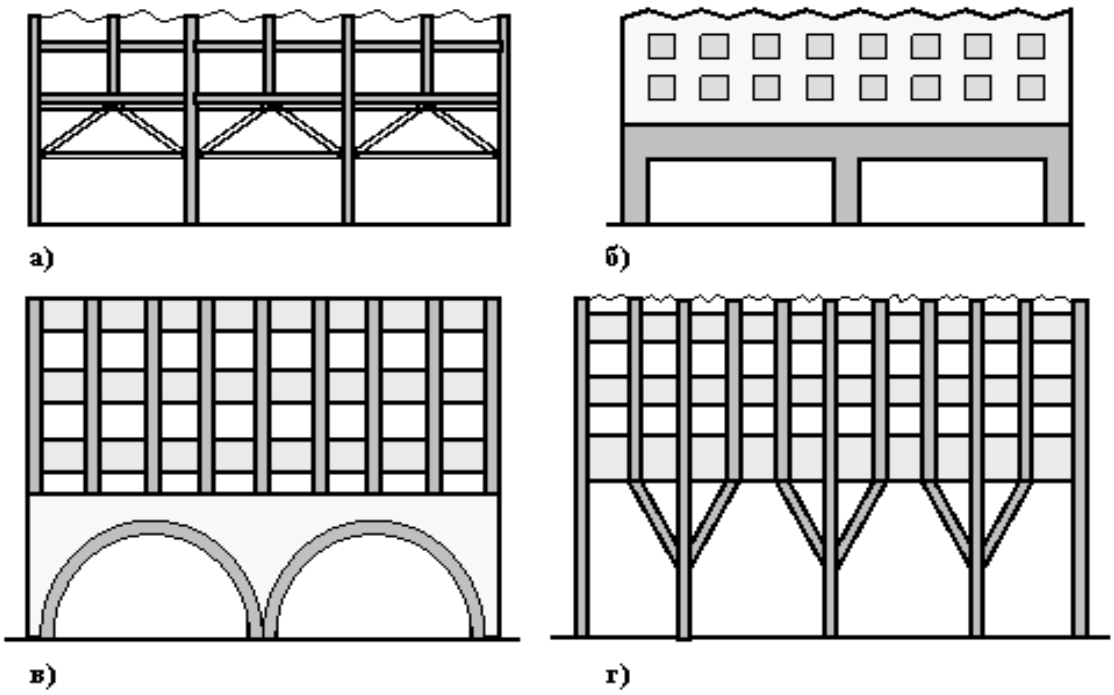


Рисунок 4.8 – Варіанти конструктивних рішень першого поверху будівель підвищеної поверховості:

а) розкісна ферма; б) балка-стіна; в) багатопрольотна арка; г) об'єднання груп стояків (стрільчасті арки)

В будівлях оболонкової системи цю задачу вирішують утворенням стрільчастих арок, в опорах яких об'єднується декілька стояків безкаркасної решітки, або встановленням просторової ферми.

4.4 Організація безпечної експлуатації висотних будівель

4.4.1 Експлуатація будівель висотою 26,5–73,5 м

Будівлі умовною висотою понад 26,5 м слід розділяти по вертикалі на протипожежні відсіки протипожежними перекриттями з межею вогнестійкості не менше REI 120. Умовна висота нижнього протипожежного відсіку не повинна перевищувати 26,5 м. Висота наступних відсіків не повинна перевищувати 30 м (різниця рівнів розташування підлоги нижнього та підлоги верхнього перекриття відсіку). Площа протипожежного відсіку повинна бути не більше 2500 м^2, якщо інше не встановлено будівельними нормами за видами громадських будівель та споруд.

Зонуванню підлягають інженерні системи (протипожежний водопровід, вентиляційні системи, сміттєпроводи тощо).

У висотних будівлях умовною висотою понад 47 м опорядження шляхів евакуації необхідно передбачати з негорючих матеріалів або горючих матеріалів якщо:

– для опорядження стін, стель використовуються матеріали з показниками пожежної небезпеки не вище, ніж Г1, В1, Д1, Т2, та індексом поширення полум'я не більше 10, згідно з ГОСТ 12.1.044;

– для опорядження підлог використовуються матеріали з показниками пожежної небезпеки не вище, ніж Г2, РП1, Д1, Т2.

У межах нижнього поверху кожного протипожежного відсіку по периметру будівлі повинні передбачатись евакуаційні балкони або відкриті галереї з виходом на них із незадимлюваних сходових кліток, коридорів та приміщень. Площа таких балконів або відкритих галерей повинна бути розрахована на можливість перебування на них найбільшої кількості людей, які одночасно знаходяться на всіх поверхах протипожежного відсіку. У будівлях із приміщеннями для сну (готелі та ін.) такі балкони, площадки і галереї слід передбачати на кожному поверсі, починаючи з 17-го.

У разі розміщення у громадських будівлях умовною висотою понад 47 м зальних приміщень місткістю понад 50 осіб відстань від дверей цих приміщень до незадимлюваних сходових кліток (повітряної зони сходової клітки типу Н1 або протипожежного тамбур-шлюзу сходової клітки типу Н3, Н4) не повинна перевищувати 20 м.

На експлуатованих покрівлях громадських будинків умовною висотою понад 47 м (у разі розміщення на них відкритих сезонних ресторанів, кафе, оглядових майданчиків з одночасним перебуванням більш, ніж 50

осіб) необхідно передбачати не менше двох евакуаційних виходів. При цьому кількість людей, що можуть одночасно перебувати на таких покрівлях, не повинна перевищувати 100 осіб.

4.4.2 Експлуатація будівель висотою 73,5–100 м

Норми на проектування та експлуатацію нових висотних житлових і громадських будівель з умовною висотою від **73,5 м до 100 м** включно викладено у «ДБН В.2.2-24:2009. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків».

Для висотних будівель як для технічно складних об'єктів встановлюється тристадійне проектування, що включає розроблення ескізного проекту (ЕП), проекту (П) та робочої документації (РД).

Висотні будівлі належать до споруд із першим (підвищеним) рівнем відповідальності.

У проектній документації на будівництво висотних будівель необхідно розробляти окремим розділом або окремим документом експлуатаційну документацію (проект експлуатації), склад якої визначається у завданні на проектування.

У складі експлуатаційної документації розробляються:

– загальна інструкція з пожежної безпеки висотної будівлі;

– інструкція щодо дій служби пожежної безпеки та обслуговуючого персоналу у разі виникнення пожежі;

– інструкції з управління роботою та обслуговування автоматичних установок пожежної сигналізації, пожежогасіння, установок протидимного захисту, протипожежного водопостачання, систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей, а також диспетчеризації систем протипожежного захисту (СПЗ).

До основних видів експлуатаційних робіт висотної будівлі відносяться:

– контроль напружено-деформованого стану визначених у проекті найбільш навантажених несучих конструкцій для запобігання їх руйнуванню або обваленню;

– контроль технічного стану зовнішніх огороджувальних конструкцій (фасадів);

– контроль технічного стану та обслуговування інженерних систем для забезпечення їх безперебійної та безаварійної роботи;

– забезпечення надійного функціонування систем безпеки, в першу чергу, пожежної безпеки.

Висотні будівлі необхідно оснащувати автоматизованими системами моніторингу та управління (АСМУ).

Для забезпечення безпечної експлуатації висотної будівлі експлуатаційна організація повинна здійснювати постійний оперативний контроль і аналіз стану всіх інженерних систем засобами АСМУ та мати техні-

чну для постійного зберігання та експлуатаційну документацію для обслуговування висотної будівлі.

Технічна експлуатація здійснюється спеціально організованою службою експлуатації для конкретної висотної будівлі.

Склад, функціональні обов'язки та штатний розклад можуть включати такі служби:

– службу охорони;

– службу пожежної безпеки;

– службу моніторингу основних несучих конструкцій та інженерних систем висотної будівлі та управління їх роботою;

– технічну службу для ремонту і обслуговування інженерних систем та технічних засобів протипожежного захисту і пожежної сигналізації;

– адміністративну службу та інші.

У висотних будівлях слід передбачати службові приміщення для центрального пункту управління висотною будівлею (ЦПУБ) або диспетчерської, охорони будівлі, пожежного поста, служби експлуатації та моніторингу стану основних несучих конструкцій та інженерних систем тощо. Службові приміщення рекомендується розташовувати ближче до головного входу висотної будівлі на першому або на цокольному поверхах із виходом до вестибюлю або безпосередньо на вулицю.

Інженерне обладнання висотної будівлі повинно включати наступні системи:

– систему протипожежного водопостачання для внутрішнього та зовнішнього пожежогасіння;

– систему автоматичної пожежної сигналізації;

– систему автоматичного пожежогасіння;

– систему протидимного захисту;

– систему евакуаційного освітлення;

– систему оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей;

– блискавкозахист і захисне заземлення;

– диспетчеризацію та управління системами протипожежного захисту (СПЗ) та іншими системами і устаткуванням у разі виникненні пожежі.

Не рекомендується розташування висотних будівель на відстані менше 100 м від джерел вібрації та шуму (метрополітену, залізничного або інших швидкісних видів транспорту тощо).

Будівлі заввишки більше 73,5 м дозволяється будувати на майданчиках сейсмічністю 5 і 6 балів за шкалою MSK–64.

Протипожежні відстані між висотними будівлями та іншими будівлями слід приймати відповідно до вимог ДБН 360 як для будівель 1-го ступеня вогнестійкості.

Висотні будівлі стосовно пожежної безпеки необхідно поділяти на *протипожежні відсіки.* Висота протипожежних відсіків не повинна перевищувати 50 м.

Протипожежні відсіки слід відокремлювати один від одного протипожежним перекриттям із класом вогнестійкості не менше REI 180 або технічним поверхом із протипожежними перекриттями класом вогнестійкості не менше REI 120.

На межі протипожежних відсіків (на рівні протипожежного перекриття) слід передбачати карнизи по контуру будівлі, що виступає за межі фасаду не менше 0,75 м або передбачати на рівні протипожежного перекриття, що поділяє будівлю на протипожежні відсіки, захист віконних прорізів пристроями (протипожежними шторами, дренчерними завісами тощо), які перекривають їх під час пожежі.

Площу поверху в межах протипожежного відсіку слід приймати не більше ніж:

– для готелів – 1500 м^2;

– для житлових будинків – 2000 м^2;

– в інших випадках – 2500 м^2.

Розподілення будівлі на протипожежні відсіки необхідно враховувати при проектуванні АСМУ.

Приміщення, які розраховані на одночасне перебування більше 500 осіб, повинні відокремлюватись від інших приміщень протипожежними стінами та перекриттями. Відстань від дверей цих приміщень до незадимлюваних сходових кліток (повітряної зони сходової клітки типу Н1 або протипожежного тамбур-шлюзу сходової клітки типу Н4) не повинна перевищувати 20 м.

Комори (склади), книгосховища, архіви площею понад 50 м^2 не дозволяється розміщувати на умовній висоті понад 50 м, а також безпосередньо під приміщеннями, в яких перебувають понад 50 осіб, та поряд із цими приміщеннями.

При розробленні об’ємно-планувальних рішень необхідно передбачати влаштування не менше двох евакуаційних виходів (сходових кліток).

Кількість незадимлюваних сходових кліток слід приймати згідно з розрахунком. При цьому у висотній будівлі, а в секційній будівлі – у кожній секції слід передбачати не менше двох незадимлюваних сходових кліток типів Н1 або Н4. Кількість сходових кліток типу Н1 повинна бути не менше 50 % від загальної кількості незадимлюваних сходових кліток будівлі (секції будівлі). В обґрунтованих та погоджених з органами державного пожежного нагляду випадках допускається передбачати дві незадимлювальні сходові клітки типу Н4, які розташовані в одному об’єкті (ядрі жорсткості) будівлі. Виходи з таких сходових кліток типу Н4 на рівні першого поверху повинні бути у вестибюлі, холи, що ведуть назовні

будівлі, а виходи зі сходових кліток типу Н1 повинні бути безпосередньо назовні. При цьому ширину проходів слід передбачати з урахуванням безперешкодного транспортування людини на носилках.

З усіх незадимлюваних сходових кліток висотних будівель слід влаштовувати виходи на покриття будівлі по сходових маршах через протипожежні двері 1-го типу.

Для громадських будівель відстань по коридору між евакуаційними виходами поверху повинна бути не більше 40 м, а від крайньої тупикової частини коридору – не більше 10 м.

Усі ліфти повинні мати режим роботи «пожежна небезпека». Кількість ліфтів для транспортування пожежних підрозділів повинна бути не менше двох у будівлі або в кожній секції будівлі.

Ліфти для транспортування пожежних підрозділів можуть розташовуватися у групі з пасажирськими ліфтами, але в окремій шахті, згідно з НАПБ Б.01.007, із виходом в окремий або загальний хол. Для шахти ЛТПП і окремого або загального ліфтового холу необхідно забезпечувати підпір зовнішнього повітря.

Пожежобезпечні зони можуть бути виконані у вигляді спеціально обладнаних приміщень всередині будівель або на їх покрівлі.

Пожежобезпечні зони повинні розташовуватися так, щоб люди, які не мають можливості евакуюватися на рівень землі, могли (з урахуванням їх мобільності та фізичного стану) досягти цієї зони за необхідний час евакуації.

Пожежобезпечні зони повинні відгороджуватися протипожежними перекриттями і стінами.

На входах у зони слід передбачати протипожежні тамбур-шлюзи з підпором повітря під час пожежі.

Пожежобезпечні зони мають бути обладнані індивідуальними засобами захисту і рятування, а також засобами надання першої медичної допомоги.

Необхідність оснащення висотних будівель рятувальними пристроями колективного користування, їх тип, кількість та місця розміщення визначаються проектною організацією за узгодженням з органами державного пожежного нагляду.

За ступенем забезпечення надійності електропостачання електроприймачі висотних будівель відносяться до наступних категорій:

– до особливої групи I категорії – електроприймачі для забезпечення роботи ліфтів для транспортування пожежних підрозділів, систем протидимного захисту, автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння, оповіщення та управління евакуацією, освітлення безпеки та евакуаційного освітлення, систем протипожежного водопроводу, протипожежних пристроїв систем інженерного обладнання, аварійно-рятувального обладнання вогнів світлового огородження і світломарку-

вання та сигналізації довибухової концентрації газу. Віднесення цих електроприймачів за ступенем надійності до особливої групи I категорії визначається у завданні на проектування;

– до I категорії – електроприймачі, пов'язані з роботою інженерних систем будівлі, зв'язку, ліфтів та електроприймачі згідно із ДБН В.2.5-23;

– до II категорії – електроприймачі, що не увійшли до переліку особливої групи I категорії та I категорії.

Систему охоронної сигналізації та контролю і управління доступом рекомендується проектувати об'єднаною.

Час живучості системи контролю та управління доступом і системи гучномовного зв'язку повинен бути не менше часу евакуації з висотної будівлі.

Усі приміщення громадських будівель повинні захищатися автоматичною системою пожежогасіння.

Системи господарсько-питного та протипожежного водопроводу мають бути роздільними.

У кожній квартирі повинен передбачатись пожежний кран-комплект, приєднаний до мережі господарсько-питного водопроводу будинку та обладнаний котушкою з пожежним рукавом завдовжки не менше 15 м, діаметром 19 мм (або 25 мм, 33 мм) із розпилювачем, що забезпечує можливість подання води у будь-яку точку квартири з урахуванням струменя води 3 м.

Приміщення ванних кімнат, санвузлів, душових, кухонних блоків тощо рекомендується облаштовувати датчиками на рівні підлоги для виявлення води і своєчасної сигналізації та попередження аварійних ситуацій і автоматичного перекриття подачі води.

4.5 Засоби рятування людей з висотних будівель

Концепція рятування

У разі виникнення пожежі у висотній будівлі та неможливості використання основних шляхів евакуації люди повинні мати змогу покинути будівлю з будь-якого поверху самостійно, використовуючи технічні засоби і не очікуючи рятувальників.

Для цього пропонують наступні типи *технічних засобів рятування (ТЗР)*:

1) індивідуальні ТЗР однократного використання:

– аеродинамічні пристрої (парашути);

– тросові пристрої;

2) індивідуальні ТЗР багаторазового використання (тросові пристрої);

3) колективні ТЗР безперервної дії багаторазового використання (еластичні рукави і т.п.);

4) колективні ТЗР дискретної дії багаторазового використання (навісні ліфти, інші спец. конструкції).

<u>Характеристика деяких ТЗР:</u>

1. Аеродинамічні пристрої (парашути):

– висота використання – від 30 м (10 пов.);
– максимальна вага людини – до 110 кг;
– вага приладу – 2,5 кг;
– площа купола (в розгорнутому стані) – 20 м^2;
– швидкість спуску – 5,5 м/с;
– час приведення у робоче положення – 1,5 с.

<u>Переваги:</u> займає мало місця.

<u>Недоліки:</u>

– можливість використання тільки з певної висоти;

– неможливо забезпечити навчання широкого кола людей;

– висока імовірність травмування;

– використовується лише під <u>власну відповідальність.</u>

2. Індивідуальні ТЗР (тросові пристрої)

<u>Тросовий саморятівник «Барс» багаторазового використання:</u>

– максимальна висота спуску – 150 м;
– постійна швидкість спуску – 1…2 м/с;
– максимальна вага людини – 120 кг;
– час приведення в робоче положення – до 60 с.

<u>Переваги:</u>

– можна розміщувати у будь-якому приміщенні;

– є можливість забезпечити навчання широкого кола людей;

– невелика вартість.

3. Колективні ТЗР безперервної дії

<u>Рукавний рятувальний пристрій:</u>

– час розгортання –10…20 с;
– пропускна здатність – 15…35 чол/хв;
– швидкість спуску 1…3 м/с;
– розривне навантаження – 15000 кгс.

<u>Переваги:</u> є можливість забезпечення навчання широкого кола людей.

Недоліки: розташування тільки у спеціально відведених місцях.

4. Колективні ТЗР дискретної дії

Рятувальний ліфт для хмарочосів

Переваги: не потребує навчання.

Недоліки:

– розташування тільки у спеціально відведених місцях;
– складність використання;
– велика вартість.

Рекомендації до об'ємно-планувальних рішень висотних будівель

1. Застосування ТЗР людей з висотних будівель обов'язково має бути передбачене на стадії проектування висотних будівель.

2. У складі об'ємно-планувальних та конструктивних рішень висотних будівель треба передбачити розміщення поверхів безпеки (через кожні 8–12 поверхів) із балконом шириною не менше 0,7–1,0 м, що зменшить час евакуації за рахунок відсутності необхідності евакуювання безпосередньо до землі.

3. При проектуванні поверхів висотної будівлі для збільшення необхідного часу евакуації людей за допомогою ТЗР слід виділяти протипожежними перегородками 1-го типу та протипожежними дверима 2-го типу «протипожежні ділянки», у яких слід розміщати рятувальні засоби.

4. Конструкція віконних отворів висотних будівель повинна забезпечувати належні умови використання рятувальних засобів.

Питання для семінарського заняття

1. Вкажіть методи підсилення конструкцій стінових та каркасних висотних будівель.
2. Вкажіть межі застосування пілонів та ядер жорсткості для підсилення конструкцій каркасних висотних будівель.
3. Порівняйте достоїнства і недоліки стінових і каркасних висотних будівель.
4. Вкажіть основні проблеми при проектуванні будівель висотою 75–120 м та хмарочосів.
5. Охарактеризуйте будівлі стовбурної та оболонкової системи.
6. Наведіть методи підсилення конструкцій будівель оболонкової системи.
7. Наведіть особливості влаштування перших поверхів стінових та оболонкових висотних будівель.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: навчальний посібник/ Васильченко О.В. – Харків, 2007. – 257 с.

2. Васильченко О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – 372 с.

3. ДБН В.2.2-24:2009. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків.

4. ДБН В.2.2-9:2009. Будинки і споруди. Громадські будівлі.

ЛЕКЦІЯ 5
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТА КОМУНІКАЦІЙ

План:

5.1 Класифікація інженерних споруд
5.2 Конструктивні рішення інженерних споруд
5.2.1 Підпірні стінки
5.2.2 Силоси та силосні корпуси
5.2.3 Резервуари для нафти, нафтопродуктів та рідин
5.2.4 Газгольдери
5.2.5 Етажерки та площадки
5.2.6 Галереї та естакади
5.3 Транспортна система
5.3.1 Залізничний транспорт
5.3.2 Трубопровідний транспорт

5.1 Класифікація інженерних споруд

Інженерні споруди класифікують за призначенням, розташуванням та конструктивними особливостями таки чином:

1. Підземні споруди:
- підпірні стінки, що підпирають масиви ґрунтів;
- підвали;
- тунелі;
- канали;
- опускні колодязі.

2. Ємнісні споруди для рідин та газів:
- резервуари для нафти, нафтопродуктів та рідин;
- газгольдери (для зріджених газів).

3. Ємнісні споруди для сипких матеріалів:
- закроми;
- бункери;
- силоси та силосні корпуси;
- вугільні башти коксохімзаводів.

4. Надземні споруди:
- етажерки;
- площадки;
- відкриті кранові естакади;
- окремо розташовані опори та естакади під технологічні трубопроводи;
- галереї та естакади;
- розвантажувальні залізничні естакади.

5. Висотні споруди:
- градирні;

- баштові копри з розробки корисних копалин;
- димові труби;
- витяжні башти;
- водонапірні башти.

6. Ємнісні споруди для каналізації:
- насосні станції;
- горизонтальні відстійники;
- вертикальні відстійники;
- радіальні відстійники;
- колектори підземні.

7. Ємнісні споруди для водопостачання:
- насосні станції для водопостачання;
- охолоджувальні ставки;
- баки для води підземні та надземні;
- водоводи;
- прискальні басейни.

8. Цивільні споруди:
- мости;
- радіо-, телемачти та башти;
- опори ліній електропередач.

5.2 Конструктивні рішення інженерних споруд

5.2.1 Підпірні стінки

Підпірна стінка – інженерна споруда у вигляді спеціальної конструкції, елемент вертикального планування, призначений для утримування ґрунту виїмок і укосу насипів від руйнувань, обробки рельєфу і закріплення земляної маси, що стримує переміщення ґрунту і часто має декоративну обробку.

Підпірні стінки застосовуються у гідротехнічному, дорожньому, промисловому і цивільному будівництві. Підпірна стінка служить для зміцнення ґрунту на ділянках зі складним рельєфом.

Для зведення підпірної стінки використовують такі матеріали, як камінь, бетон, залізобетон, метал, дерево.

При експлуатації підпірні стінки зазнають значного бокового тиску ґрунту. Величина цього тиску залежить від необхідної висоти підпірної стінки і властивостей ґрунту. Зволоження ґрунту, його спучування або переміщення викликають підвищення бічного тиску. Тому для недопущення надмірного зволоження ґрунту необхідно в конструкції підпірної стінки передбачати дренаж та водовідведення.

<u>За призначенням</u> існують наступні види підпірних стінок:

– укріплювальні;

– декоративні.

Укріплювальні підпірні стінки, незважаючи на свою основну задачу, можуть виконувати і декоративну функцію.

За технологією скріплення всі підпірні стінки можна розділити на:

– жорстко закріплені (монолітні підпірні стінки з бетону, залізобетону, цегляні та кам'яні кладки, укріплені розчином);

– пружні (кам'яні брили, колоди та інші споруди без використання зміцнюючого розчину).

За конструктивним рішенням підпірні стінки поділяються на:

– масивні;

– тонкостінні.

В *масивних підпірних стінах* їх стійкість на зрушення і перекидання при дії горизонтального тиску ґрунту забезпечується в основному власною вагою стіни. Масивні підпірні стіни відрізняються одна від одної формою поперечного профілю та матеріалом (бетон, бутобетон і т. д.) (рис. 5.1).

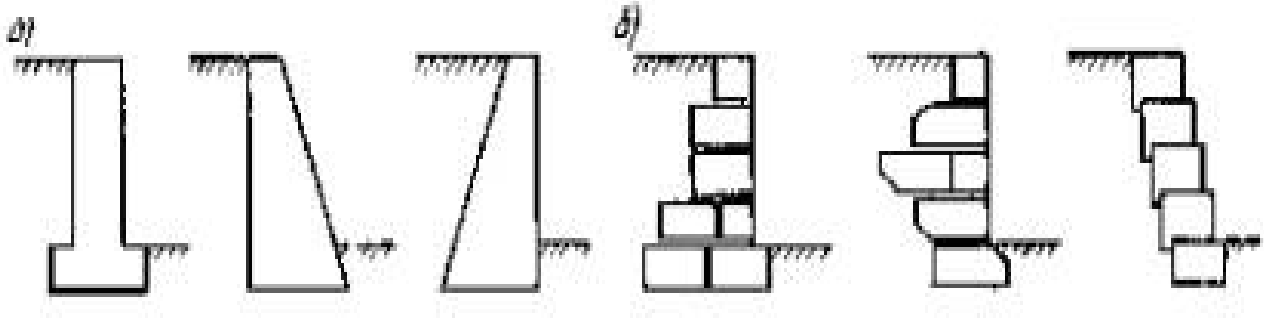


Рисунок 5.1 – Масивні підпірні стіни

а – монолітні; б – блокові

Основними елементами конструкції підпірної стінки є:

1. Фундамент (підземна частина). Будівництво підпірних стінок із цегли, бетонних блоків або природного каменю вимагає обов'язкової закладки фундаментів. Зазвичай фундамент споруджують із щебеню, гравію, піску, ущільнених глиною або скріплених цементним розчином. Бетонний фундамент витримує армовану конструкцію висотою до 3 м.

2. Тіло (видима частина). Товщина підпірної стінки залежить від її висоти і особливостей ґрунту. Зазвичай підпірні стінки висотою до 1,4 м зводять товщиною 0,25...0,6 м. Крім того, їх можна підсилити пілястрами або робити «ламаними» у плані. Стіни з бетонною основою можуть бути до 3 м заввишки, але вимагають армування, що збільшує міцність конструкції.

3. Дренаж. При будівництві підпірних стінок також необхідно передбачити влаштування дренажу. Він робиться у вигляді водостічних

труб з металу або азбестоцементу діаметром 5…10 см, які закладаються в нижній частині підпірної стінки через кожні 2…2,5 м.

4. Водовідведення. Мета влаштування водовідведення – не допустити зволоження основи фундаменту підпірної стінки. Для збору і видалення зайвої вологи можуть використовуватися азбоцементні труби або керамічні труби, прокладені уздовж підпірної стінки.

Як правило, масивні підпірні стіни більш матеріаломісткі й більш трудомісткі при зведенні, ніж тонкостінні.

В *тонкостінних підпірних стінах* їх стійкість забезпечується власною вагою стіни і вагою ґрунту, що залучається конструкцією стіни в роботу.

У промисловому і цивільному будівництві, як правило, знаходять застосування тонкостінні підпірні стіни кутового типу, наведені на рис. 5.2.

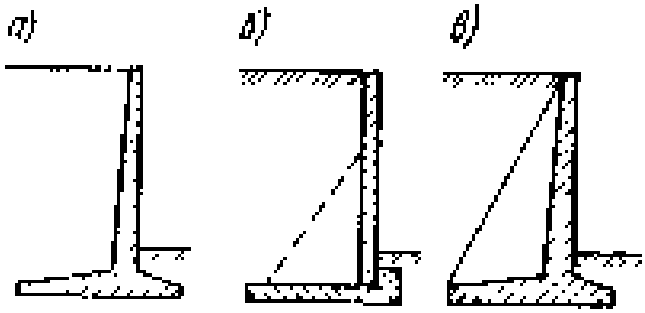


Рисунок 5.2 – Тонкостінні підпірні стіни

а – куткові консольні; б – куткові анкерні; в – контрфорсні

5.2.2 Силоси та силосні корпуси

Силос – споруда, призначена для зберігання сипких матеріалів, таких як цемент, борошно, пісок, вапно, гравій, щебінь, вугілля, руда, кокс. Конструкція силосу являє собою герметичну банку великого об'єму з конічним дном та випускним отвором, захищену від зовнішніх впливів, місткістю 20, 40, 60, 80, 100 тонн. *Силоси* виконуються із залізобетону і сталі.

За формою у плані силоси бувають:

– круглі:

d, м:	6;	12;
h, м:	15...25,8;	24,6...42,6;
V, м^3:	250...3000;	1700...12000;

– квадратні;

– шестигранні;

– восьмигранні;

Силоси проектують розташованими окремо та у батареях (корпусах). Наприклад, дворядні батареї круглі та восьмигранні (рис. 5.3).

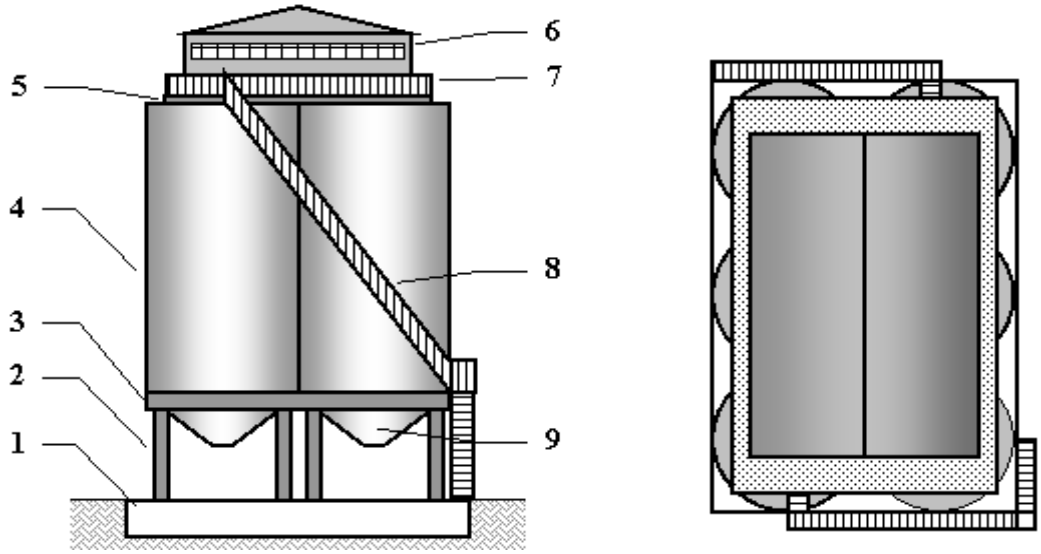


Рисунок 5.3 – Силосний корпус:

1 – фундаментна плита; 2 – опора; 3 – балка; 4 – силосна банка; 5 – перекриття; 6 – надсилосна галерея; 7 – огородження; 8 – сходи; 9 – воронка

Фундаменти силосних корпусів виконують із суцільних залізобетонних плит. Надсилосні перекриття роблять зі збірного залізобетону. Підсилосні колони – з монолітного або збірного залізобетону. На перекритті виконують надсилосні приміщення – для перебування людей та обслуговання силосів.

Аварійні сходи виконують з двох боків силосів.

Аварійна ситуація в силосах і бункерах може утворитися у разі виникнення:

– осередку саморозігрівання, а потім самозаймання (горіння, тління) всередині насипу продукту;

– горючих і токсичних газоповітряних сумішей у вільному об'ємі підсклепінного і надсклепінного простору силосів і бункерів;

– вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей в обладнанні та приміщеннях.

Наслідком виникнення аварійної ситуації може стати вибух газоповітряних (пилоповітряних) сумішей у вільному об'ємі силосів і бункерів, наступна пожежа у зруйнованих силосах і бункерах, загоряння обладнання.

Профілактична робота з метою виключення випадків самозаймання та вибухів у силосах і бункерах повинна будуватися відповідно до галузевих норм та правил. Перед засипанням в силоси і бункери продукт повинен бути просушений до необхідної вологості, а ємності ретельно зачищені, провітрені та просушені.

Для виключення причин, що призводять до самозаймання продукту, а також для своєчасного виявлення самозігрівання, рекомендується:

– здійснювати вентилювання і переміщення продукту із силосу в силос;

– при виявленні самозігрівання продукту здійснювати подачу інертних газів в силоси і бункери з допомогою технічних засобів;

– зберігати рослинну сировину в силосах і бункерах в середовищі зі зниженим вмістом кисню;

– здійснювати контроль температури і складу газового середовища в об'ємах силосів (бункерів).

5.2.3 Резервуари для нафти, нафтопродуктів та рідин

Резервуари для зберігання нафти, нафтопродуктів та інших рідин виконують зі сталі та залізобетону і розміщують на поверхні землі або під землею. У процесі проектуванні, спорудженні та експлуатації цих об'єктів особливу увагу приділяють ізоляційним заходам для недопущення екологічного забруднення територій.

1. Сталеві резервуари виконують циліндричної форми. Вони бувають:

а) циліндричні горизонтальні:

– надземні (рис. 5.4, а);

– підземні (рис. 5.4, б);

б) циліндричні вертикальні – тільки надземні (рис. 5.4, в).

Вертикальні сталеві циліндричні резервуари місткістю від 100 до 50000 тис. м^3 поділяються на типи:

– зі стаціонарним дахом, розраховані на надлишковий тиск 0,002 МПа, вакуум – 0,001 МПа;

– зі стаціонарним дахом, розраховані на підвищений тиск 0,069 МПа, вакуум – 0,001 МПа;

– з понтоном і плаваючою дахом (без тиску);

– резервуари із захисною (подвійною) стінкою;

– резервуари з подвійною стінкою.

Для скорочення втрат легковипарюваних нафтопродуктів від випаровування, запобігання забрудненню навколишнього середовища вуглеводнями, зменшення пожежної небезпеки використовуються резервуари з плаваючими дахами і понтонами. У процесі експлуатації не повинно відбуватися потоплення плаваючого даху або пошкодження його конструктивних елементів, а також технологічних елементів і пристроїв, що знаходяться на дні та стінці резервуара під час заповнення і спорожнення резервуара. Плаваючий дах повинен контактувати з продуктом, щоб виключити наявність пароповітряної суміші під ним.

Резервуари із захисною стінкою складаються з основного (внутрішнього резервуара), призначеного для зберігання продукту, та захисного (зовнішнього резервуара), призначеного для утримання

продукту в разі аварії або порушення герметичності основного резервуара. Основний резервуар може виконуватися зі стаціонарним дахом або з плаваючим дахом.

У процесі експлуатації резервуари піддаються корозії. Тому рекомендується застосовувати антикорозійний захист резервуарів.

Забороняється зменшувати висоту обвалування або захисної стіни, встановлену проектом.

Протипожежне обладнання, встановлене на резервуарі, повинно відповідати проекту. Воно підрозділяється на пристрої пінного гасіння та пристрої охолодження резервуарів.

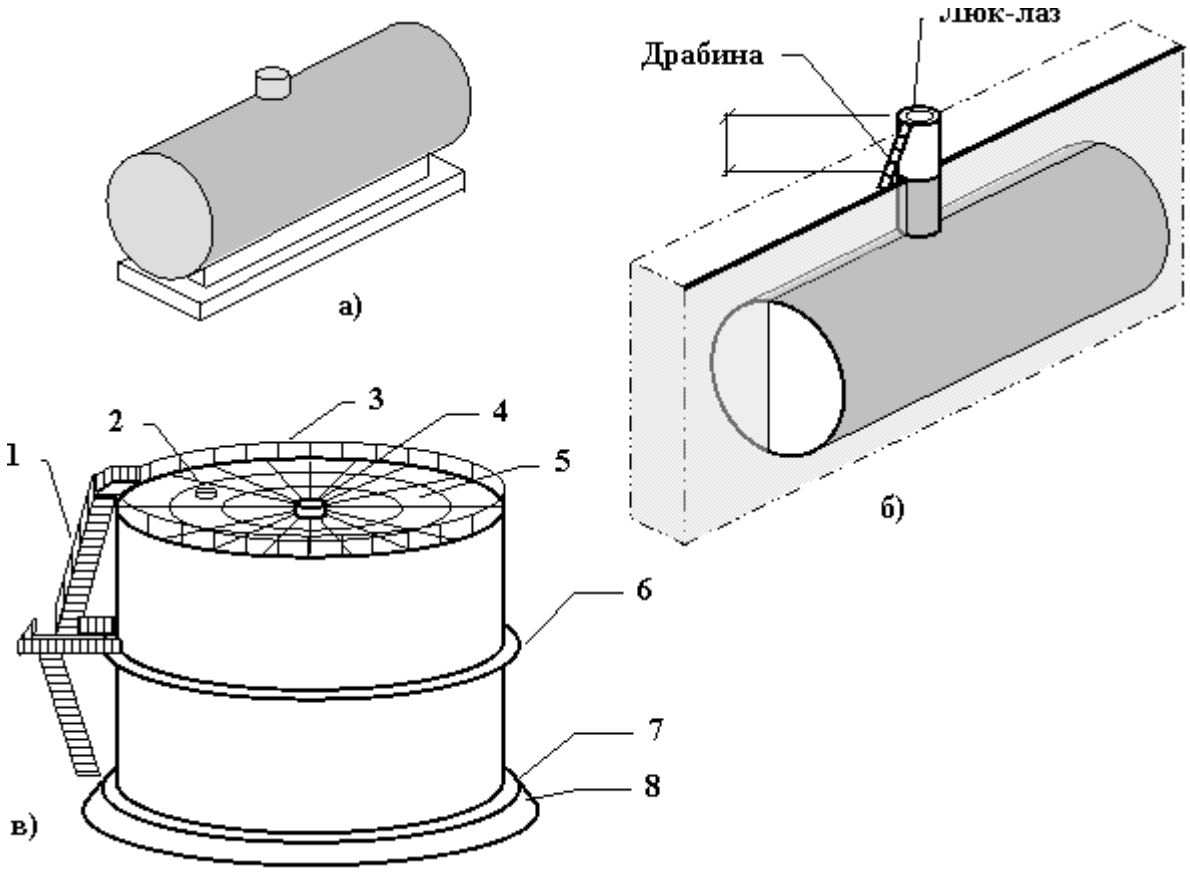


Рисунок 5.4 – Сталеві резервуари:

а) надземний горизонтальний; б) підземний горизонтальний; в) надземний вертикальний:

1 – сходи; 2 – світловий люк; 3 – огорожа; 4 – центральний стояк; 5 – секторні щити покриття; 6 – кільце жорсткості; 7 – ізоляційний шар; 8 – основа

<u>2. Залізобетонні резервуари</u> розташовують тільки під землею. Вони бувають:

А) прямокутні:

висота h = 3,6...4,2 м;

розміри у плані, м (об'єм, м^3):

6×6 (100), 6×12 (250), 12×12 (500),
12×18 (1000), 18×24 (1500), 24×30 (3000),
36×36 (6000), 48×48 (13000), 66×66 (20000);

Б) циліндричні (рис. 5.5):
d, м 6,5 ... 4,2;
h, м 3,6 ... 4,8;
V, м^3 100 ... 6000.

Залізобетонні резервуари виготовляють зі збірного залізобетону: колон, балок, стінових панелей та плит покриття (рис. 5.5). Панелі з'єднують за допомогою випусків арматури, стики зміцнюють залізобетоном. Незважаючи на ретельні ізоляційні заходи, такі резервуари часто протікають.

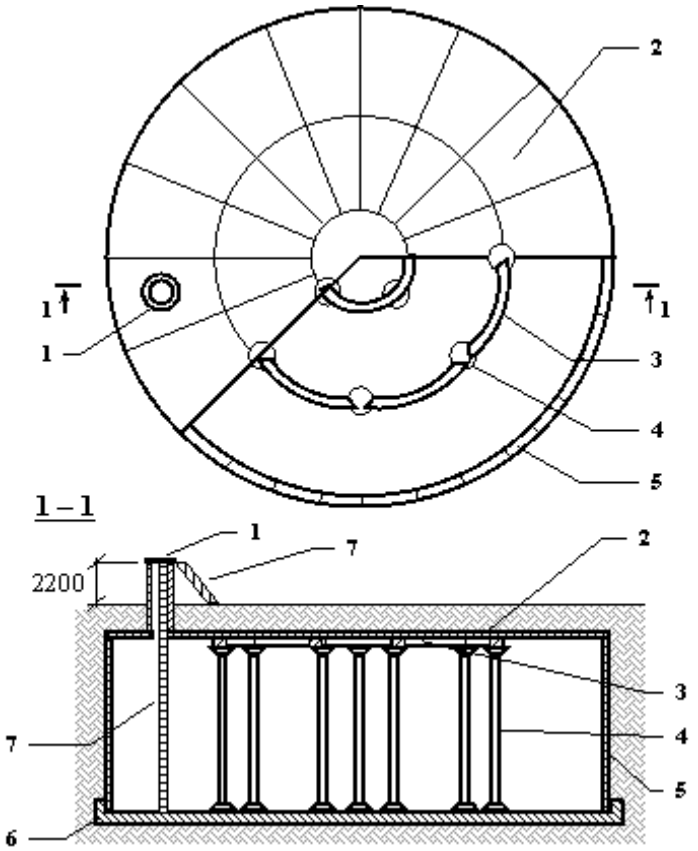


Рисунок 5.5 – Залізобетонний збірний підземний резервуар:

1 – люк-лаз; 2 – трапецієдальні панелі; 3 – кільцева балка; 4 – опора; 5 – стінові панелі; 6 – фундамент; 7 – драбина

5.2.4 Газгольдери

Газгольдер – це інженерна споруда, призначена для зберігання газів, регулювання подачі газів у систему газопостачання, в технологічне обладнання, а також для змішування газів різних концентрацій або складів. *Газгольдери* будують зі сталі.

Класифікація газгольдерів:

Розрізняють газгольдери *постійного тиску* і *постійного об'єму*.

Газгольдери також класифікують:

1) *за тиском*:

– низького тиску (до 4 кПа);

– середнього тиску (до 70 кПа);

– високого тиску (більше 70 кПа);

2) *за формою*:

а) кульові (600...2000 м^3) (рис. 5.6, б);

б) циліндричні:

– горизонтальні (50...300 м^3) (рис. 5.6, а);

– вертикальні (50...200 м^3) постійного тиску. Їх будують телескопічними (рис. 5.6, в).

Для зберігання зріджених горючих газів застосовують *горизонтальні циліндричні* або *шарові* резервуари.

Газгольдери низького тиску, як правило, є газгольдерами постійного тиску і за своїми технологічними та конструктивними особливостями можуть бути підрозділені на дві групи: *мокрі* та *сухі*.

Сухі газгольдери можуть бути змінного і постійного об'єму. Сухі газгольдери змінного об'єму є складними в експлуатації, а також характеризуються підвищеною пожежною небезпекою, що обмежує їх застосування.

Мокрі газгольдери за конструкцією можуть бути одноступінчасті та багатоступінчасті. *Одноступінчастий мокрий газгольдер* складається з нерухомого резервуара, наповненого водою, в якому встановлений колокол (перевернутий стакан). При наповненні газгольдера колокол піднімається, а при спорожненні – опускається. Ролики при цьому ковзають по напрямних шинах і усувають кочення та перекіс колокола. Для захисту від ураження блискавкою передбачається забезпечення газгольдерів блискавкозахисним пристроєм.

Багатоступінчасті мокрі газгольдери (рис. 5.6, в), крім колокола, мають ланки (телескопи). В результаті тиску газу колокол піднімається і тягне за собою телескопи, що знаходяться в зачепленні з жолобами. При піднятті колокола і ланок жолоби заповнюються водою і створюють гідравлічні затвори, які забезпечують герметичність з'єднання рухомих елементів газгольдера.

Опори під газгольдери виконують у вигляді суцільних залізобетонних фундаментів. Обов'язково виконують заземлення та блискавкозахист.

Пожежна небезпека газгольдерів полягає в можливості утворення горючого середовища як всередині газгольдера і його комунікацій, так і у приміщенні, де встановлено газгольдер.

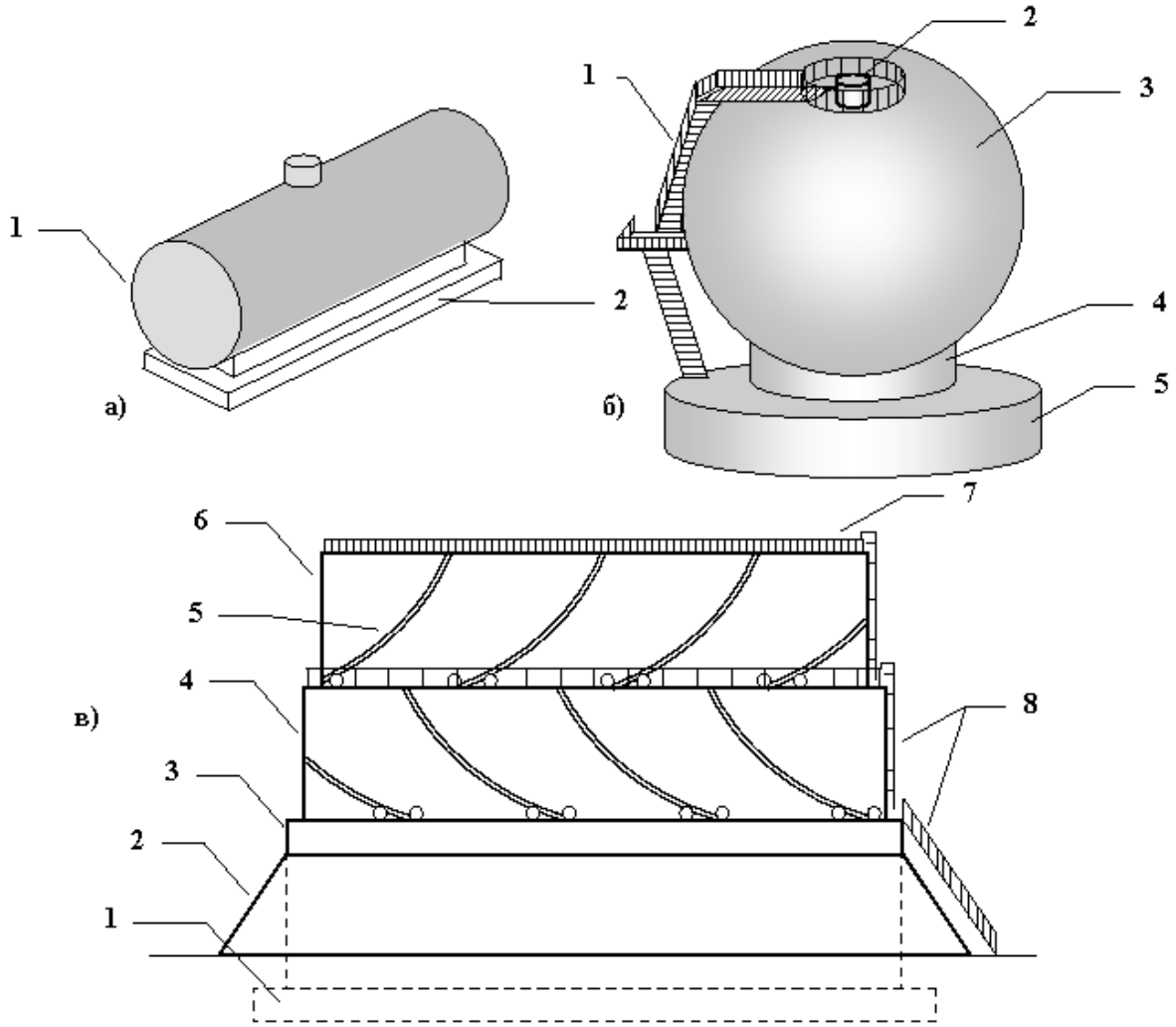


Рисунок 5.6 – Газгольдери:

а) циліндричний горизонтальний газгольдер: 1 – резервуар; 2 – суцільний фундамент;

б) кульовий газгольдер: 1 – сходи; 2 – оглядовий люк; 3 – двошарова оболонка; 4 – опорне кільце; 5 – фундаментне кільце;в) телескопічний газгольдер: 1 – з/б кільцевий фундамент; 2 – підсипка; 3 – з/б резервуар; 4 – телескоп; 5 – гвинтові напрямні (рейки та ролики); 6 – колокол; 7 – огородження; 8 – сходи

Основними джерелами запалювання в газгольдерах можуть бути:

– іскри механічного походження, що утворюються при ударах рухомих частин газгольдерів об їх нерухомі частини, а також під час проведення профілактичних та ремонтних робіт;

– самозаймання сульфідів заліза, утворених на стінках газгольдера;

– розряди атмосферної та статичної електрики;

– зварювальні та інші вогневі ремонтні роботи.

Поширення пожежі в газгольдерах відбувається по парогазоповітряній хмарі та характеризується високою швидкістю розвитку по площі, швидкістю процесів руйнування технологічного обладнання, витіканням горючих газів, значним тепловим випромінюванням і загазованістю прилеглої території.

Газгольдери забезпечуються запобіжними клапанами, манометрами для вимірювання тиску парової фази, покажчиками рівня і сигналізаторами граничного верхнього рівня рідкої фази, термометрами для контролю температури рідкої фази, запірними органами для відключення резервуарів від трубопроводів для приймання та відпуску зріджених газів, відсмоктування та подачі парової фази, відбору проб рідкої і парової фаз, люками для входу обслуговуючого персоналу в резервуар і його вентиляції, пристроями для вентиляції і продування інертним газом, парою або повітрям і пристроями для видалення з газгольдера промивних стоків води і важких залишків.

Всі газгольдери обладнуються газоскидною трубою для викиду (у разі їх переповнення) газу в атмосферу або на факел. Застосовують автоматичні системи управління газгольдерами.

5.2.5 Етажерки та площадки

Етажерки призначені для спирання технологічного обладнання та прокладання трубопроводів (рис. 5.7).

Площадки призначені для обслуговування великогабаритного обладнання.

Проектують етажерки із сіткою колон 6×6, 9×6, 12×6 м. Всі конструкції етажерки проектують зі збірного залізобетону та забезпечують не менше 2 евакуаційних виходів і висоту огородження 1,1 м.

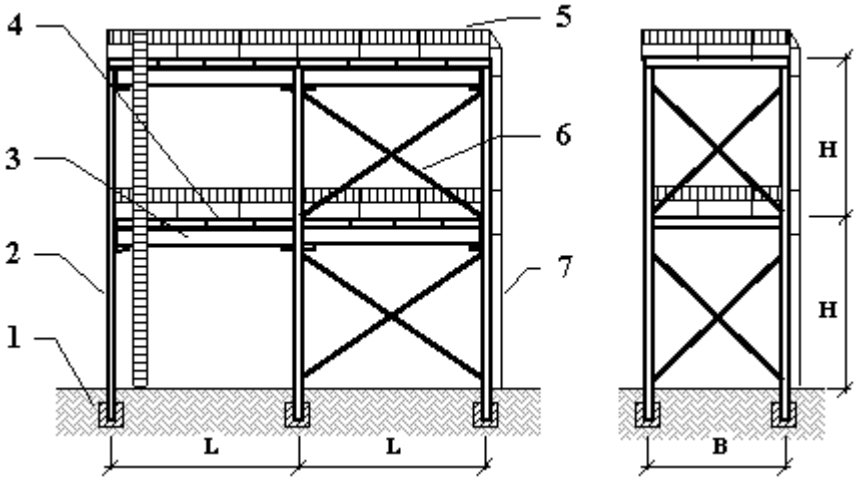


Рисунок 5.7 – Етажерка для технологічного обладнання ($L = 4500, 6000, 9000$; $B = 4500,\ 6000$):

1 – фундамент; 2 – опора; 3 – балка; 4 – плити перекриття; 5 – огородження; 6 – в'язи; 7 – сходи

5.2.6 Галереї та естакади

Галереї та естакади служать для пересування людей, вантажів, конвеєрного транспортування, завантаження залізничного і автомобільного транспорту. За призначенням вони бувають:

– пішохідні;
– конвеєрні;
– кабельні;
– комбіновані.

Несучі конструкції галерей виготовляють зі збірного залізобетону або сталі (рис. 5.8). Відстань між опорами проектується 12, 18, 24, 30 м. Висота – не менше 2 м.

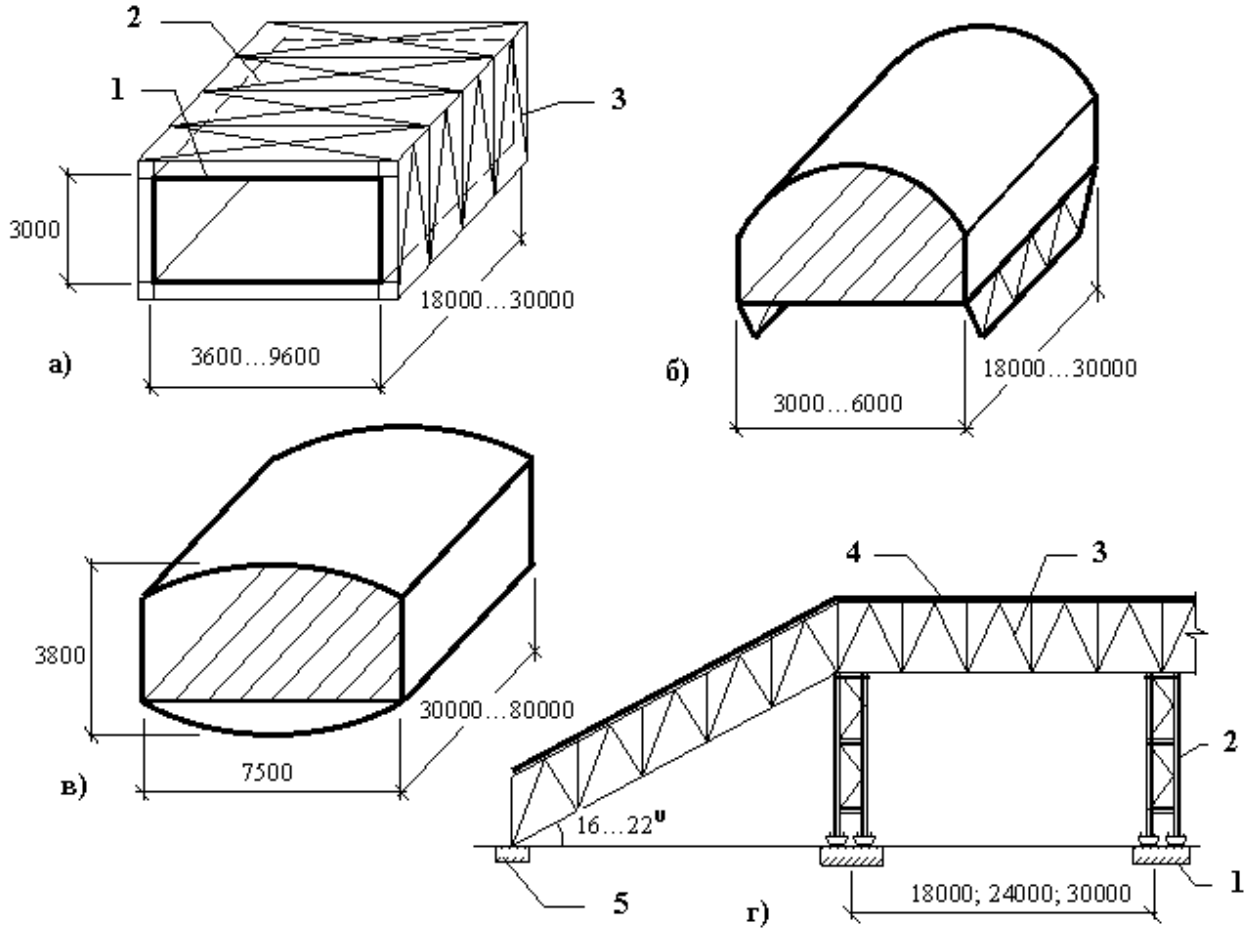


Рисунок 5.8 – Галереї:

а) пролітна будівля у клітці зі сталевих ферм: 1 – пролітна будівля; 2 – в'язи;

3 – бокова сталева ферма;

б) пролітна будівля із самонесучих азбестоцементних оболонок на розташованих понизу сталевих фермах; в) пролітна будівля – сталева оболонка;

г) приклад конструкції галереї: 1 – з/б фундамент; 2 – сталева опора; 3 – пролітна будівля; 4 – покрівля; 5 – з/б опора

Ширина пішохідних галерей розраховується із пропускною здатністю 1 м на 2000 чол. за годину. У довгих галереях через кожні 120 м треба робити пожежні виходи з драбинами.

Питання для семінарського заняття

1. Наведіть класифікацію інженерних споруд.
2. Охарактеризуйте ємнісні споруди для сипких матеріалів.
3. Охарактеризуйте ємнісні споруди для рідких речовин.
4. Охарактеризуйте ємнісні споруди для газоподібних речовин.
5. Охарактеризуйте споруди для технологічного обладнання.
6. Охарактеризуйте споруди для транспортування матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій. Навчальний посібник/Васильченко О.В. – Харків, 2007. – 257 с.
2. СНиП 2.09.02-85*. Производственные здания.
3. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий.

5.3 Транспортна система

Транспорт – галузь матеріального виробництва, що здійснює комплекс транспортно-технологічних процесів при переміщенні пасажирів і вантажів.

Транспорт є однією з галузей економічної інфраструктури держави, яка, крім всіх видів магістрального транспорту, включає в себе енергетику, зв'язок, комунальне господарство (водопостачання, каналізацію, видалення твердих відходів), а також такі інженерні споруди, як греблі, мережі зрошувальних і дренажних каналів.

До складу транспортної галузі входять:

– інфраструктура транспорту, під якою розуміється комплекс постійних (фіксованих) будівель, споруд, пристроїв, пристосувань і т. п., призначених для здійснення транспортної діяльності;

– транспортні комунікації;

– техніка транспорту, що включає в себе транспортні засоби та вантажно-розвантажувальні системи;

– технічні засоби обслуговування користувачів транспортних засобів (клієнтів);

– інформаційно-обчислювальні системи управління перевізними процесами і системи управління транспортними потоками;

– персонал, який працює у транспортній галузі.

Транспортна система забезпечує широкомасштабний обмін сировиною, матеріалами, товарами, які є технологічною основою економіки. Транспортні операції становлять необхідну умову протікання виробничих процесів, і транспорт по праву називається кровоносною системою економіки. Причому питома вага використання транспорту є далеко не однаковою як у пасажирському та вантажному товарообігу, так і в різних регіонах країни. Так склалося внаслідок численних історичних, географічних, економічних, соціальних та інших причин.

Єдина транспортна система забезпечує узгоджений розвиток і функціонування всіх видів транспорту з метою максимального задоволення транспортних потреб при мінімальних витратах.

Транспортна система – у сукупності це:
– *транспортна інфраструктура*;
– *транспортні підприємства*;
– *транспортні засоби*;
– *управління*.

Транспортна інфраструктура – це система комунікацій та об'єктів міського і зовнішнього пасажирського та вантажного транспорту, що включає вулично-дорожню мережу, лінії та споруди позавуличного транспорту, об'єкти обслуговування пасажирів, об'єкти обробки вантажів, об'єкти постійного та тимчасового зберігання і технічного обслуговування транспортних засобів.

Інфраструктура включає використовувані транспортні мережі або шляхи сполучення (дороги, залізничні колії, повітряні коридори, канали, трубопроводи, мости, тунелі, водні шляхи і т.д.), а також транспортні вузли або термінали, де відбувається перевантаження вантажу або пересадка пасажирів з одного виду транспорту на інший (наприклад, аеропорти, залізничні станції, автобусні зупинки і порти).

Транспортна інфраструктура впливає на розміщення виробництва, без його обліку не можна досягти раціонального розміщення продуктивних сил. При розміщенні виробництва враховується потреба у перевезеннях, маса вихідних матеріалів готової продукції, їх транспортабельність, забезпеченість транспортними шляхами, їх пропускна здатність і т.д. Залежно від впливу цих складових і розміщуються підприємства. Раціоналізація перевезень впливає на ефективність виробництва як окремих підприємств, так і районів та країни в цілому.

Важливе значення транспортна інфраструктура має і у вирішенні соціально-економічних проблем. Забезпеченість території добре розвиненою транспортною системою служить одним з важливих

факторів залучення населення і виробництва, є важливою перевагою для розміщення продуктивних сил і дає інтеграційний ефект.

Специфіка транспорту як сфери економіки полягає в тому, що він сам не виробляє продукцію, а тільки бере участь в її створенні, забезпечуючи виробництво сировиною, матеріалами, обладнанням і доставляючи готову продукцію споживачеві. Транспортні витрати включаються в собівартість продукції.

Транспортні підприємства – промислові підприємства, основним завданням яких є перевезення людей та/або транспортування вантажів (рис. 5.9).

Транспортні підприємства поділяються на підприємства, які здійснюють пасажирські перевезення, вантажні перевезення, і змішані підприємства, що здійснюють як вантажні, так і пасажирські перевезення.

До транспортних підприємств відносяться:

1. Підприємства залізничного транспорту:
– вантажопасажирські компанії ;
– підприємства промислового залізничного транспорту (ППЗТ);
– компанії приміських залізничних перевезень;
– метрополітени.

2. Підприємства наземного громадського та автомобільного транспорту:
– муніципальні підприємства міського транспорту;
– підприємства міського електротранспорту, трамвайно-тролейбусні управління;
– автотранспортні підприємства: здійснюють автобусні перевезення пасажирські та вантажні перевезення вантажів;
– таксомоторні парки.

3. Підприємства водного транспорту:
– річкові пароплавства;
– морські пароплавства.

4. Підприємства повітряного транспорту:
– пасажирські авіапідприємства (авіакомпанії);
– авіапідприємства вантажних (карго) перевезень.

5. Підприємства трубопровідного транспорту:
– компанії транспортування нафти;
– компанії транспортування газу;
– компанії транспортування аміаку та ін.

<u>Транспортними засобами</u> звичайно виступають конвеєри, трубопроводи, судна, ліфти, вантажопідйомні крани, ракети, автомобілі, велосипеди, автобуси, трамваї, тролейбуси, потяги, літаки.

Види транспорту поділяють на:

– магістральні загального користування;

– муніципальні загального користування;

– технологічні спеціалізовані незагального користування;

– транспортні засоби особистого і колективного користування.

Структура видів транспорту показана на рис. 5.9.

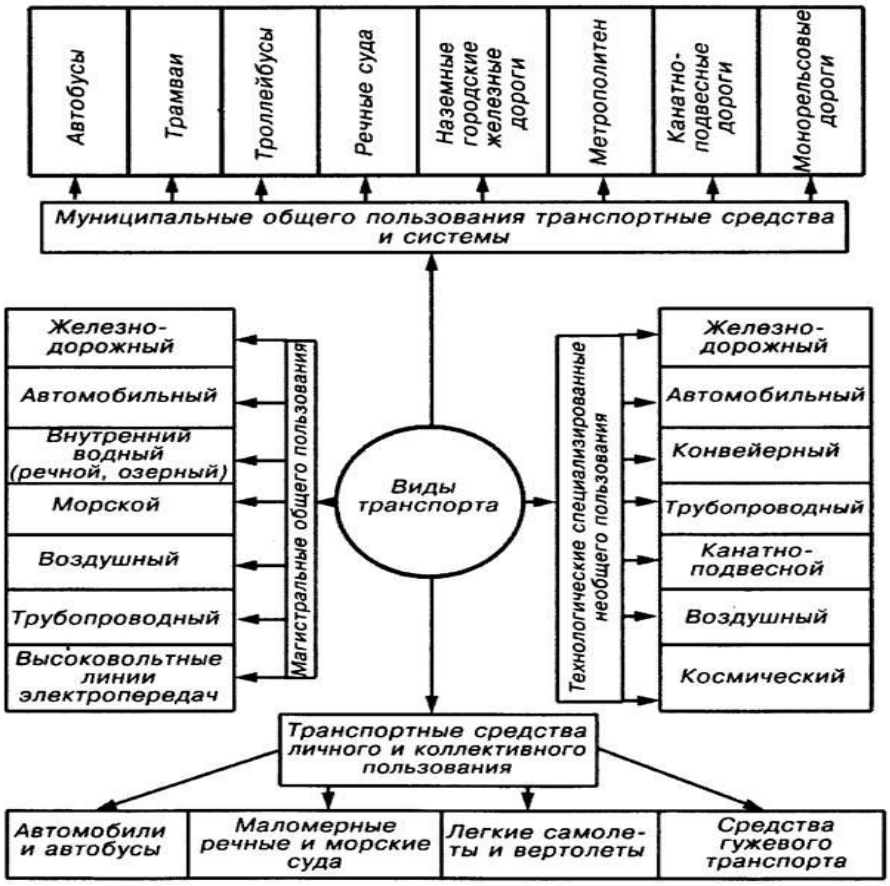


Рисунок 5.9 – Структура видів транспорту

<u>Управління транспортною системою</u> – сукупність заходів, спрямованих на ефективне функціонування цієї системи за допомогою координації, організації, упорядкування елементів даної системи, як між собою, так і з зовнішнім середовищем. У широкому сенсі, розробка мереж – завдання цивільної інженерії та міського планування, розробка транспортних засобів – механічної інженерії та спеціалізованих розділів прикладної науки, а управління зазвичай спеціалізовано в рамках тієї чи іншої мережі, або відноситься до дослідження управління або системної інженерії.

Під *управлінням* також розуміється контроль над системою, наприклад сигнали світлофора, стрілки на залізничних коліях, управління польотами і т.д., а також правила (серед іншого, правила фінансування системи: платні дороги, податок на паливо і т.д.).

Кількісними показниками транспортної системи є:

– протяжність шляхів сполучення;

– чисельність зайнятих;

– вантажо- і пасажирооборот.

Забезпечення екологічної безпеки транспортної системи

Транспортна система складається з двох найважливіших підсистем.

Перша з них – *транспортні мережі* – вимагає при її створенні проведення великого обсягу будівельних робіт, пов'язаних з переміщеннями величезної кількості ґрунту, порушенням природного ландшафту, будівництвом мостів, шляхопроводів, водовідведення і т. д. *Транспортні мережі* – це стаціонарне джерело екологічної небезпеки.

Друга підсистема – це ті *транспортні засоби*, які користуються цією транспортною мережею. Ці *транспортні засоби* являють собою нестаціонарні джерела екологічної небезпеки і роблять вирішальний внесок у забруднення навколишнього середовища акустичними, електромагнітними і тепловими полями, токсичними викидами, різними отруйними хімічними сполуками і т. д.

Транспортні мережі для свого нормального функціонування потребують створення відповідної інфраструктури. Надзвичайно важливо, щоб до складу цієї інфраструктури спочатку було включено систему забезпечення екологічної безпеки як транспортних мереж, так і тих транспортних засобів, які цю мережу використовують. До складу системи забезпечення екологічної безпеки в обов'язковому порядку повинен входити інформаційно-аналітичний центр, організований з урахуванням сучасних вимог до інформаційного забезпечення системи прийняття рішень відповідного рівня.

Серед багатопланових завдань забезпечення екологічної безпеки транспортних коридорів найважливішим є завдання створення дієвої системи *державного екологічного контролю*. Для цього необхідно підготувати і прийняти на регіональному рівні нормативні акти, що регламентують порядок проведення державного екологічного контролю на індивідуальному і державному транспорті всіх типів. Ці акти повинні передбачати заходи адміністративної відповідальності за невиконання встановлених вимог і тим самим створити механізм управління системою державного екологічного контролю за дотриманням вимог державних стандартів, зокрема щодо токсичності та димності на автотранспорті.

Забезпечення транспортної безпеки

В найбільш загальному вигляді поняття «*транспортна безпека*» може бути визначене як:

– система попередження, протидії та припинення злочинів, включаючи тероризм, у транспортній сфері;

– система запобігання на транспорті надзвичайним подіям природного і техногенного характеру;

– система недопущення або мінімізації матеріального і морального збитку на транспорті від злочинів і надзвичайних подій;

– система, спрямована на підвищення екологічної безпеки перевезень, екологічної стійкості транспортної системи;

– система реалізації цілей національної безпеки у транспортному комплексі в цілому.

Транспортна безпека покликана забезпечити:

1) безпечні для життя і здоров'я пасажирів умови проїзду;

2) безпеку перевезень вантажів, багажу і вантажобагажу;

3) безпеку функціонування та експлуатації об'єктів і засобів транспорту;

4) економічну (в тому числі і зовнішньоекономічну) безпеку;

5) екологічну безпеку;

6) інформаційну безпеку;

7) пожежну безпеку;

8) санітарну безпеку;

9) хімічну, бактеріологічну, ядерну і радіаційну безпеку;

10) мобілізаційну готовність галузей транспортного комплексу.

Масштабний спектр різних причин природного, технічного і соціального характеру обумовлює наявність широкого діапазону внутрішніх і зовнішніх загроз, що послаблюють транспортну безпеку країни. Під загрозою транспортної безпеки розуміються протиправні дії або наміри вчинити подібні дії, а також процеси природного або техногенного характеру, або їх сукупність, що перешкоджають реалізації життєво важливих інтересів особистості, суспільства і держави у транспортній сфері, що призводять або здатні призвести до аварій у транспортному комплексі.

Загрози транспортної безпеки класифікуються за рядом підстав:

– за ступенем значущості;

– за характером загроз;

– за сферами та формами прояву і т. п.

Основними загрозами на транспорті є:

– терористичні та диверсійні акції (угон або захоплення повітряних, морських, річкових суден, залізничного рухомого складу, автотранс-

порту, вибухи на залізничних вокзалах, на транспорті, диверсії проти гідротехнічних споруд та ін.);

– інші випадки незаконного втручання у функціонування транспорту (накладення сторонніх предметів на рейки, розоснащення пристроїв залізничних шляхів, телефонний «тероризм», протиправне блокування аеропортів та основних транспортних магістралей), що загрожують життю і здоров'ю пасажирів, які завдають прямого збитку транспортній сфері і породжують у суспільстві негативні соціально-політичні, економічні, психологічні наслідки;

– кримінальні дії проти пасажирів;

– кримінальні дії проти вантажів;

– надзвичайні події (аварії), що зумовлені станом транспортних технічних систем (їх зношеністю, аварійністю, недосконалістю), порушенням правил експлуатації технічних систем, в тому числі нормативних вимог з екологічної безпеки під час перевезень, а також природними факторами, що створюють аварійну обстановку і тягнуть за собою матеріальні збитки і людські жертви.

За характером джерела загрози поділяються на:

– загрози соціогенного характеру (неправомірне втручання у функціонування транспорту, тероризм, крадіжки, хуліганство, блокування шляхів і транспортних засобів, порушення правил експлуатації технічних засобів, недосконалість цих правил та законодавчої бази, що стосується транспортного комплексу);

– загрози техногенного характеру (породжені неякісним станом матеріально-технічної частини транспортної сфери, недостатнім рівнем кваліфікації обслуговуючого персоналу);

– загрози природного характеру (повені, зсуви, землетруси, снігові та піщані замети на дорогах, цунамі, тайфуни тощо).

Забезпечення транспортної безпеки включає:

– своєчасне прогнозування і виявлення зовнішніх та внутрішніх загроз транспортної безпеки;

– реалізацію оперативних та довгострокових заходів щодо попередження і нейтралізації внутрішніх та зовнішніх загроз транспортної безпеки;

– здійснення заходів, спрямованих на недопущення або мінімізацію матеріальної та моральної шкоди від злочинів та надзвичайних подій на транспорті;

– інвентаризацію міжнародних вимог щодо забезпечення транспортної безпеки, розроблення і реалізацію, з урахуванням цих вимог, комплексу заходів, спрямованих на якісне підвищення рівня транспортної безпеки, приведення його у відповідність до міжнародних стандартів безпеки на транспорті. Дуже важливою складовою частиною цього ком-

плексу заходів є розвиток можливостей розвідки і контррозвідки в цілях своєчасного виявлення та нейтралізації загроз і визначення їх джерел.

5.3.1 Залізничний транспорт

Залізничний транспорт – вид сухопутного транспорту, що здійснює перевезення вантажів і пасажирів по рейкових шляхах сполучення. Залізничні шляхи прокладають згідно «ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм».

Залізничний транспорт відрізняється масовістю вантажопотоків та пасажиропотоків, різноманітністю перевезених вантажів, відносно низькою вартістю перевезень вантажів великого об'єму на великі відстані.

Залізничний транспорт використовує різні види енергії, головним чином, електричну і теплову.

За призначенням залізничний транспорт поділяється:

– транспорт загального користування, в тому числі міський: трамвай, метрополітен;

– промисловий транспорт: заводський, рудничний, лісогосподарський та ін.

Залізничний транспорт – це широка, різнобічна державна галузь господарства, яка включає в себе:

– працівників залізниці;

– залізничне полотно: рейки, шпали, стрілки;

– залізничні потяги: локомотиви, вагони, цистерни, рефрижератори, платформи;

– залізничні депо: ремонтні майстерні, складські приміщення, запасні шляхи;

– залізничні вокзали.

Особливостями залізничного транспорту є:

– велика маса рухомого складу (загальна маса вантажного поїзда становить близько 5 тисяч тонн, маса пасажирського поїзда – близько 1 тисячі тонн);

– певна кількість вагонів у потягу: в пасажирському поїзді в середньому 16, у вантажному – 75. Максимальне число вагонів у потязі 110;

– електрострум високої напруги – до 30 кВ;

– висока швидкість руху рухомого складу;

– небезпечні ділянки дороги: мости, тунелі, спуски, підйоми;

– наявність людського фактора: управління локомотивом, комплектування складів, диспетчерське обслуговування.

Укрзалізниця (*Державна адміністрація залізничного транспорту України*) – орган управління залізничним транспортом загального користування, що здійснює централізоване управління процесом перевезень

у внутрішньому й міждержавному сполученнях та регулює виробничо-господарську діяльність залізниць.

До сфери Укрзалізниці входять Донецька, Львівська, Одеська, Південна, Південно-Західна та Придніпровська залізниці, а також інші підприємства та організації єдиного виробничо-технологічного комплексу, що забезпечують перевезення вантажів і пасажирів.

Залізничний транспорт України є провідною галуззю в дорожньо-транспортному комплексі країни, який забезпечує 82 % вантажних і майже 50 % пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту.

Проблеми безпеки на залізничному транспорті

Існує безліч проблем безпеки на об'єктах залізничного транспорту. Найбільш гострі на сьогоднішній день:

– тероризм – вказаний вид транспорту слабо захищений;
– забруднення навколишнього середовища;
– небезпека пожеж на залізничному транспорті;
– небезпека впливу отруйних речовин;
– травми та аварії на залізничному транспорті.

Основними причинами пожеж та вибухів на залізничному транспорті є необережне поводження з вогнем, іскри локомотивів, печей вагонів – теплушок, котлів опалення пасажирських вагонів, а також технічні несправності. На цю групу причин припадає понад 60 % всієї кількості пожеж і вибухів. Приблизно по 10 % припадає на порушення державних стандартів і правил навантаження (викликають самозаймання, тертя пакувального дроту тощо), на потрапляння невстановленого джерела запалювання всередину вагонів та контейнерів або на відкритий рухомий склад. Далі, у міру убування, йдуть несправність електрообладнання, недогляд за приладами опалення та їх несправність, аварії та катастрофи, іскри електрозварювання та інші причини.

До шкідливих речовин відносять різні гази, пари і пил, що виділяються при технологічних процесах.

Безпека руху на залізничному транспорті забезпечується шляхом здійснення комплексу профілактичних заходів (технічних і організаційних), які передбачають:

– аналіз стану безпеки руху, виявлення «вузьких» місць, розроблення і здійснення заходів щодо їх усунення;

– здійснення постійної роботи щодо підвищення якості ремонту й утримання колії, штучних споруд, локомотивів, вагонів, пристроїв

сигналізації та зв'язку, електропостачання, залізничних переїздів та інших технічних засобів транспорту;

– проведення робіт щодо впровадження нових технологій безпеки;

– професійний відбір кандидатів на посади, пов'язані з рухом поїздів;

– організацію технічного навчання кадрів і підвищення їх кваліфікації, відпрацювання практичних навичок дій у нестандартних ситуаціях.

5.3.2 Трубопровідний транспорт

Трубопровідний транспорт (*pipeline transport*) – вид транспорту, що здійснює передачу на відстань по трубопроводах рідких, газоподібних середовищ і твердих матеріалів. Залежно від транспортованого продукту розрізняють нафтопровід, газопровід, водопровід, пульпопровід тощо.

Переваги трубопровідного транспорту:

1. Можливість повсюдного укладання трубопроводу. Трубопровід може бути прокладений практично у всіх районах, напрямках, в будь-яких інженерно-геологічних, топографічних і кліматичних умовах. Траса трубопроводу – це найкоротший шлях між початковим і кінцевим пунктами проходження і може бути значно коротшим, ніж траси інших видів транспорту

2. Низька собівартість транспортування.

3. Збереження якості завдяки повній герметизації труби.

4. Менша матеріало- і капіталомісткість.

5. Повна автоматизація операцій з наливу, перекачування, транспортування і зливу. На магістральних трубопроводах може бути забезпечене застосування частково або повністю автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) перекачування нафти, нафтопродуктів і газу.

6. Нечисленність персоналу.

7. Безперервність процесу перекачування. Робота магістральних трубопроводів є неперервною, планомірною протягом року, місяця, доби і не залежить від кліматичних, природних, географічних та інших умов, що гарантує безперебійне забезпечення споживачів. Магістральні трубопроводи дозволяють забезпечити можливість подачі практично необмеженого потоку нафти, автобензинів, дизельного і реактивних палив у будь-якому напрямку.

8. Відсутність негативного впливу на навколишнє середовище.

9. Трубопровідний транспорт має кращі техніко-економічні показники порівняно з іншими видами транспорту нафтових вантажів, а для транспорту природного газу, що перебуває в газоподібному стані, є єдино можливим.

10. Спорудження трубопроводів проводять у порівняно нетривалі терміни, що забезпечує швидке освоєння нафтових і газових родовищ, потужності нафтоперекачувальних заводів.

11. Магістральними трубопроводами можна здійснювати послідовне перекачування нафти різних сортів або нафтопродуктів різних видів, а також різних газів.

Можливість значної автоматизації та телемеханізації, впровадження систем автоматизованого управління технологічними процесами сприяє підтриманню оптимальних режимів експлуатації трубопровідних систем, скороченню витрат електроенергії, а також втрат нафти, нафтопродуктів і газу при перекачуванні, скороченню чисельності обслуговуючого персоналу.

Головними недоліками трубопроводу є:

– вузька спеціалізація;

– для раціонального використання потрібен потужний стійкий потік перекачуваного вантажу;

– велика витрата металу;

– «жорсткість» траси перевезень, тобто неможливість зміни напрямку перевезень нафти, нафтопродуктів чи газу після побудови трубопроводу.

Техніка і технологія трубопровідного транспорту

В нафто- та газотранспортних системах використовуються сталеві зварні труби діаметром від 520 до 1020 мм. Для низьконапорних труб слід застосовувати пластмасові труби, котрі, як мінімум, у 6–8 разів легше сталевих та не зазнають корозії.

Засоби захисту труб від корозії

Важливу роль у підвищенні надійності роботи нафто- та газопроводів відіграє захист від корозії. Збереження труб від зовнішньої та внутрішньої корозії – велика проблема.

Для зовнішнього захисту зараз застосовується покриття гарячим бітумом та обмотування папером. Такий метод не є надійним, вимагає додаткового обладнання для розігрівання бітуму, нанесення його на труби та обмотування папером. Полімерні плівки суттєво зменшують труднощі при ізоляції труб, їх наносять безпосередньо на трубопрокатних заводах.

Готові, ще гарячі труби покривають кількома шарами поліетиленової плівки та епоксидною смолою, внаслідок чого утворюється міцний захисний шар товщиною 3...4 мм. Труби укладають у траншеї глибиною до 1 м від верхньої утворюючої труби.

Підземні металеві споруди захищаються за технологічною системою електрохімзахисту (катодною, протекторною і дренажною)

безперервною катодною поляризацією всієї поверхні. Елементи технологічної системи електрохімзахисту повинні складатися із відновлювальних виробів з експлуатаційним терміном не менше 10 років. Для визначення стану захисту від корозії існуючих підземних комунікацій проводиться обстеження стану захисту за поляризаційними потенціалами. За одержаними даними визначається необхідність капітального ремонту анодних заземлень і ремонту засобів ЕХЗ.

Роботи з підготовки траншеї та укладання у неї трубопроводу виконуються за допомогою комплексу спеціальних машин. В окремих випадках трубопроводи укладають на поверхню землі чи піднімають на естакади, а у разі перетинання водних перешкод проводять по дну річки, озера чи протоків. Поруч із трубопроводами, які застосовуються для транспортування рідких вуглеводнів та природного газу, є споруди трубопроводів для перекачування ряду інших вантажів.

В числі цих вантажів можна назвати: етилен, рідкий аміак, розчини солі.

Технологічний процес транспортування палива забезпечується роботою головних і проміжних перекачувальних станцій, резервуарних парків. Перевантаження на залізничний транспорт здійснюється із залізничних наливних станцій, а в автомобільний транспорт – з автоналивних пунктів.

На всій довжині газопроводу більш-менш рівномірно (в середньому через 100–150 км) розподілені компресорні станції, функція яких полягає в підтриманні необхідного тиску і швидкості руху газу в трубі (оскільки через тертя газу об стінки труби два останні показники мають тенденцію до зниження). Компресори підтримують тиск (а відповідно, і пропускну здатність газопроводу), додаючи необхідний об’єм газу (додавання, наприклад, повітря призвело б до виникнення вибухонебезпечної суміші).

Компресорні станції оснащуються газоперекачувальними агрегатами і устаткуванням для осушення, очищення, одоризації газу (*одорант* – речовина, що додається в газ і додає йому характерного різкого запаху). Крім цього, на компресорних станціях обладнуються хімічні лабораторії, що періодично проводять аналізи води, мастил та інших робочих речовин, а також перевіряють загазованість об’єктів.

Оскільки газопровід не є абсолютно герметичною місткістю через оснащеність його додатковими механізмами (засувками, сальниками тощо), то при транспортуванні є неминучими заплановані втрати деякої кількості газу (від 2,5 до 4,0 %).

Різке зниження тиску у трубі (особливо в умовах від’ємних температур) здатне привести до утворення газогідратної пробки. Утворення

гідратів газу відбувається у разі, коли молекули води утворюють навколо молекул газу свого роду скупчення і, таким чином, формують структуру, що зовні нагадує лід. Тобто трубу закупорює тверда маса, через що рух газу зупиняється. Найпоширеніші методи боротьби з такими явищами зводяться до використання метанолу або моноетиленгліколю – для розтепління гідратів.

Мережа трубопроводів являє собою складний просторовий об'єкт, що включає магістральні трубопроводи та відгалуження із переходами через природні та штучні перешкоди, захисні споруди, газорозподільчі станції, під'їзні шляхи тощо, які розміщені в районах, що характеризуються різноманітними інженерно-геологічними умовами. Стійкість цих споруд у великій мірі визначена сучасною геодинамікою – процесами і явищами, завдяки яким відбуваються деформації товщ гірських порід та зміни рельєфу Землі. При геодинамічних дослідженнях, неотектонічних дослідженнях, прогнозуванні екзогенних геологічних процесів ефективно застосовуються дані дистанційного зондування, зокрема багатозональні космічні знімки локального (роздільна здатність 25–100 м) та детального (роздільна здатність 5–20 м) рівнів генералізації. Проведення цих досліджень допомагає уникнути пошкоджень трубопроводів, спричинених тектонічною активністю Землі.

Постійний моніторинг технічного стану нафтопроводів з допомогою внутрішньотрубного діагностичного обстеження діючих магістралей (його результати є основою для формування планів поточного і капітального ремонтів) показує, що щорічно необхідно проводити діагностування. Виявлено безліч не виявлених раніше дефектів труб через старіння і дефектів зварних швів, про що говорять результати обстежень, проведених з допомогою магнітного снаряда MFL і ультразвукового снаряда CD.

Надійність трубопроводів значною мірою зумовлюється якістю ізоляційних матеріалів і технології їх нанесення.

Оскільки власником ГТС є держава (яка здійснює управління системою в особі уповноважених органів – Кабміну, Мінпаливенерго і Нафтогазу), ухвалення рішення про переведення ГТС в іншу форму власності – виключна прерогатива Верховної Ради.

Діяльність, пов'язана з проектуванням, будівництвом, ремонтом та експлуатацією об'єктів трубопровідного транспорту, здійснюється на підставі спеціального дозволу (ліцензії) та підлягає обов'язковій сертифікації.

Забезпечення безпеки трубопровідного транспорту

Магістральні нафтопроводи України потерпають від злочинних дій сторонніх осіб та угруповань злочинців. Це засвердлення та пошкодження нафтопроводів, крадіжки нафти, руйнування та розкрадання споруд лінійної частини нафтопроводів, кабельно-провідникової продукції тощо.

ВАТ «Укртранснафта» вживає всіх можливих заходів для припинення цих злочинних дій. Регулярно здійснюються обліт траси нафтопроводів гелікоптерами, об'їзд дільниць нафтопроводу усіма службами, які виконують планово-профілактичний та попереджувальний ремонти, огляд найбільш важливих дільниць обхідниками.

Однією з найсерйозніших проблем експлуатації магістральних трубопроводів є їх аварійність – непередбачена відмова лінійної частини трубопроводу, що супроводжується катастрофічним впливом на навколишнє середовище.

З аналізу причин аварійності на магістральних трубопроводах зроблено висновок, що близько 50 % всіх аварій відбувається через недоврахування властивостей природного середовища. Тому потрібен режим уважного нагляду за станом трубопровідних систем.

Дії при надзвичайних ситуаціях

У випадку виникнення аварій на магістральних і промислових трубопроводах вживаються негайні та ефективні заходи щодо усунення наслідків аварій та надзвичайних ситуацій, що викликали порушення в їх роботі та забруднення навколишнього природного середовища. Організації, що здійснюють експлуатацію магістральних і промислових трубопроводів, зобов'язані мати у своїй структурі спеціальні підрозділи з попередження і ліквідації аварій або укласти договір з іншими спеціалізованими організаціями, що здійснюють зазначену діяльність відповідно до законодавства держави.

Органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування та інші організації, залежно від рівня надзвичайних ситуацій та законодавства держави, повинні надавати організаціям, що здійснюють експлуатацію об'єктів трубопровідного транспорту, допомогу людськими, матеріальними і технічними ресурсами, а також забезпечувати безперешкодний проїзд і провезення аварійно-рятувальних засобів для ліквідації надзвичайних ситуацій та їх наслідків. Плата за перевезення великовагових вантажів по державних автомобільних дорогах автомобільним транспортом незалежно від його належності, який використовується для перевезення великовагових вантажів з метою

попередження та(або) ліквідації надзвичайних ситуацій або наслідків стихійного лиха за узгодженими маршрутами, не стягується.

Організації, що здійснюють експлуатацію магістральних і промислових трубопроводів, мають право на використання прилеглих до об'єкта трубопровідного транспорту земель для проведення аварійно-відновлювальних робіт відповідно до законодавства держави.

Фінансування заходів з локалізації аварій та надзвичайних ситуацій, що виникли внаслідок аварій на об'єктах трубопровідного транспорту, та ліквідації їх наслідків здійснюється за рахунок коштів організацій, що здійснюють їх експлуатацію, які зобов'язані створювати для цих цілей резерви фінансових і матеріальних ресурсів. При недостатності зазначених коштів залучаються фінанси інших джерел згідно із законодавством держави.

Питання для семінарського заняття

1. Опишіть склад транспортної галузі.
2. Вкажіть призначення та склад транспортної системи.
3. Розкрийте поняття «транспортна інфраструктура».
4. Вкажіть види транспортних підприємств.
5. Вкажіть види транспорту і опишіть їх структуру.
6. Охарактеризуйте систему забезпечення екологічної безпеки транспортних засобів та мереж.
7. Охарактеризуйте забезпечення транспортної безпеки.
8. Охарактеризуйте залізничний транспорт і проблеми забезпечення його безпеки.
9. Охарактеризуйте трубопровідний транспорт, його достоїнства і недоліки.
10. Охарактеризуйте причини надзвичайних ситуацій на трубопроводах та особливості забезпечення їх безпеки

ЛІТЕРАТУРА

1. Единая транспортная система: учебник для ВУЗов/ под ред. В.Г. Галабурды. – М.: Транспорт, 1996. – 295 с.

ЛЕКЦІЯ 6
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

План:

6.1 Пожежна безпека об'єкта
6.2 Показники пожежної небезпеки будівельних матеріалів
6.3 Вогнестійкість будівельних конструкцій
6.4 Вогнестійкість будівель
6.5 Особливості поведінки залізобетонних конструкцій при пожежі
6.6 Вогнестійкість статично визначених згинальних елементів
6.7 Вогнестійкість статично невизначених згинальних елементів
6.8 Вогнестійкість ферм
6.9 Основи вогнезахисту будівельних матеріалів та конструкцій

6.1 Пожежна безпека об'єкта

Пожежа – позарегламентний процес знищування або пошкоджування вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля.

Пожежна безпека об'єкта – стан об'єкта, при якому виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей небезпечних чинників пожежі.

Забезпечується пожежна безпека об'єкта:
– системою запобігання пожежі ;
– системою протипожежного захисту;
– організаційно-технічними заходами.

Системи пожежної безпеки повинні характеризуватися рівнем забезпечення пожежної безпеки людей і матеріальних цінностей, а також економічними критеріями ефективності цих систем для матеріальних цінностей, з урахуванням усіх стадій життєвого циклу об'єктів (наукова розробка, проектування, будівництво, експлуатація), і виконувати наступні задачі:

– виключати виникнення пожежі;
– забезпечувати пожежну безпеку людей;
– забезпечувати пожежну безпеку матеріальних цінностей.

Система запобігання пожежі – сукупність *технічних засобів* та *організаційних заходів*, призначених для створювання умов, за яких імовірність виникнення та розвитку пожежі не перевищує унормованого допустимого значення.

Шляхи реалізації: запобігання утворенню горючого середовища, джерел запалювання, обмеження маси і/чи об'єму горючих речовин.

Технічні засоби – автоматична система пожежної сигналізації та пожежогасіння.

Організаційні заходи – планування евакуації, протипожежна пропаганда.

Система протипожежного захисту – сукупність *технічних засобів* та *організаційних заходів*, спрямованих на запобігання впливу на людей *небезпечних чинників пожежі* та обмеження матеріальних збитків від неї.

Технічні засоби – автоматична система пожежогасіння, система димовидалення, протипожежні будівельні конструкції, легкоскидні конструкції.

Організаційні заходи – управління евакуацією, система оповіщення.

Організаційно-технічні заходи повинні включати:

– організацію пожежної охорони, відомчих служб пожежної безпеки;

– паспортизацію речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів, будівель;

– залучення громадськості до питань забезпечення пожежної безпеки;

– організацію навчання робітників правилам пожежної безпеки на виробництві;

– розробку заходів щодо дій адміністрації, робітників і населення на випадок виникнення пожежі;

– розробку та реалізацію норм і правил пожежної безпеки тощо.

Небезпечні чинники пожежі – прояви пожежі, що призводять чи можуть призвести до опечення, отруєння, утравмування чи загибелі людей та (або) до заподіяння матеріальних, соціальних, екологічних збитків.

Первинні небезпечні чинники пожежі:

1) полум'я та іскри;
2) підвищена температура навколишнього середовища;
3) токсичні продукти горіння і термічного розкладання;
4) дим;
5) знижена концентрація кисню.

Вторинні небезпечні чинники пожежі:

– осколки, частини апаратів, що зруйнувалися, агрегатів, установок, конструкцій;

– електричний струм, що виник внаслідок виносу високої напруги на струмопровідні частини конструкцій, апаратів, агрегатів;

– радіоактивні і токсичні речовини та матеріали, що вийшли зі зруйнованих апаратів і установок;

– небезпечні фактори вибуху за ГОСТ 12.1.010, що стався внаслідок пожежі;

– вогнегасні речовини.

6.2 Показники пожежної небезпеки будівельних матеріалів

Виділяють три основні умови виникнення процесу горіння:

- наявність горючої речовини;
- наявність окислювача;
- наявність джерела запалювання.

<u>На процес горіння впливають такі чинники:</u>

– хімічний склад матеріалів і/або властивості їх окремих компонентів (реагування з окислювачем);

– густина та агрегатний стан горючої речовини;

– кількість окислювача (кисню): за його недостетності реакція йде неінтенсивно, згоряння є неповним, утворюється багато диму;

– вид джерела запалювання: полум`я, іскри, тління, перегріта поверхня тощо.

<u>Пожежна небезпека речовин і матеріалів</u> – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення пожежі. Визначення цих властивостей встановлюються стандартами «ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять» та «ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва».

До головних *показників пожежної небезпеки* матеріалів можна віднести:

– горючість (ДСТУ Б В.2.7-19-95);

– займистість (ДСТУ Б В.1.1-2-97);

– здатність до поширення полум'я по поверхні (ДСТУ Б В.2.7-70-98);

– **димоутворювальну здатність** (ГОСТ 12.1.044-89, п. 4.18);

– **токсичність продуктів згоряння** (ГОСТ 12.1.044-89, п. 4.20).

Горючість – здатність матеріалів до самостійного горіння (здатність спалахувати, полум'яно чи безполум'яно горіти (тліти), поширювати горіння).

Матеріали, які визнані горючими, поділяють на чотири групи горючості:

Г1 (низької горючості);

Г2 (помірної горючості);

Г3 (середньої горючості);

Г4 (підвищеної горючості).

Займистість – здатність матеріалів до запалювання, яке супроводжується виникненням полум'я.

За *займистістю* горючі матеріали класифікують на три групи, залежно від мінімального значення *критичної поверхневої щільності теплового потоку* (КПЩТП), за якого виникає їх стійке полум'яне горіння:

– **В1** – величина КПЩТП дорівнює або більше 35 кВт/м^2;

– **В2** – величина КПЩТП перебуває у межах від 20 до 35 кВт/м^2;

– **В3** – величина КПЩТП менше 20 кВт/м^2.

Здатність до поширення полум'я – характеризує здатність матеріалів до поширення полум'я по поверхні та виділення тепла.

Горючі будівельні матеріали, залежно від величини КПЩТП, розподіляють на 4 групи:

– РП1 – КПЩТП дорівнює або більше 11,0 кВт/м^2;

– РП2 – КПЩТП знаходиться у межах від 8,0 до 11,0 кВт/м^2;

– РП3 – КПЩТП знаходиться у межах від 5,0 до 8,0 кВт/м^2;

– РП4 – КПЩТП менше 5,0 кВт/м^2.

Димоутворювальна здатність – характеризує здатність матеріалів до утворення диму при полум'яному горінні або тлінні.

За величиною максимального *коефіцієнта димоутворення (Dm)* розрізняють 3 групи матеріалів:

– **Д1** – з малою димоутворювальною здатністю (Dm < 50 м^2/кг);

– **Д2** – з помірною димоутворювальною здатністю (50м^2/кг < Dm < 500м^2/кг);

– **Д3** – з високою димоутворюючою здатністю (Dm > 500 м^2/кг).

Токсичність продуктів згоряння – характеризує здатність матеріалів до утворення при полум'яному горінні або тлінні небезпечних для здоров'я людини речовин.

Показник токсичності (HCl50) – це кількість речовини, при спалюванні якої в об`ємі 1 м^3 утворюється концентрація продуктів горіння, що викликає протягом 30 хв загибель 50 % тварин.

Розрізняють 4 групи матеріалів:

– **Т1** – малонебезпечні (120 г/м^3 < HCl50);

– **Т2** – помірно небезпечні (40 г/м^3 < HCl50 < 120 г/м^3);

– **Т3** – високонебезпечні (13 г/м^3 < HCl50 < 40 г/м^3);

– **Т4** – надзвичайно небезпечні (HCl50 < 13 г/м^3).

6.3 Вогнестійкість будівельних конструкцій

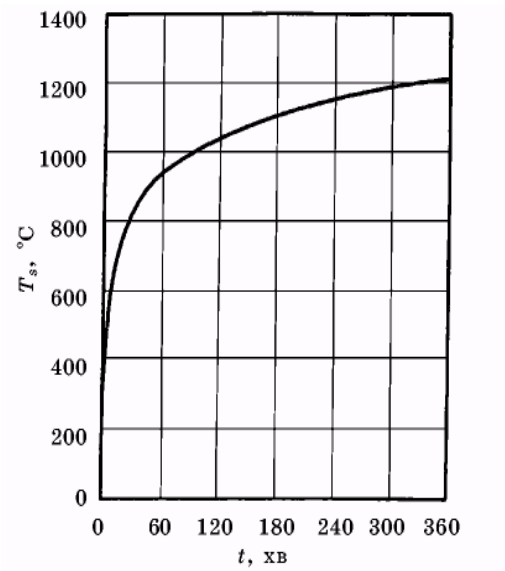
Вогнестійкість – здатність будівельних конструкцій зберігати функціональні властивості в умовах пожежі. Спроможність конструкцій зберігати свою несучу здатність, а також чинити опір виникненню наскрізних отворів чи прогріванню до *критичних температур* і поширенню вогню. *Вогнестійкість* будівельних конструкцій характеризується *межею вогнестійкості* та *межею поширення вогню*.

МЕЖА ВОГНЕСТІЙКОСТІ конструкції – інтервал часу (у хвилинах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції (ДБН В.1.1-7-2016):

1) втрати несучої здатності (позначається літерою **R**)***;***

2) втрати цілісності (позначається літерою **E**)***;***

3) втрати теплоізолюючої здатності (позначається літерою **I**)***.***



Дані про температури реальних пожеж було покладено в основу температурних режимів, прийнятих стандартами ряду держав для випробувань будівельних конструкцій на вогнестійкість. Для зіставлення результатів випробувань будівельних конструкцій на вогнестійкість, проведених у різних лабораторіях та країнах, у 1961 р. Міжнародною організацією по стандартизації (ISO) було рекомендовано *стандартизовані номінальні температурні режими*, які відповідають різним сценаріям умовної пожежі.

Режим, який набув найбільшого застосування, називається *стандартний температурний режим*. Йому відповідає умовна пожежа, яка розвивається за *стандартною температурною кривою*, що описується наступною формулою:

$$t - t_o = 345 \log10 (8\tau + 1) \quad \text{(хвилини)},$$

де t – температура середовища в камері або печі;

t_o – початкова температура;

τ – час від початку випробування.

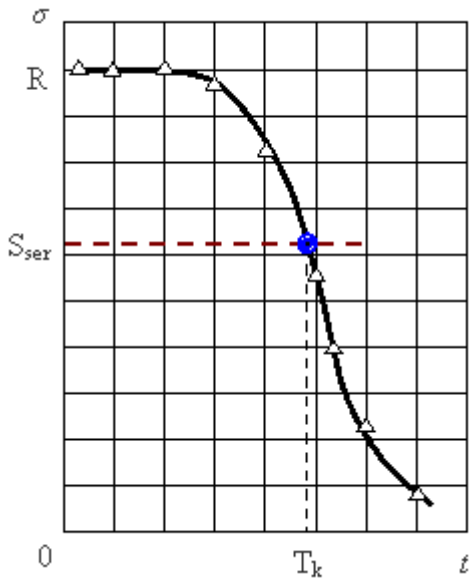
<u>1-й граничний стан</u>

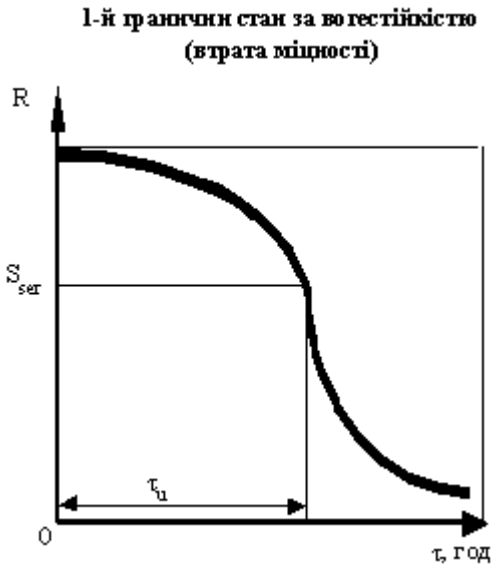
Граничним станом за ознакою втрати несучої здатності (R) є обвалення зразка або виникнення граничних деформацій внаслідок досягнення *критичної температури*.

Критична температура – за якою границя міцності конструкції знижується до величин робочих напружень, що виникають від експлуатаційних навантажень та власної ваги конструкції. (Цьому моменту відповідає стан, коли виникають надмірні деформації, вичерпується несуча здатність конструкції та настає її руйнування.)

Під час випробувань ознакою втрати несучої здатності є:

– руйнування конструкції;
– руйнація вузлів кріплення (з'єднань);
– досягнення граничних деформацій;
– порушення умов обпирання.





<u>2-й граничний стан</u>

Граничний стан за ознакою втрати цілісності (E) – при якому виникають наскрізні тріщини або отвори в огороджувальній конструкції.

Під час випробувань <u>ознакою втрати цілісності</u> (за ДСТУ Б В.1.1-4-98) є:

– загоряння або тління зі свіченням ватного тампона, піднесеного до необігріваної поверхні зразка в місця тріщин на відстань від 20 до 30 мм протягом проміжку часу від 10 до 30 с;

– виникнення тріщини, через яку можна вільно (без додаткових зусиль) ввести в піч щуп діаметром 6 мм і перемістити його вздовж цієї тріщини на відстань не менше 150 мм;

– виникнення тріщини (або отвору), через яку можна вільно ввести в піч щуп діаметром 25 мм;

– виникнення полум'я на необігріваній поверхні зразка в місцях тріщин, яке спостерігається протягом проміжку часу не менше ніж 10 с.

3-й граничний стан

Граничним станом за ознакою втрати теплоізолюючої здатності (I) є перевищення температури на необігріваній поверхні огороджувальної конструкції над початковою температурою цієї поверхні більше унормованої величини.

Під час випробувань ознакою втрати теплоізолюючої здатності (за ДСТУ Б В.1.1-4-98) є:

– перевищення середньої температури на необігріваній поверхні конструкції над початковою середньою температурою цієї поверхні на 140 ^{0}С;

– перевищення температури в довільній точці необігріваної поверхні зразка над початковою температурою в цій точці на 180 ^{0}С.

Наприклад, межі вогнестійкості конструкцій:

– стіна – REI 180;
– перегородка – EI 45;
– плита перекриття – REI 120;
– колона – R 240.

МЕЖА ПОШИРЕННЯ ВОГНЮ – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь у горизонтальному та вертикальному напрямках (ДБН В.1.1-7-2016). За межу поширення вогню приймається розмір ушкодженої зони зразка ($L_{ушк}$) в сантиметрах у площині конструкції від границі контрольної зони (перпендикулярно до неї) до найбільш віддаленої точки пошкодження зразка в контрольній зоні (для вертикальних конструкцій – нагору, для горизонтальних – у кожну сторону). Ушкодженнями вважаються обвуглювання, оплавлення і вигорання матеріалів, з яких виготовлено зразок, на глибину більш як 0,2 см.

За цим показником розрізняють три групи:

– ***М0*** (межа поширення вогню дорівнює L = 0 см);

– ***М1*** ($L \leq 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $L \leq 40$ см – для вертикальних конструкцій);

– ***М2*** ($L > 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $L > 40$ см – для вертикальних конструкцій).

6.4 Вогнестійкість будівель

За «ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва» будівлі та споруди за вогнестійкістю характеризують *ступенем вогнестійко-*

сті.

СТУПІНЬ ВОГНЕСТІЙКОСТІ – нормована характеристика вогнестійкості будівель і споруд, що визначається:

1) *класами вогнестійкості* основних будівельних конструкцій;

2) межами поширення вогню по цих конструкціях.

Ступінь вогнестійкості будинку встановлюють залежно від:

– призначення;

– висоти (поверховості);

– площі поверху в межах протипожежного відсіку;

– категорії з вибухопожежної та пожежної небезпеки.

За ДБН В.1.1-7-2016 встановлено 8 ступенів вогнестійкості будівель: **I, II, III, IIIа, IIIб, IV, IVа, V**. Чим вище *класи вогнестійкості* основних будівельних конструкцій, тим вище ступінь вогнестійкості будівлі. Будівлі найвищого – I ступеня вогнестійкості – будують з найбільш вогнестійких конструкцій, для будівель V ступеня вогнестійкості класи вогнестійкості не нормуються.

Клас вогнестійкості конструкції – це унормований показник її вогнестійкості, який визначає гарантоване значення її межі вогнестійкості. На відміну від класу вогнестійкості, межа вогнестійкості конструкції показує результат натурного випробування за стандартизованим температурним режимом або результат отриманий за розрахунком.

Позначення *класу вогнестійкості* будівельних конструкцій складається з умовних літерних позначень граничних станів (**R, E, I**) і числа, що відповідає нормованій межі вогнестійкості у хвилинах, з ряду 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 240, 360.

Характеристики вогнестійкості конструктивних елементів будівель, залежно від їх необхідного ступеня вогнестійкості, наведено в табл. 4 ДБН В.1.1-7-2016.

Ступінь вогнестійкості відбиває відносну пожежну небезпеку будівель залежно від матеріалу будівельних конструкцій, з яких вони складаються, як видно з табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Конструктивні характеристики будівель залежно від їх ступеня вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості	Конструктивні характеристики
I, II	Будівлі з несучими та огороджувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.
III	Будівлі з несучими та огороджувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висовуються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню; при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.
III а	Будівлі переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1, Г2.
III б	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з деревини, підданої вогнезахисній обробці. Огороджувальні конструкції виконують із застосуванням деревини або матеріалів на її основі. Деревина та інші матеріали групи горючості Г3, Г4 огороджувальних конструкцій мають бути піддані вогнезахисній обробці або захищені від дії вогню та високих температур.
IV	Будівлі з несучими та огороджувальними конструкціями з деревини або інших горючих матеріалів, захищених від дії вогню та високих температур штукатуркою або іншими листовими, плитними матеріалами. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню; при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.
IV а	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих матеріалів з утеплювачем груп горючості Г3, Г4.
V	Будівлі, до несучих і огороджувальних конструкцій яких не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню.

6.5 Особливості поведінки залізобетонних конструкцій при пожежі

Обстеження будівель після пожеж показує, що залізобетонні конструкції мають різний ступінь пошкодження від вогневого впливу. У зв`язку з цим розрізняють:

– *зони руйнування* (обвалення);

– *аварійні зони*;

– ділянки сильних, середніх і слабких пошкоджень конструкцій будівлі.

Від впливу високих температур на залізобетонні конструкції:

– виникають температурні напруги внаслідок різності коефіцієнтів температурного розширення бетону та арматури. В елементі додатково створюється напружений стан;

– змінюються фізико-механічні властивості бетону та арматурної сталі;

– змінюються хімічні властивості бетону.

<u>При вогневому впливі</u> та прогріві перерізів залізобетонних елементів їх несуча спроможність знижується внаслідок:

– появи температурних напруг у перерізах конструкцій внаслідок нерівномірного прогріву. Внаслідок температурних напруг виникають температурні деформації, які є найбільшими у вузлах з'єднання декількох конструктивних елементів. Вільні температурні деформації елемента є функціями деформацій складових залізобетонного матеріалу і залежать від ступеня нагрівання, коефіцієнта армування, виду арматури та бетону;

– зміни міцносних властивостей бетону і арматурних сталей;

– порушення спільної роботи цих матеріалів;

– зменшення працездатного перерізу елемента внаслідок прогріву поверхневих прошарків бетону до критичних температур.

Руйнування залізобетонних конструкцій під час пожежі здійснюється внаслідок зниження міцності і температурних деформацій розтягнутої арматури, що нагрівається.

При нагріванні виявляються два види температурних деформацій бетону:

– *температурне розширення* (оборотна деформація);

– *усадка* (необоротна деформація).

Після нагрівання і наступного охолодження обидва види дають сумарну деформацію, що менше температурного розширення на розмір усадки бетону.

Вільні температурні деформації залізобетонного елемента є функціями деформацій складових залізобетонного матеріалу і залежать від ступеня нагрівання, коефіцієнта армування, виду арматури і бетону.

Після охолодження:

– бетон, прогрітий до критичної температури, не відновлює міцносних і деформативних властивостей.

– сталева арматура, прогріта до критичної температури, в основному відновлює міцносні та деформативні властивості.

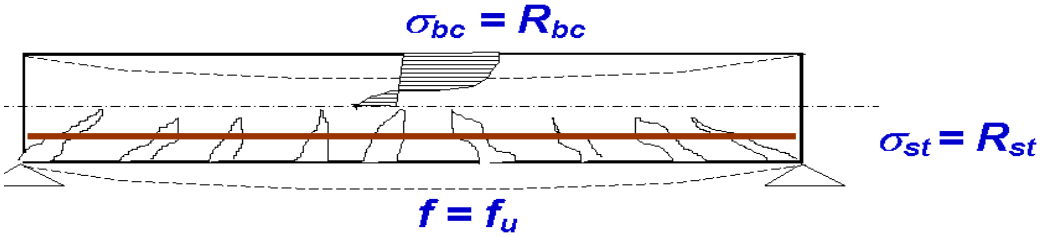
Несуча здатність залізобетонних конструкцій після вогневого впливу знижується внаслідок:

1) зміни міцносних властивостей бетону і арматурних сталей;
2) порушення спільної роботи цих матеріалів;
3) внаслідок появи температурних напруг у перетинах конструкцій у результаті нерівномірного прогріву.

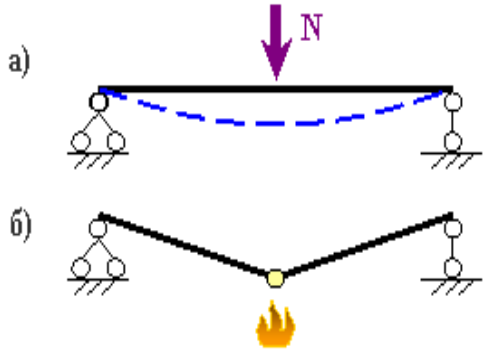
Таким чином, температурні деформації негативно впливають на вогнестійкість бетону. Несуча здатність залізобетонних конструкцій після охолодження знижується внаслідок зменшення працездатного перерізу елементів завдяки прогріву поверхневих прошарків бетону до критичних температур.

6.6 Вогнестійкість статично визначених згинальних елементів

До *статично визначених* згинальних елементів відносяться однопрольотні вільно лежачі плити, панелі та настили перекриттів, а також балки та прогони.



За методикою випробувань на вогнестійкість обігрів даних елементів проводиться знизу. Тому зменшення їхньої несучої здатності відбувається в основному за рахунок зниження міцності розтягнутої арматури, що нагрівається.



У стиснутій зоні бетон і арматура нагріваються слабко, і тому розрахунок виеонкють за умови постійності їх міцносних характеристик.

Статично визначені згинальні елементи руйнуються внаслідок утворення ***пластичного шарніру*** в

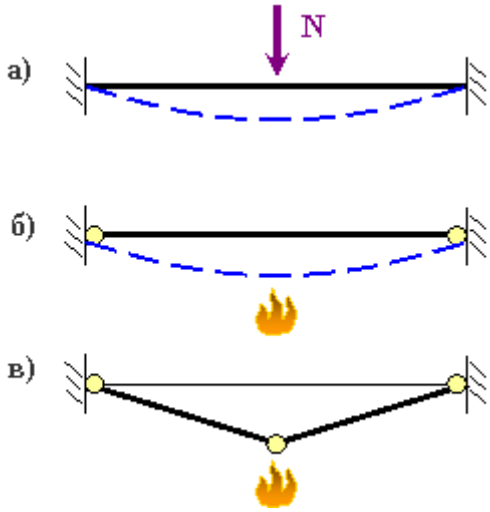
середині прольоту за рахунок зниження межі текучості або міцності розігрітої арматури до розміру робочих напруг в її перерізі.

У цей момент відбувається різке збільшення температурної повзучості арматури, що викликає інтенсивне розкриття тріщин у розтягнутій зоні. Тріщини, що розкриваються, зменшують висоту стиснутої зони до мінімального значення, за якого відбувається руйнація стиснутого бетону і завалення елемента.

При дії вогню конструкція руйнується під дією постійного нормативного робочого згинального моменту *M*.

Розв'язання статичної задачі розрахунку вогнестійкості статично визначених простих плоских згинальних елементів зводиться до визначення часу досягнення ***критичної температури*** розтягнутою арматурою.

6.7 Вогнестійкість статично невизначених згинальних елементів



Статично невизначеними вважають конструкції, кінцівки яких жорстко закріплені або які при шарнірному закріпленні мають проміжні вузли обпирання; наприклад, нерозрізні балки, консольні балки та плити із замуруванням на опорах.

Міцність прольотних перерізів зменшується внаслідок нагрівання стиснутого бетону і стиснутої арматури до високих температур.

При дії вогню у статично невизначених стрижневих елементах відбувається перерозподіл сил і моментів. Елемент намагається вигнутися униз, чому перешкоджає замуровування на опорах.

В елементах у процесі нагрівання утворюються *пластичні шарніри* на опорах. Після утворення опорних пластичних шарнірів елемент перетворюється у статично визначену конструкцію з відомими моментами на опорах.

Повна руйнація елемента викликається утворенням третього пластичного шарніра в середині прольоту, коли в нагрітій до високих температур прольотній розтягнутій арматурі різко збільшуються деформації температурної повзучості.

Статично невизначені елементи мають більшу межу вогнестійкості, ніж статично визначені, за рахунок перерозподілу зусиль в елементах і особливостей роботи цих конструкцій.

6.8 Вогнестійкість ферм

Межа вогнестійкості ферм визначається мінімальною межею вогнестійкості найбільш слабкого елемента.

Якщо слабкий елемент явно намітити не можна, то визначають межі вогнестійкості усіх несучих елементів, з яких вибирається найменша.

Межу вогнестійкості розраховують шляхом побудови кривої зміни середньої температури стрижнів елемента в часі.

За межу вогнестійкості приймають час, протягом якого середня температура досягне величини $t_{кр}$.

6.9 Основи вогнезахисту будівельних матеріалів та конструкцій

Виникнення і подовження горіння можливе тільки за такими умовами:

1) наявність горючої речовини;

2) наявність окислювача;

3) наявність джерела запалювання.

За відсутності хоча б однієї з цих умов горіння не виникає.

На процес горіння (коли воно почалося) впливають наступні фактори:

– хімічний склад матеріалів і/або властивості їх окремих компонентів (реагування з окислювачем);

– щільність та агрегатний стан горючої речовини;

– кількість окислювача (кисню): за його недостатності реакція йде неінтенсивно, згоряння є неповним, утворюється багато диму;

– вид джерела запалювання: полум`я, іскри, тління.

Звертаючи увагу на умови виникнення горіння та фактори, що впливають на цей процес, можна визначити основні способи вогнезахисту будівельних матеріалів та шляхи їх реалізації.

Основні способи вогнезахисту будівельних матеріалів:

1) *зміна речовини* (***модифікація***) з метою підвищення температури її спалахування, горіння, уповільнення транспорту горючих компонентів до поверхні;

2) *перешкоджання потраплянню окислювача* до горючої речовини;

3) *запобігання нагріванню* поверхні.

Шляхи реалізації способів вогнезахисту будівельних матеріалів:

1) ***модифікація*** складу, мікро- та макроструктури матеріалу для переведення його до групи з меншою горючістю;

2) створення ***захисного покриття*** на поверхні, яке зменшує прогрівання матеріалу і/або затримує вихід горючих газів назовні та підхід кисню до місця реакції окислювання;

3) встановлення ***захисних екранів*** із негорючих речовин, які захищають матеріал конструкції від впливу джерела запалювання.

І. ВОГНЕЗАХИСТ ДЕРЕВИНИ І ДЕРЕВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Шляхи зниження горючості деревини:

– *зниження швидкості нагрівання поверхні матеріалів*, що дає змогу утворення більш товстого шару вугілля, яке має погану теплопровідність;

– *спрямування піролізу матеріалу в бік утворення негорючих газів* або зменшення виділення горючих газів;

– створення умов для неможливості тління вугілля.

Методи зниження горючості деревини:

1) *просочування* деревних матеріалів або введення до їх складу речовин, що сприяють дегідратації деревини з мінімальним виділенням горючих газів і максимальним виходом вугілля;

2) нанесення на поверхню матеріалів *вогнезахисного покриття*, що забезпечує утворення коксового шару і відвертання його тління та горіння;

3) *екранування* виробів з деревини від впливу високої температури захисними сорочками з вогне- і теплоізоляційних матеріалів.

1 Вогнезахисне просочування деревини

Суть просочування *антипіренами* полягає у створенні в капілярній системі (і на клітинному рівні) деревини після висушування соляного шару, який заважає розкладенню целюлози і лігніну та чинить опір дифузії горючих газів

Методи просочування антипіренами:

1) просочування під тиском в автоклаві – чергування вакууму і тиску (p = 1…1,6 МПа; τ = 1 година; t = 60 ^{o}C). Забезпечує концентрацію до 75 кг сухої солі на 1 м^3 деревини (І група вогнезахисту);

2) просочування у ванні (вимочування) – методом холодно-гарячих ванн. Забезпечує концентрацію до 50 кг сухої солі на 1 м^3 деревини (ІІ група вогнезахисту);

3) поверхневе просочування – багатократне нанесення гарячого (до 60 ^{o}C) просочувального розчину;

4) дифузійне просочування – нанесення на вологу деревину пастоподібної суміші антипірену з добре набрякаючою клейкою речовиною;

5) просочування органорозчинними антипіренами – використання розчинів з малим поверхневим натягненням.

Для зниження горючості деревних матеріалів використовують:

– *водорозчинні антипірени* (солі алюмінію, фосфорної кислоти, сполуки бору, хрому, міді, цинку та ін.);

– *полімерні антипірени* (карбамідні, фенолформальдегідні, фуранові, кремнійорганічні сполуки).

2 Вогнезахисні покриття деревини:

– *вогнезахисні обмазки* товщиною 10...70 мм – штукатурні розчини;

– *вогнезахисні фарби* товщиною 1...10 мм – мінеральні, силікатні – на основі рідкого скла, магнезіальні, полімерні;

– *захисні плівки* товщиною до 1 мм – з термореактивних полімерів;

– *покриття, що спучуються* – багатокомпонентні системи зі зв'язуючого, антипірену і піноутворювачів;

– *комбіновані покриття*.

3 Екранування дерев'яних конструкцій

Екрани відрізняються від покриттів:

– більшою товщиною (понад 100 мм), або

– тим, що складаються зі штучних виробів, або

– наявністю повітряного прошарку між захисною сорочкою і дерев'яною конструкцією.

Використання облицювання азбестоцементними плитами товщиною 10 мм подовжує межу вогнестійкості на 20–30 хв.

Застосування теплоізоляційних плит *"ROCKWOOL"* товщиною 80 мм підвищує вогнестійкість на 60 хв.

II. ВОГНЕЗАХИСТ МЕТАЛІВ

Основна небезпека при прогріванні металевих конструкцій полягає у тому, що вони дуже швидко втрачають міцність, при цьому стають більш пластичними, і лінійні температурні деформації викликають великі зміни розмірів, короблення і навіть руйнування конструкцій.

Вогнезахист металевих конструкцій полягає в підвищенні жароміцності, а також у створенні на поверхні металевих елементів конструкцій теплоізолюючих екранів.

Напрями підвищення вогнестійкості металевих конструкцій :

1) легування;
2) застосування захисних покриттів;
3) екранування.

1 Легування металів

Мета *легування* – підвищити температуру межі текучості, температуру рекристалізації, корозійну стійкість та зберегти оптимальний розмір зерен сплаву.

Низьколеговані сталі до температури 600 ^{o}C не втрачають своєї міцності.

Підвищенню жароміцності сталей сприяють, в основному, додавання молібдену, вольфраму, ванадію та кремнію.

Поширеними марками низьколегованих жароміцних сталей є 12МХ, 12ХМФ, Х5ВФ.

2 Вогнезахисні покриття металевих конструкцій

Для підвищення межі вогнестійкості металевих конструкцій розроблено декілька сполук вогнезахисних покриттів.

Фосфатне покриття ОФП-ММ

Це покриття формується при взаємодії:

– зв'язуючого – калієвого або натрієвого рідкого скла;

– отверджувача – нефелінового антипірена;

– теплоізолюючого наповнювача – низькосортного азбеста або гранульованого (шлакового) мінерального волокна.

Покриття, що спучуються

Для вогнезахисту металевих конструкцій використовують сполуки, які за температури більше 170 ^{o}C спучуються і утворюють пористий шар, товщина якого може становити декілька сантиметрів.

За товщини сухого шару покриття, що спучується, 4–5 мм забезпечується межа вогнестійкості:

– сталевої конструкції – 0,75 години;

– алюмінієвої – 0,25 години.

Фарба ВПМ-2, що спучується, являє собою суміш термостійких газоутворюючих і волокнуватих наповнювачів у водному розчині полімерних зв'язуючих. За витрати 4,5 кг/м^2 вона підвищує межу вогнестійкості до 0,8 години.

3 Екранування металевих конструкцій

Засобами вогнезахисту для металевих конструкцій є *важкі* та *легкі бетони, цегла, цементно-піщані штукатурки*.

Межу вогнестійкості сталевої конструкції до 2 годин можуть забезпечити:

– шар важкого бетону або гіпсу товщиною 60 мм,

– шар штукатурки – 50…60 мм,

– шар цегли – 65 мм.

Покриття з цементно-піщаних штукатурок застосовують для вогнезахисту як зовнішніх, так і внутрішніх конструкцій. При нанесенні шару штукатурки товщиною більше 100 мм його армують сталевою

сіткою, яку кріплять на поверхні, що захищається. Найбільш ефективні штукатурки, до складу яких входить, % мас.: швидкотвердний цемент БТЦ-500 – 62,5; перліт – 10; рідке скло – 6.5.

Плитні і листові теплоізоляційні матеріали – гіпсокартонні та гіпсоволокнисті листи, перлітофосфогелеві та азбоцементні плити.

Перлітофосфогелеві плити витримують температури до 800 ^{o}C і за товщини до 50 мм забезпечують межу вогнестійкості сталевих конструкцій 2,5 год.

Гіпсокартонні листи товщиною 10–20 мм забезпечують межу вогнестійкості більше 1 години.

III. ОСНОВИ ВОГНЕЗАХИСТУ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Зниження пожежної небезпеки полімерних будівельних матеріалів (ПБМ) можна досягти, активно впливаючи фізичними та хімічними засобами на кожну стадію горіння.

Фізичні засоби:

1. Зниження тепло- та масопереносу між полум'ям і конденсованою фазою.
2. Охолодження полум'я в результаті втрати тепла у зовнішнє середовище:
   – відтік тепла від покриття через теплопровідну основу;
   – флегматизація полум'я негорючими газами;
   – втрати тепла на випаровування і піроліз полімерної матриці;
   – розкладення наповнювачів, які утримують хімічно зв'язану воду.
3. Зрив полум'я потоком окислювача.

Хімічні засоби впливу включають:

– цілеспрямовані зміни хімічної будови та структури полімерів;
– зміну складу та співвідношення компонентів ПБМ.

Методи зниження пожежної небезпеки ПБМ:

– *хімічна модифікація* полімерів;
– введення наповнювачів;
– введення *антипіренів*, димопридушувачів або інших цільових добавок;
– нанесення вогнезахисних покриттів;
– комбінація різних методів.

Питання для семінарського заняття

1. Розкрийте сенс понять «вогнестійкість» та «межа вогнестійкості».

2. Наведіть граничні стани конструкцій за вогнестійкістю.

3. Охарактеризуйте втрату несучої здатності конструкції за вогнестійкістю.

4. Охарактеризуйте втрату цілісності конструкції за вогнестійкістю.

5. втрату теплоізолюючої здатності конструкції за вогнестійкістю.

6. Розкрийте сенс поняття «ступінь вогнестійкості».

7. Назвіть первинні небезпечні чинники пожежі.

8. Назвіть вторинні небезпечні чинники пожежі.

9. Поясніть, що таке «критична температура» та як вона залежить від робочого навантаження.

10. Поясніть, внаслідок чого руйнуються залізобетонні конструкції під час пожежі.

11. Поясніть причини руйнування ферми покриття при пожежі.

12. Назвіть шляхи і методи зниження горючості деревини. Поясніть, що таке антипірен та у чому суть застосування антипіренів.

13. Назвіть основні методи вогнезахисного просочення деревини.

14. Охарактеризуйте спосіб глибокого просочування під тиском та спосіб просочування в гарячехолодних ваннах.

15. Назвіть основні методи вогнезахисного покриття деревини. Поясніть, чим відрізняються вогнезахисні фарби від покриттів, що спучуються.

16. Назвіть основні способи підвищення вогнестійкості металевих конструкцій.

17. Охарактеризуйте підвищення вогнестійкості металевих конструкцій за допомогою легування. Охарактеризуйте вогнезахисні покриття металевих конструкцій.

18. Охарактеризуйте хімічні та фізичні способи зниження пожежної небезпеки полімерних будівельних матеріалів. Назвіть методи зниження пожежної небезпеки ПБМ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пушкаренко А.С. Будівельні матеріали та їх поведінка в умовах високих температур: навчальний посібник / Пушкаренко А.С., Васильченко О.В. – Харків: АПБУ, 2001. – 166 с.

2. Васильченко О.В. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Миргород О.В., Стельмах О.А. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 488 с.

3. Строительные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях: учебное пособие / А.М.Гридчин, Ю.М.Баженов, В.С.Лесовик, Л.Х.Загороднюк, А.С.Пушкаренко, О.В.Васильченко. – М.: Изд-во АСВ; Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 595 с.

4. ДБН В.1.1-7-2016. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

5. ДБН В.1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

6. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ЛЕКЦІЯ 7
ВПЛИВ ВИБУХУ НА КОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ

План:

7.1 Загальні відомості про вибух
7.2 Вплив вибуху на будівельні конструкції
7.3 Зовнішні вибухи
7.4 Внутрішні вибухи

7.1 Загальні відомості про вибух

Вибухом називається процес швидкого виділення енергії, викликаного раптовою зміною стану речовини або її параметрів. Стан речовини змінюється в результаті швидкого протікання хімічної реакції (у вибуховій речовині, газо- чи пилоповітряній суміші) або унаслідок швидкої зміни параметрів речовини вибуху (відбувається при руйнуванні парових котлів, балонів зі стиснутим газом і т.п.).

За походженням розрізняють вибухи:

– *фізичні*, при яких не відбуваються хімічні реакції (електродинамічні й термодинамічні);

– *хімічні (теплові)*, коли хімічне перетворення самопоширюється з великою швидкістю і протікає з виділенням великої кількості тепла та утворенням газів (вибухи *конденсованих* ВР, *горючих газопароповітряних* або *пилоповітряних* сумішей).

Умови, за яких хімічна реакція буде протікати у формі вибуху:

а) екзотермічність;
б) утворення газів;
в) велика швидкість;
г) здатність до самопоширення.

При вибуху розрізняють дві стадії:

1 – перетворення того чи іншого виду енергії в енергію сильно стиснутих газів;

2 – миттєве розширення сильно стиснутих газів і парів, при якому енергія стиску переходить у механічну роботу і породжує *ударні хвилі*.

Розрізняють дві форми вибуху:

1. *Гомогенний вибух* має місце, коли відбувається одночасне і рівномірне нагрівання всієї системи вибухової речовини, у результаті чого по досягненні температури самозапалювання або вибуху виникає вибухове перетворення по всій масі речовини.

2. *Вибух, що самопоширюється*, має місце тоді, коли вибухове перетворення виникає в якій-небудь ділянці заряду ВР і потім поширюється по речовині. Він характеризується наявністю фронту перетворення вузької зони інтенсивної хімічної реакції, що рухається з певною швидкістю.

Вибухові речовини (ВР)

Вибухові речовини (ВР) – ті, що здатні до вибухових перетворень.

Класифікація *вибухових речовин (ВР)* здійснюється за ознаками:

- за агрегатним станом – гази, рідини і тверді речовини;
- за складом – однорідні речовини і суміші;
- за приналежністю до певного класу хімічних сполук;
- за ступенем стійкості горіння (за характером вибухового перетворення):

Група I – *ініціюючі* (первинні) вибухові речовини (*ІВР*) – легко вибухають від полум'я, удару, тертя (гримуча ртуть, тетразен, азид свинцю).

Група II – *бризантні* або подрібнювальні (вторинні) вибухові речовини (*БВР*). Для виникнення їх детонації застосовують ІВР.

Група III – *метальні* вибухові речовини (*МВР*) або порохи (горіння не переходить у детонацію). Для збудження горіння необхідна дія полум'я.

Заряд, що вибухає першим, називають *ініціюючим зарядом*. Заряд, що вибухає під впливом вибуху активного заряду, називають *пасивним зарядом* або *ініційованим зарядом*.

Вибухові хвилі

Унаслідок вибуху звичайно утворюються *вибухові хвилі*.

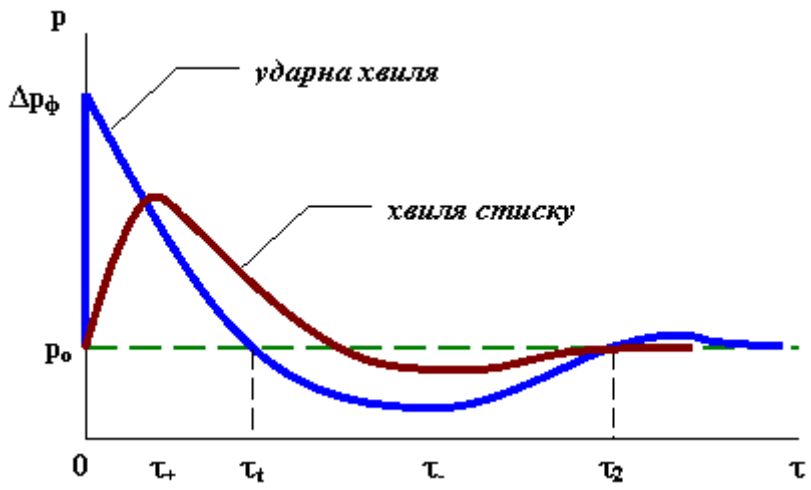


Рисунок 7.1 – Зміна тиску в часі у фіксованій на місці точці

Вибухові хвилі поширюються у вигляді *ударних хвиль* або *хвиль стиску*. На фронті *ударних хвиль* стрибкоподібно змінюється тиск, щільність, температура, швидкість руху часток середовища. Для *хвиль стиску* характерна поступова зміна цих параметрів. Під тиском мається на увазі надлишковий тиск, який виникає у середовищі при проходженні вибухової хвилі. Параметри хвиль (тиск, час дії, швидкість поширення і т.п.) залежать від:

- джерела енергії вибуху;
- навколишнього середовища (повітря, ґрунт, вода);
- інтенсивності протікання хімічної реакції (режиму горіння);
- інших факторів.

Вибухові хвилі впливають на конструкції споруд як короткочасні динамічні навантаження. Залежно від призначення споруди та причин вибуху короткочасні динамічні навантаження можуть бути *експлуатаційними* та *аварійними*. При *експлуатаційних навантаженнях* у конструкціях не повинні виникати деформації, що порушують нормальну експлуатацію споруди. При *аварійних навантаженнях* у деяких конструкціях споруди можуть виникати пластичні деформації й навіть руйнації.

Аварійні вибухи можуть мати *детонаційний* та *дефлаграційний характер*.

Детонаційний процес

Детонаційні вибухи в атмосфері характеризуються сумісним рухом ударної хвилі та хімічної зони горіння з надзвуковою швидкістю або швидкістю, близькою до швидкості звуку. У момент підходу ударної хвилі до перешкоди тиск стрибком підвищується від атмосферного P_o до значення $P_o + \Delta P_ф$* у фронті хвилі, а потім поступово убуває.

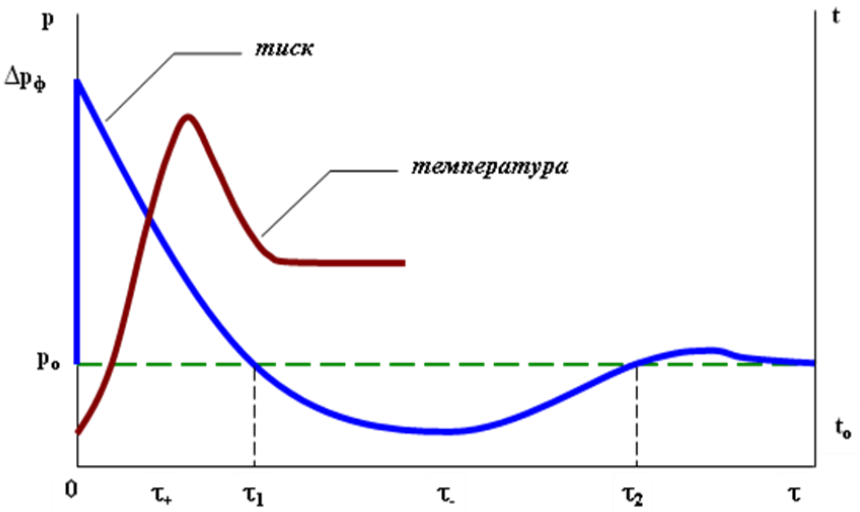


Рисунок 7.2 – Зміна тиску і температури в часі у фіксованій на місці точці при детонаційному вибуху

Після часу τ_t від моменту приходу ударної хвилі фаза стиснення переходить у фазу розрядки, але максимальна розрядка $\Delta P < 0{,}3\Delta P_ф$. Одночасно з тиском у фазі стиснення виникає рух повітря у напрямку поширення хвилі (***швидкісний натиск***). У фазі розрядки повітря рухається у зворотному напрямку.

---

*Позначення $\Delta P_ф$ застосовується звичайно для детонаційних вибухів, для дефлаграційних вибухів може бути прийнято $P_ф$.

Безпосереднє ураження ударною хвилею виникає внаслідок дії надлишкового тиску та швидкісного лобового натиску повітря.

Модель детонаційного вибуху реалізується при вибухах зброї масового ураження звичайних вибухових речовин військового або господарського призначення, наприклад тротилу або динаміту, і, у ряді випадків, при підриві сумішей вуглеводневих газів із повітрям.

Стадії детонаційного процесу:

1. Ініціювання детонаційного процесу – від потужного швидкого стиску вибухової речовини (ВР).

2. Стиск поширюється у ВР у вигляді хвилі зі швидкістю звуку, викликаючи різке підвищення температури.

3. Висока температура ініціює хімічні реакції розкладання ВР із багаторазовим збільшенням об'єму продуктів реакції.

4. Швидке збільшення об'єму продуктів реакції ВР викликає утворення вибухової хвилі (ударної хвилі).

Дефлаграційний процес

Дефлаграційне горіння в атмосфері відбувається з дозвуковою швидкістю поширення полум'я і характеризується тим, що фронт полум'я є «*проникним поршнем*», що створює при русі попереду себе хвилю стиснення. Надмірний тиск $\Delta P_ф$ у хвилі стиснення поступово збільшується від фронту хвилі до фронту полум'я. Хвиля стиску також утворює так званий *швидкісний натиск* повітря, який є основним руйнівним чинником для будівельних конструкцій. Максимальні значення надмірного тиску і *швидкісного натиску* досягаються перед фронтом полум'я, позаду якого утворюється вогненна куля з високою температурою випромінювання (1800…2500 °С). На дальніх відстанях хвилі стиску від дефлаграційних вибухів переходять у слабку ударну хвилю.

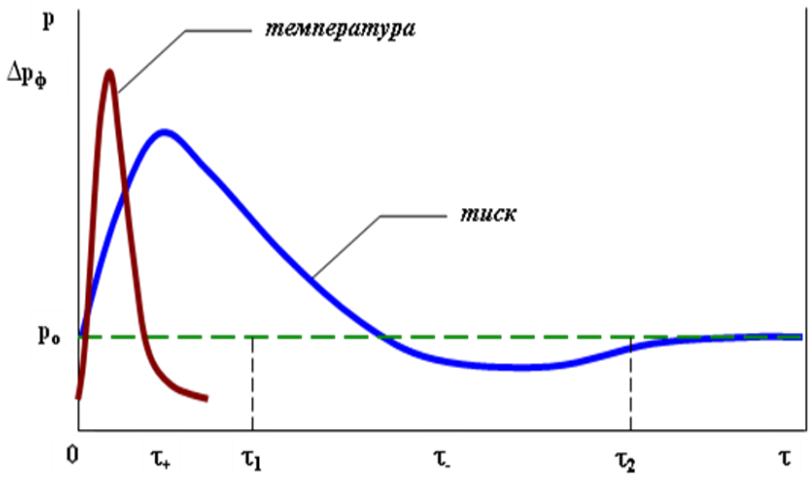


Рисунок 7.3 – Зміна тиску і температури в часі у фіксованій на місці точці при дефлаграційному вибуху

Дефлаграція відбувається при горінні газо-повітряних сумішей, сумішей типу «повітря–бензин», порохів або піротехнічних сумішей.

Стадії дефлаграційного процесу:

1. Ініціювання дефлаграційного процесу – від джерела запалювання.

2. При швидкому вигорянні вибухової суміші утворюється та розповсюджується з дозвуковою швидкістю фронт горіння.

3. На фронті горіння внаслідок високої температури відбуваються хімічні перетворення.

4. Хімічні перетворення на фронті горіння викликають збільшення тиску та утворення вибухової хвилі (хвилі стиску).

7.2 Вплив вибуху на будівельні конструкції

Вибухобезпечність об'єктів у будівництві повинна забезпечуватися:

а) системою інженерно-технічних заходів:

– системою запобігання вибуху (вибухопопередження);

– системою противибухового захисту (вибухозахист) тощо;

б) системою організаційних заходів.

Система вибухобезпечності об'єкта повинна виконувати наступні завдання:

– виключати виникнення аварійних вибухів;

– забезпечувати безпеку людей у разі виникнення аварійних вибухів;

– забезпечувати безпеку будівельних конструкцій та матеріальних цінностей у разі виникнення аварійних вибухів.

Система запобігання вибуху (вибухопопередження) – сукупність технічних засобів та організаційних заходів, призначених для створювання умов, за яких ймовірність виникнення аварійних вибухів не перевищує унормованого допустимого значення. Запобігання аварійним вибухам повинно досягатися запобіганням утворенню вибухонебезпечного середовища і (чи) запобіганням утворенню в ньому джерел запалювання.

До будівельних заходів щодо вибухопопередження і вибухозахисту відносяться планувальні та конструктивні заходи.

Противибуховий захист – комплекс організаційних заходів та технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів вибуху. Іншими словами, ***вибухозахист*** – це заходи, що забезпечують захист обслуговуючого персоналу, технологічного устаткування, а також будівель і споруд від небезпечних та шкідливих дій вибуху, основними з яких є:

– максимальний надмірний тиск $\Delta P_{ф}$;

– зруйновані конструкції будівель, устаткування, комунікацій та їх частини, що розлітаються;

– небезпечні чинники пожежі (відкритий вогонь та іскри, токсичні продукти горіння, дим і т.д.).

До будівельних заходів щодо вибухопопередження і вибухозахисту відносяться:

– раціональне планування території підприємства;

– розташування на ній технологічних установок, будівель та споруд, що забезпечує ефективне провітрювання і виключає утворення зон можливого скупчення вибухонебезпечної пари і газів;

– розміщення будівель адміністративного, господарсько-побутового призначення поза зоною небезпечної інтенсивності дії вибухової хвилі;

– раціональне взаємне розміщення технологічних установок і виробничих будівель з урахуванням дії на них вибухової хвилі, що виключає можливість послідовного розвитку аварії;

– влаштування захищених пунктів управління технологічними процесами у вибухонебезпечних будівлях (операторні);

– використання запобіжних (легкоскидних) конструкцій (стекол глухого скління, стулок віконних палітурок, дверей, воріт, легкоскидних стінних панелей і покриттів, що відкриваються назовні);

– обмеження розливу рідини при можливих аваріях (улаштування обвалування, піддонів і т.д.);

– обґрунтований вибір матеріалів і влаштування поверхонь (твердих покриттів), що знижують швидкість тепловіддачі, кількість рідини, що випарувалася, і т.под.;

– розміщення технологічного устаткування на відкритих етажерках і майданчиках і т.д.

Вибухотривкість – граничний тиск у фронті вибухової хвилі, який можуть сприйняти конструкції будівлі без втрати ними несучих здатностей або придатності до подальшої експлуатації.

Вибухові хвилі впливають на конструкції споруд як короткочасні потужні динамічні навантаження. Залежно від призначення споруди та причин вибуху короткочасні динамічні навантаження можуть бути *експлуатаційними* та *аварійними*.

При *експлуатаційних навантаженнях* у конструкціях не повинні виникати деформації, що порушують нормальну експлуатацію споруди.

При *аварійних навантаженнях* у деяких конструкціях споруди можуть виникати пластичні деформації і навіть руйнації.

Механічна дія ударної хвилі на спорудження в більшості випадків визначається тиском у фазі стиску. При визначенні навантажень, що виникають при дії ударної хвилі на перешкоду, необхідно враховувати умо-

ви її взаємодії з перешкодою (відбиття, обтікання, затікання) і утворення *швидкісного натиску.*

За величиною тиску розрізняють 4 ступені руйнування будівель:

1. Слабкий ступінь руйнування (5…20 кПа) – руйнування скла, легких перегородок, відкриття *легкоскидних конструкцій (ЛСК)*, дверей. Основні будівельні конструкції не руйнуються. Ступінь пошкодження – 10…30 %. Усунення наслідків – за допомогою малого або середнього ремонту.

2. Середні ступінь руйнування (20…30 кПа) – руйнування плит покриття, перекриття, стін із цегли завтовшки 51 см, бетонних стін завтовшки 26 см. Ступінь пошкодження – 30…60 %. Усунення наслідків – за допомогою капітального ремонту.

3. Сильний ступінь руйнування (30…50 кПа) – руйнування будівель зі сталевим каркасом, стін із цегли завтовшки 64 см, бетонних стін завтовшки 36 см. Ступінь пошкодження – 50…90 %. Доцільність капітального ремонту є сумнівною.

4. Повне руйнування (більше 50 кПа). Ступінь пошкодження – 90…100 %.

Вплив ударних хвиль на конструкції та споруди розрізняється при вибуху у повітрі та при вибуху на поверхні землі.

Повітряні ударні хвилі

Закони зміни тиску в повітряній ударній хвилі в часі не залежать від виду вибухової речовини. Головна особливість цієї хвилі – різке зростання тиску в її фронті, що рухається, від P_o (вихідний атмосферний тиск) до максимального значення $P_o+\Delta P_ф$ і потім падіння до атмосферного тиску P_o. Час τ_+, протягом якого тиск падає з $P_o+\Delta P_ф$ до P_o, визначає тривалість фази стиску (рис. 7.1). Фаза стиску змінюється фазою розрідження, у якій тиск виявляється нижче атмосферного. Механічна дія ударної хвилі на спорудження в більшості випадків визначається тиском у фазі стиску, оскільки воно звичайно перевищує тиск у фазі розрідження. При визначенні навантажень, що виникають при дії ударної хвилі на перешкоду, необхідно враховувати умови її взаємодії з перешкодою (відбиття, обтікання, затікання).

Основні параметри повітряної ударної хвилі при поширенні в повітрі від центра вибуху (минаюча хвиля) визначають за емпіричними формулами.

При повітряному вибуху тротилового заряду:

а) надлишковий тиск на фронті ударної хвилі (МПа):

$$\Delta P_{\Phi} = 0{,}084\frac{\sqrt[3]{C}}{r} + 0{,}27\frac{\sqrt[3]{C^2}}{r^2} + 0{,}7\frac{C}{r^3}\ , \qquad (7.1)$$

де C – маса тротилового заряду, кг, r – відстань від центра вибуху до перешкоди, м.

б) тривалість фази стиску (с):

$$\tau_{+} = 1{,}5\cdot 10^{-3}\sqrt[6]{C}\sqrt{r}\ ; \qquad (7.2)$$

в) імпульс тиску у фазі стиску, віднесений до поверхні фронту хвилі площею 1 м^2:

$$i = 4\frac{\sqrt[3]{C^2}}{r}\ \text{(МПа·с)}. \qquad (7.3)$$

<u>Ударні хвилі при наземному вибуху</u>

При вибуху заряду у ґрунті у цій зоні виникає подрібнення ґрунту і руйнування його структури з утворенням воронки. За межами воронки вибухові хвилі поширюються у вигляді ударних хвиль або хвиль стиснення. Також виникають хвилі у ґрунті внаслідок поширення над поверхнею повітряної ударної хвилі.

Розрахунок конструкцій заглиблених споруд на вплив вибухової хвилі проводять за емпіричною формулою:

$$q = k_m k_h \frac{C^{\frac{2}{3}}}{R^2}\omega\ f(\beta), \qquad (7.4)$$

де k_m, k_h, $f(\beta)$ – коефіцієнти; C – маса заряду тротилу, кг; r – відстань від центра вибуху до перешкоди, м; ω – частота власних коливань перешкоди, 1/с.

При наземному вибуху тротилового заряду надлишковий тиск на фронті ударної хвилі, тривалість фази стиску, імпульс тиску у фазі стиску розраховують за формулами:

$$\Delta P_{\phi} = 0{,}1\frac{\sqrt[3]{C}}{r} + 0{,}43\frac{\sqrt[3]{C^2}}{r^2} + 1{,}4\frac{C}{r^3}\ \text{(МПа)}, \qquad (7.5)$$

$$\tau_{+} = 1{,}7\cdot 10^{-3}\sqrt[6]{C}\sqrt{r}\ \text{(с)}, \qquad (7.6)$$

$$i = 6{,}3\frac{\sqrt[3]{C^2}}{r} \quad \text{(МПа·с)}. \qquad (7.7)$$

Дію короткочасних динамічних навантажень конструкції розраховують за двома групами граничних станів:

I – на відсутність руйнувань або відсутність пластичних деформацій конструкції;

II – на відсутність надмірного розкриття тріщин або відсутність надмірного переміщення.

Балка з шарнірно-обпертими кінцями під впливом рівномірно розподіленого статичного та динамічного навантажень руйнується внаслідок утворення в середині прольоту *шарніра пластичності*.

Балка із защемленими кінцями під впливом рівномірно розподіленого статичного та динамічного навантажень руйнується внаслідок утворення спочатку двох шарнірів пластичності на опорах, а потім – шарніра пластичності в середині прольоту.

Балка з одним защемленим кінцем і другим шарнірно-обпертим кінцем під впливом рівномірно розподіленого статичного та динамічного навантажень руйнується внаслідок утворення спочатку одного шарніра пластичності на опорі, а потім – шарніра пластичності в середині прольоту.

Розрізняють зовнішні та внутрішні по відношенню до будівель і споруд вибухи, заходи щодо захисту від яких мають принципово різний характер.

7.3 Зовнішні вибухи

Конструкції, вузли і фундаменти будівель слід розраховувати тільки на основне поєднання навантажень, тобто без урахування дії вибуху за виконання умови:

$$P_ф < 2{,}5 \cdot W_0 \qquad (7.8)$$

де $P_ф$ – надмірний тиск у фронті повітряної хвилі, що проходить, у фазі стиснення, що визначається за відповідними методиками; W_0 – нормативне значення вітрового тиску.

Особливі умови проектування передбачені до будівель управління виробництвом (операторних) вибухопожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних підприємств, в яких передбачено постійне перебування технічного персоналу. Існуючі будівлі операторних не витримують навантажень від аварійних вибухів газоповітряних горючих

сумішей (ГС). При традиційних конструктивних рішеннях ці будівлі довелося б розташовувати від джерела вибуху на відстанях більше кілометра, що економічно недоцільно і практично неможливо.

У вибухотривких будівлях повинна бути виключена можливість руйнування основних несучих і захищаючих конструкцій. Допускаються пошкодження конструкцій випадкового характеру, що не впливають на їх міцність, стійкість.

Забезпечення вибухотривкості при зовнішніх аварійних вибухах ГС може здійснюватися у двох напрямах:

– зниженням надмірного тиску $P_ф$, за рахунок віддалення будівель операторних від потенційних джерел вибуху ГС;

– підвищенням міцності та стійкості конструкцій до дії динамічних навантажень від повітряної хвилі вибуху ГС.

Вибухотривкі будівлі на територіях підприємств слід розташовувати:

– на відстанях від сусідніх будівель і споруд, що перевищують половину висоти більшого з них, але не менше визначуваних відстаней;

– на відмітках землі, вищих по відношенню до виробничих будівель, споруд і автомобільних дорог, що проходять по території підприємства;

– торцевим фасадом до можливого джерела вибуху;

– з урахуванням рози вітрів і рельєфу місцевості.

У приміщеннях вибухотривких будівель слід передбачати системи вентиляції, опалювання, зв'язку, водопостачання, електропостачання і каналізації. Прокладання транзитних ліній водопроводу, каналізації, опалювання, електропостачання, а також трубопроводів стиснутого повітря, газопроводів і трубопроводів з перегрітою водою через вибухотривкі будівлі не допускається.

Систему вентиляції слід проектувати на два режими: чистої вентиляції (режим I) і фільтровентиляції (режим II).

При дії розрахункових навантажень, що перевищують 400 кПа, каналізаційні стояки повинні бути поміщені у сталеві труби або залізобетонні короби, надійно закладені в конструкції підлоги.

<u>Об'ємно-планувальні рішення</u>

Вибухотривкі будівлі операторних слід проектувати одноповерховими, невеликого розміру, простої форми у плані, без перепаду висот суміжних ділянок, з організованим зовнішнім водостоком. Фасади вибухотривких будівель повинні бути простими – без виступаючих частин, виїмок і ніш, а зовнішні стіни – обтічними і гладкими, тобто без архітектурних деталей, парапетних плит, козирків, технологічного устаткування на покритті й т.п.

Висоту приміщень слід приймати мінімально можливою, але не менше 2,4 м. Висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій, устаткування і будівельних конструкцій в місцях регулярного проходу людей і на шляхах евакуації – не менше 2,2 м, а в місцях нерегулярного проходу людей – не менше 2,0 м.

Входи і віконні отвори слід розташовувати на бічних і задньому по відношенню до можливого напрямку поширення вибухової хвилі фасадах вибухотривких будівель. Кількість входів у будівлю операторної повинна бути, як правило, не менш двох.

Для входів у будівлю операторної слід влаштовувати тамбури, обладнані зовнішніми захисно-герметичними дверима, що сприймають розрахункові навантаження, і внутрішніми герметичними дверима. Двері тамбура повинні відкриватися назовні.

Фільтровентиляційні приміщення (ФВП) повинні примикати до зовнішніх стін будівлі операторної і розміщуватися поблизу входів у будівлю.

Конструктивні рішення

Вибухотривкі будівлі операторних проектуються *каркасними* з повним або неповним каркасом і *безкаркасними*, зокрема з монолітного залізобетону.

Зовнішні захисні стінові конструкції можуть виконуватися зі збірних панелей, монолітного залізобетону з утеплювачем, тришарових панелей з посиленим шаром залізобетону, ребристих плит із шаром утеплювача між ребрами, наприклад, легкого бетону і т.д. Для каркасних будівель операторних слід застосовувати збірно-монолітні покриття, що складаються зі збірних залізобетонних плит і монолітних ділянок.

Як кроквяні конструкції застосовуються залізобетонні балки, сталеві балки зварні або з прокатних профілів.

Установка колон по координаційних осях з кроком 2 м дозволяє збільшити несучу здатність типових стінних панелей більш ніж у 15 разів.

У покритті вибухотривких будівель слід використовувати залізобетонні балки, встановлювані із кроком, що дозволяє сприймати задані навантаження. Якщо типові збірні балки запроектовані на навантаження 10 кН/м^2 і крок 12 м, то установка цих балок через 1,5 м дозволить збільшити їх несучу здатність у 10 разів (з урахуванням динамічних опорів бетону і арматури).

Незмінність каркасів вибухотривких будівель по поперечних координаційних осях забезпечується жорсткістю стін, колон і затисканням колон у фундаменти, а по подовжніх осях, крім того, вертикальними сталевими зв’язками.

Збірно-монолітні конструкції покриття слід проектувати нерозрізними з установкою надопорної арматури в шарах з монолітного залізобетону.

Обрамлення вхідних і монтажних отворів рекомендується проектувати із сталевих профілів і кріпити до стін за допомогою анкерів.

Приміщення вибухотривких будівель повинні бути герметичними, якщо при аварійній ситуації можливо задимлення або загазованість будівель небезпечними для життєдіяльності персоналу речовинами.

7.4 Внутрішні вибухи

Надмірний тиск у разі виникнення внутрішнього дефлаграционного вибуху в замкнутому об'ємі досягає 700...900 кПа. При вибухах усередині будівель і споруд надмірний тиск не повинен перевищувати значень, що перевищують несучу здатність будівельних конструкцій. Максимальний тиск, який здатні витримати будівлі з цегляними стінами, становить 2…4 кПа, а будівлі з залізобетонними типовими стінами та перекриттями – 8…10 кПа.

Основною причиною виникнення вибухонебезпечної ситуації в житлових будинках є витік газу. Вибухонебезпечна концентрація на кухні може реалізуватися при одній не засвіченій газовій конфорці. При цьому час формування вибухонебезпечної хмари є достатньо великим і становить, залежно від часу початку витоку, від 10 до 25 годин. Наявність постійної (навіть незначної) вентиляції істотно підвищує рівень вибухобезпечності, оскільки різко знижує здатність формування вибухонебезпечних хмар у житлових приміщеннях.

Газопароповітряні суміші здатні до горіння тільки за певної концентрації горючої компоненти в повітрі, тому аварійні вибухи в житлових будівлях часто носять багатостадійний характер. Вибухові виляски (хлопки) можуть слідувати один за іншим, тобто бути рознесеними в часі на декілька секунд.

Двостадійний аварійний дефлаграційний вибух. До особливостей дефлаграційних вибухів усередині приміщень слід віднести формування могутніх повітряних потоків у міжквартирних і міжкімнатних проходах, коридорах і т.д. Саме ці потоки (а не ударні хвилі) призводять до викиду фрагментів будівельних конструкцій і предметів з аварійної квартири. Руйнування конструкцій відбувається під дією надмірного тиску, а подальший їх викид – під дією швидкісного натиску.

Якщо у момент початкового вибуху на кухні двері в коридор квартири закриті, то реалізується «виляск» і подальша незначна пожежа на кухні.

Якщо двері на кухні у момент першого «виляску» є відкритими, то суміш через дверний отвір спрямовується в сусідні кімнати, турбулізу-

ється і збагачується киснем. Внаслідок цього формується добре підготовлена до горіння вибухонебезпечна хмара, яка через незначний проміжок часу (через 10–15 секунд) вибухає, що призводить до вторинного вибуху, який заподіює основні руйнування будівлі.

Причини значних руйнувань житлових будівель у разі виникнення аварійних вибухів:

– мала несуча здатність будівель відносно горизонтальних навантажень;

– установка у приміщеннях з газовими приладами посилених варіантів скління.

Панельні будівлі або будівлі каркасного типу володіють вищою несучою здатністю.

Імовірність вибуху значно зростає у разі погіршення якості вентиляції.

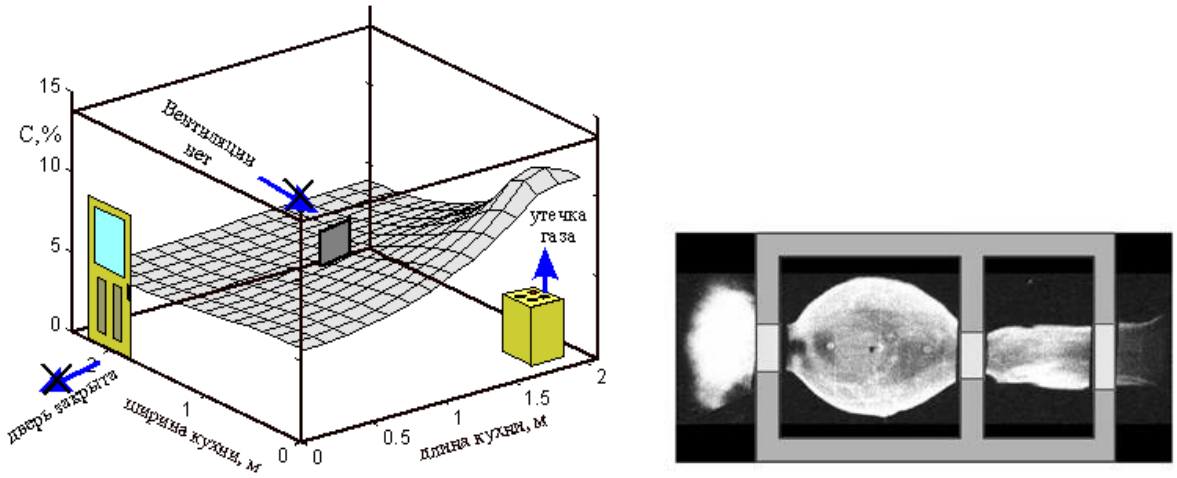


Рисунок 7.4 – Утворення вибухонебезпечної ситуації усередині приміщень

Забезпечення вибухозахисту промислових будівель у разі виникнення внутрішніх аварійних вибухів може здійснюватися по двох напрямах:

- зниженням надмірного тиску, що виникає при внутрішньому аварійному вибуху;

- підвищенням міцності та стійкості конструкції до дії аварійних (вибухових) навантажень.

Поєднання обох вказаних напрямів є необхідною умовою розробки оптимальних рішень по забезпеченню вибухотривкості будівель при внутрішніх аварійних вибухах.

Для зниження надмірного тиску, що виникає при внутрішніх аварійних вибухах, використовуються ***запобіжні (легкоскидні) конструкції (ЛСК)***: стекла глухого скління приміщень і віконних обрамлень (руй-

нівні ЛСК), що відкриваються всередину стулок, стулки віконних обрамлень, дверей і коміра (обертові ЛСК), що відкриваються назовні, а також легкоскидні стінні панелі та полегшені плити покриттів приміщень (зміщувані ЛСК). Стінні панелі можуть бути запроектовані як обертові ЛСК.

Запобіжні конструкції встановлюються у приміщеннях будівель або пожежних відсіків категорій А і Б.

За допомогою ЛСК надмірний тиск у приміщенні при аварійному вибуху знижується до допустимої величини ($P_{доп}$). При проектуванні будівель вибухонебезпечних виробництв надмірний тиск приймають, як правило, від 3 до 5 кПа. Нижнє значення надмірного тиску відповідає будівлям, конструкції яких не розраховані на дію аварійного вибуху. При зменшенні $P_{доп}$ площа запобіжних конструкцій збільшується.

Якщо необхідна площа отворів перекривних ЛСК не може бути розміщена у стінах будівлі та ліхтарях, то їх слід розташовувати в покритті вибухонебезпечного приміщення; при цьому легкоскидні покриття можуть бути достатньо ефективними тільки за порівняно великого значення надмірного тиску вибуху.

У будівлях і приміщеннях вибухонебезпечних виробництв повинна бути виключена імовірність руйнування основних несучих і захищаючих конструкцій за розрахункової величини вибухових навантажень. Допускаються пошкодження конструкцій випадкового характеру, що не впливають на їх міцність і стійкість, а також експлуатаційні характеристики, і вимагають незначних матеріальних витрат на ліквідацію цих пошкоджень.

Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення

Форма вибухонебезпечних приміщень повинна бути по змозі простою. Елементи несучих, захищаючих і огороджувальних конструкцій, а також устаткування не повинні призводити до значної інтенсифікації вибухового горіння ГС унаслідок звуження перерізів приміщень на шляху поширення полум'я.

При розробці об'ємно-планувальних рішень вибухонебезпечних приміщень необхідно прагнути того, щоб лінійні розміри їх по довжині, ширині та висоті не більше ніж у п'ять разів відрізнялися один від одного.

Запобіжні конструкції слід розміщувати якомога ближче до очікуваних місць займання горючої суміші (ГС), що утворюється в аварійних ситуаціях у вибухонебезпечному приміщенні.

За відсутності даних про місця можливого займання ГС у приміщеннях, лінійні розміри яких по довжині, ширині та висоті не більше, ніж у три рази відрізняються один від одного, ЗК слід розміщувати рівномірно за площею стін приміщення, а за необхідності – і в його покритті.

В сильно витягнутих у довжину приміщеннях ЛСК розташовують, як правило, в бічних стінах по довжині приміщення, а також в його покритті. У приміщеннях, що мають велику висоту (більше 6 м), ЛСК розміщують переважно в їх стінах.

У отворах, що відокремлюють вибухонебезпечні приміщення від інших виробничих приміщень, слід встановлювати двері, люки, ворота і т.д., які не повинні руйнуватися або відкриватися під дією надмірного тиску. За наявності відкритого отвору в стіні між двома приміщеннями обидва приміщення повинні вважатися вибухонебезпечними навіть у тому випадку, якщо виникнення або займання ГС можливі тільки в одному приміщенні.

У приміщеннях, де можуть утворюватися вибухонебезпечні горючі суміші, поверхня стін, стель і підлог повинна бути гладкою, без борозен, без виступаючих елементів і ніш. Кути і пази між підлогами та стінами повинні бути згладжені та закруглені.

В одноповерхових виробничих будівлях вибухонебезпечних виробництв слід приймати найменшу сітку колон, що задовольняє технологічним вимогам.

Багатоповерхові виробничі будівлі в обох напрямках координаційних осей проектуються переважно у вигляді рамних або рамно-зв'язкових систем. Зв'язкові каркаси застосовувати для вибухонебезпечних будівель не рекомендується.

Стики з'єднань елементів рекомендується виконувати жорсткими для створення ефективніших статично невизначених систем і забезпечення просторової жорсткості будівель.

Стекла скління приміщень можуть працювати достатньо ефективно як ЛСК тільки в тому випадку, якщо час утворення отворів у віконних обрамленнях при руйнуванні стекол буде набагато менше тривалості горіння ГС. Одним із прийомів, що забезпечує руйнування стекол, зокрема різних розмірів, є їх надрізання або ослаблене кріплення скла.

При дефлаграційному горінні ГС навантаження, що діє на стекла, може бути взято рівним надмірному тиску $P_ф$, що виникає у приміщенні, помноженому на коефіцієнт, рівний 1,2.

Руйнівними ЛСК у світлоаераційних і аераційних ліхтарях використовуються стекла глухого скління і такі, що відкриваються всередину стулок і фрамуг віконних обрамлень, а обертовими ЛСК – стулки, що відкриваються назовні, та фрамуги віконних обрамлень.

<u>Обстеження стану будівель</u>

У разі виникнення аварійних вибухів необхідно обстежити як несучі, так і захищаючі конструкції об'єкта, провести аналіз його об'ємно-планувальних рішень і розміщення устаткування. При цьому слід враховувати імовірність виникнення вибуху, а також сценарій розвитку аварійної ситуації.

Завданнями обстеження є:

– виявлення об'ємно-планувальних параметрів і конструктивної схеми будівлі, матеріалів основних несучих і захищаючих конструкцій;

– виявлення загального стану будівельних конструкцій і вузлів їх сполучення;

– підготовка даних для оцінки несучої здатності будівлі в цілому та її окремих конструктивних елементів від вибухового навантаження, включаючи визначення міцнісних характеристик матеріалів;

– визначення динамічної несучої здатності будівельних конструкцій і будівлі в цілому від вибухового навантаження.

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть, що таке вибух та вибухова хвиля. Охарактеризуйте види вибухових хвиль. Назвіть параметри вибухових хвиль та поясніть, від чого вони залежать.
2. Охарактеризуйте детонаційний вибух.
3. Поясніть різницю між детонаційним та дефлаграційним вибухом.
4. Охарактеризуйте дефлаграційний вибух.
5. Поясніть, що таке вибухозахист. Назвіть планувальні та конструктивні заходи щодо вибухопопередження.
6. Поясніть, чим характеризується вибухотривкість конструкцій.
7. Наведіть напрями забезпечення вибухозахисту будівель при загрозі внутрішніх аварійних вибухів.
8. Наведіть напрями забезпечення вибухозахисту будівель при загрозі зовнішніх аварійних вибухів.
9. Наведіть причини руйнування будівельних конструкцій при аварійних вибухах. Наведіть вимоги до будівельних конструкцій вибухонебезпечних виробництв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барбашин В.В. Основи організації піротехнічних робіт: навчальний посібник / В.В. Барбашин, О.О. Назаров, В.В. Рютін, І.О. Толкунов; за ред. В.П. Садкового. – Х.: НУЦЗУ, 2011. – 333 с.

2. Васильченко О.В. Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Миргород О.В., Стельмах О.А. Х.: ХНАДУ, 2015. – 488 с.

3. Забегаев А.В. Основные положения рекомендаций по проектированию железобетонных конструкций, подверженных аварийным ударным воздействиям / Забегаев А.В., Тамразян А.Г. // Методы расчета и конструирование железобетонных конструкций. – М.: МГСУ 1996. – 177 с.

ЛЕКЦІЯ 8
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ У СЕЙСМІЧНИХ РАЙОНАХ

План:

8.1 Загальні поняття про землетруси
8.2 Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах
8.3 Системи сейсмозахисту будівель і споруд
8.3.1 Традиційні методи забезпечення сейсмостійкості
8.3.2 Спеціальні засоби сейсмозахисту

8.1 Загальні поняття про землетруси

Швидкі, раптові струси земної кори, викликані різного роду природними причинами, називаються *землетрусами*. Основна причина землетрусів – розрядка внутрішніх напруг Землі. Виявляються землетруси, головним чином, в зонах активних рухів земної кори. Ці зони називаються *сейсмічними* (грець. seismos – коливання).

Область усередині Землі, де раптово виділяється потенційна енергія, називається *сейсмічним осередком*. Центр області називають *гіпоцентром Н*, а його проекцію на поверхню Землі – *епіцентром Е.* Відстань між гіпоцентром і епіцентром – *глибина сейсмічного осередку*. За глибиною сейсмічного осередку землетруси поділяють на:

– поверхневі – відстань від епіцентру до гіпоцентру до 10 км;
– нормальні – 10…75 км;
– проміжні – 75…300 км;
– глибокофокусні – 300…700 км.

Пружні коливання, що поширюються в Землі від осередків землетрусів, вибухів та інших джерел, називають *сейсмічними хвилями*. Швидкість поширення хвиль залежить від щільності та пружності середовища. Швидкість має тенденцію до зростання у міру заглиблення, в земній корі вона становить 2…8 км/с, а при поглибленні до мантії – 13 км/с. Розрізняють *об'ємні* та *поверхневі сейсмічні хвилі*.

Поверхневі сейсмічні хвилі – ті, що поширюються тільки уздовж поверхні Землі. Швидкість поверхневих хвиль менше швидкості об'ємних хвиль. Через свою низьку частоту, час дії та велику амплітуду вони є найбільш руйнівними зі всіх типів сейсмічних хвиль. Розрізняють два типи поверхневих хвиль: *хвилі Лява* і *Релея*.

Об'ємні сейсмічні хвилі проходять через надра Землі. Об'ємні хвилі поділяють на *подовжні* та *поперечні* (рис. 8.1).

Подовжні сейсмічні хвилі (*Р-хвилі, первинні хвилі, компресійні хвилі*) **–** найбільш швидкі хвилі, що поширюються від джерела сейсмічних коливань і є послідовним стисненням та розрядкою матеріалу. Подовжні хвилі проходять через всі середовища. Їх швидкість у 1,7 рази більша, ніж

швидкість поперечних S-хвиль. Стандартна швидкість P-хвиль у граніті – 5000 м/с.

Поперечні сейсмічні хвилі (*S-хвилі, вторинні хвилі*) – сейсмічні хвилі, що поширюються повільніше, ніж подовжні P-хвилі. Вони складаються з пружних коливань, поперечних по відношенню до напрямку розповсюдження хвилі. Поперечні хвилі не проходять крізь рідину.

Сейсмічні хвилі у міру віддалення від сейсмічного осередку втрачають інтенсивність. Зменшується і сейсмічна енергія. Ці зміни на спеціальних сейсмічних картах показують *ізолініями* (*ізосейстами*). Кожна ізосейста з'єднує точки з рівною щільністю потоку сейсмічної енергії. Дальність поширення багато в чому визначається геологічною будовою району. У складчастих областях сейсмічні хвилі затухають значно швидше, ніж на рівнинах.

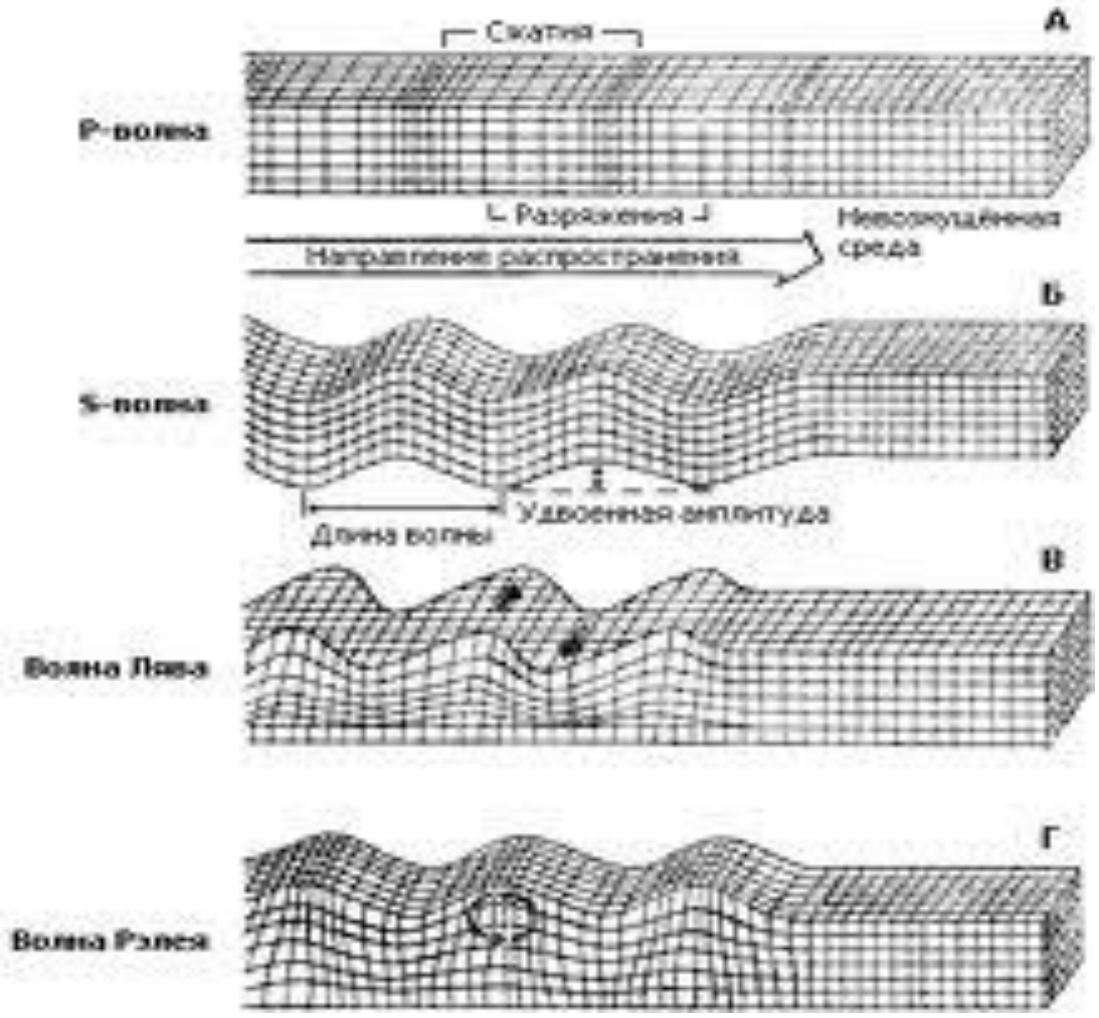


Рисунок 8.1 – Види сейсмічних хвиль

Сейсмічні райони – ті, що зазнають впливу землетрусів. Сейсмічними вважають райони, де зареєстровані або теоретично очікувані землетруси у 6 балів та вище. В Україні до сейсмічно небезпечних районів від-

несені Карпати і Крим. Сейсмічна зона Криму займає південну частину півострова. Тут відомі землетруси силою до 8 балів.

За причинами, що їх викликають, землетруси поділяються на *тектонічні, вулканічні* та *денудаційні*.

Тектонічні землетруси пов'язані з розрядкою напруг, що періодично накопичуються в земній корі та верхній мантії внаслідок рухів блоків та глиб, що зачіпають різні глибини земної кори і верхню мантію. На них припадає 95 % всіх землетрусів.

Вулканічні землетруси передують виверженням вулканів або супроводжують їх. Вони мають локальне поширення: обмежуються областю, прилеглою до діючого вулкана.

Денудаційні (або *обвальні*) землетруси відбуваються в районах поширення легкорозчинних гіпсових, сольових і карбонатних порід, де виникають значних розмірів карстові порожнини і печери. Підземний обвал віддає по поверхні сейсмічним поштовхом. На частку денудаційних припадає близько 1 % всіх відомих землетрусів. Один з найбільш сильних денудаційних землетрусів спостерігався в Харківській області в 1915 р.

Коливання ґрунту, викликані проходженням поверхневих хвиль, фіксуються за допомогою приладів – *сейсмографів* і записуються у вигляді *сейсмограм*. *Сейсмограми* – основний документ, що характеризує землетрус. На них відбиті амплітуди подовжніх, поперечних і поверхневих хвиль.

Основні показники сили землетрусу – його енергія та інтенсивність. Енергія, що виділяється при розрядці напруг у сейсмічному осередку, вимірюється у джоулях або магнітудах. *Магнітуда M* – умовна енергетична характеристика, що виражається логарифмом відношення амплітуди коливань землетрусу, який вивчається, A_r до амплітуди коливань стандартного землетрусу A:

$$M = \lg (A_r / A). \tag{8.1}$$

Як еталонний, або стандартний землетрус, прийнято землетрус з амплітудою 1 мкм, який можна зареєструвати на відстані 100 км сейсмографом стандартного типу.

Для розрахунку магнітуд використовують також співвідношення:

$$M = \frac{2}{3}(\lg E - 11{,}8) \tag{8.2}$$

та

$$M = \lg (A / T) + Q(D,h), \tag{8.3}$$

де E – енергія землетрусу, Дж; A – амплітуда коливань землі, мкм; T – період хвилі, с; $Q(D,h)$ – коефіцієнт, залежний від відстані до епіцентра та гли-

бини гіпоцентру.

Шкала, запропонована Ч. Ріхтером, налічує 9 магнітуд. Між енергією і магнітудами існує залежність. Співвідношення магнітуди, енергії та інтенсивності землетрусів наведені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Співвідношення інтенсивності, магнітуди та енергії землетрусів

Характер землетрусів	Інтенсивність, бали	Магнітуда, *M*	Енергія *E*, Дж	Число землетрусів на рік (частота землетрусів)
Катастрофічний	11…12	8,0…9,0	10^8	1
Сильноруйнівний	9…11	7,0…7,9	10^{16}	10
Руйнівний	7…9	6,0…6,9	10^{14}	100
Супроводжується пошкодженнями	6…7	5,0…5,9	10^{12}	1000
Тільки відчувається	4…5	3,0…3,9	10^8	100000

У глибокофокусних землетрусів поверхні Землі досягає лише 7…8 % енергії, що виділяється. Тому невеликі за енергією землетруси з малою глибиною сейсмічного осередку бувають більш руйнівними, ніж глибокофокусні з високою енергією сейсмічного осередку.

Інтенсивність землетрусу характеризує силу підземних поштовхів на поверхні Землі. Для оцінки її розвитку використовують 12-бальну шкалу MSK-1964 (табл. 8.2). В її основу покладені ступінь руйнування будівель, зміни у ґрунтах, поведінка людей та інші ознаки. Характер руйнувань на поверхні залежить від напрямку ударної хвилі.

Таблиця 8.2 – Класифікація землетрусів за проявами за шкалою MSK-1964

VI	**3.0…3.9 M**	Легкі пошкодження будівель. Спостерігаються тонкі тріщини у штукатурці. У сирих ґрунтах з'являються тріщини шириною до 1 см.
VII	**4.0…4.9 M**	Легкі та значні пошкодження будівель. Спостерігаються тріщини та сколювання штукатурки. Спостерігаються випадки руйнування споруд із природного каменю (глинобитних і з рваної цеглини). На дорогах з'являються тріщини, порушуються стики трубопроводів.
VIII	**5.0…5.9 M**	Сильне пошкодження будівель. Руйнується багато будівель із природного каменю. У кам'яних будівлях з'являються численні великі тріщини та розшарування кладки, руйнування окремих ділянок стін, обсипається штукатурка. Тріщини у ґрунтах досягають декількох сантиметрів.
IX	**6.0…6.9 M**	Загальне пошкодження будівель. Руйнування стін та перекриттів. Окремі випадки руйнування цегляних споруд. Скривлюються залізничні колії. Тріщини у ґрунтах досягають 10 см завширшки.

Продовження таблиці 8.2

X	**7.0...7.9 M**	Загальне руйнування будівель. Цегляні будівлі руйнуються, серйозні пошкодження виникають у дамбах, греблях, мостах. Дорожні асфальтовані покриття набувають хвилястої поверхні. Тріщини у ґрунтах досягають 1 м. На берегах річок, морів, схилах гір спостерігаються великі обвали, випадки випліскування води в озерах, каналах, річках.
XI	**8.0...8.9 M**	Катастрофа. Ушкоджуються будівлі залізобетонних конструкцій. Значних руйнувань зазнають мости, дамби, залізничні колії. Рівна поверхня стає хвилястою. Ширина тріщин у ґрунтах досягає 1 м. Уздовж розривів відбуваються вертикальні та горизонтальні переміщення гірських порід.

Між енергією землетрусу та його інтенсивністю існує залежність, що виражається формулою:

$$M = 1{,}3 + 0{,}6\,B, \tag{8.4}$$

де M – магнітуда; B – інтенсивність землетрусу, балів.

8.2 Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах

Сейсмічними вважають райони, де зареєстровані або теоретично очікувані землетруси у 6 балів та вище. Основні вимоги до будівництва у сейсмічних районах зводяться до вжиття таких заходів:

1. Вибір ділянки для будівництва.
2. Вибір конструктивного рішення (КР) та об'ємно-планувального рішення (ОПР).
3. Забезпечення високої якості будівництва.

Будівельні майданчики під населені пункти і споруди вибираються з урахуванням геологічних даних, якнайдалі від можливих або явних розривних порушень, далеко від крутих схилів, що загрожують обвалами і зсувами. Несприятливими для будівництва вважають пухкі ґрунти і тріщинуваті породи.

При виборі ділянки для забудови враховують такі поняття, як *сейсмостійкість* будівельних об'єктів та *сейсмічність* будівельного майданчика.

Здатність ґрунтів, будівель і споруд протистояти сейсмічним впливам називають *сейсмостійкістю*. Заходи з підвищення сейсмостійкості будівель застосовуються у районах із сейсмічністю у 7 балів і вище. Нормативне обґрунтування цих заходів здійснюється за ДБН В.1.1-12:2006. «Будівництво у сейсмічних районах України». За сейсмічності більше 9 балів зведення капітальних будівель заборонено.

Сейсмічність будівельного майданчика залежить від сейсмічності району та сейсмостійкості ґрунтів, на яких розташовано майданчик та які поділяються на категорії. Сейсмічну інтенсивність майданчика будівництва визначають з урахуванням результатів сейсмічного мікрорайонування (СМР), яке виконується для районів із сейсмічністю 6 і більше балів. У разі відсутності карт сейсмічного мікрорайонування допускається спрощене визначення сейсмічності майданчика будівництва на основі матеріалів інженерно-геологічних вишукувань згідно з таблицею 8.3.

При проектуванні будівель зазвичай приймають нормативну сейсмічність будівельного майданчика, яка відповідає 2-й категорії. Для ґрунтів 1-ї категорії розрахункова сейсмічність знижується на 1 бал, а для ґрунтів 3-ї категорії – підвищується на 1 бал, порівняно з нормативною.

Відомо, що споруди, які будуються у сейсмічно небезпечному районі, проектуються так, щоб відповідати різним критеріям поведінки за різної інтенсивності землетрусів.

Таблиця 8.3 – Сейсмічність майданчика будівництва залежно від категорії ґрунтів

Категорія ґрунту за сейсмічними властивостями	Ґрунти	Сейсмічність майданчика будівництва при сейсмічності району, балів				Швидкості поширення сейсмічних хвиль у ґрунті, v_s, м/с
		6	**7**	**8**	**9**	
I	Скельні ґрунти усіх видів; великоуламкові ґрунти щільні, маловологі, які вміщують до 30 % піщано-глинистого заповнювача. Глибина ґрунтових вод більше 15 м.	5	6	7	8	v_s>800
II	Скельні ґрунти вивітрілі; піски гравелисті, крупні та середньої крупності щільні та середньої щільності маловологі; пилувато-глинисті ґрунти із показником текучості I_L≤0,5 за коефіцієнта пористості e < 0,9 – для глин і суглинків та e < 0,7 – для супісків. Глибина ґрунтових вод 15…5 м.	6	7	8	9	500<v_s <800
III	Піски крихкі незалежно від ступеня вологості та крупності; піски гравелисті крупні; дрібні та пилуваті вологі та водонасичені; пилувато-глинисті ґрунти з показником текучості I_L >0,5; пилувато-глинисті ґрунти з показником текучості I_L≤0,5 при коефіцієнті пористості e≥0,9 – для глин і суглинків та e≥0,7 – для супісків. Глибина ґрунтових вод менше 4 м.	7	8	9	10	200<v_s<500
IV	Піски крихкі водонасичені, схильні до розрідження; насипні ґрунти; пливуни, біогенні ґрунти та намули	За результатами спеціальних досліджень				v_s <200

При проектуванні сейсмостійких споруд дотримуються таких принципів:

1. Принцип симетрії: маса і жорсткість конструкції повинні бути розподілені рівномірно та симетрично відносно площин симетрії, що проходять через центр ваги споруди. Тобто будівлі проектують простої форми у плані та симетричними (круг, квадрат, прямокутник). Будівлі складної форми у плані поділяють на відсіки простої форми *антисейсмічними швами* (рис. 8.2) у вигляді парних стін (у стінових будівлях) або парних рам (у каркасних будівлях).

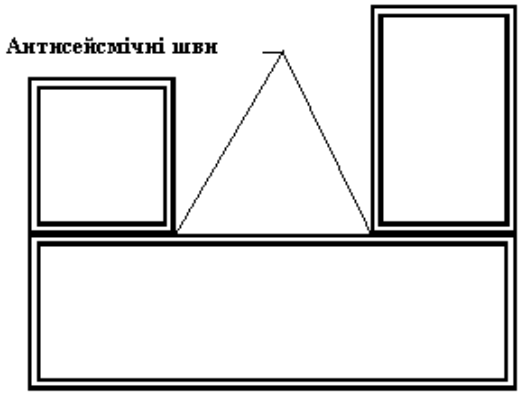


Рисунок 8.2 – Приклад проектування будівель складної форми в сейсмічних районах

2. Принцип гармонії: необхідно дотримуватися пропорційності у розмірах будівлі, при цьому її довжина або висота не повинні бути надзвичайно великими. Граничні розміри, поверховість, висоту поверхів будівель приймають згідно з вимогами ДБН В.1.1-12:2006.

3. Принцип антиважкості: необхідно проектувати споруду якомога більш легкою, з центром ваги, розташованим якнайнижче.

4. Принцип еластичності: матеріали в конструкції бажано застосовувати міцні, легкі, такі, що мають пружні властивості; конструкції з них повинні мати однорідні властивості.

5. Забезпечення замкнутого контуру: несучі елементи конструкції повинні бути зв'язані між собою, утворюючи замкнуті контури як у вертикальному напрямку, так і в горизонтальному.

6. Забезпечення надійності фундаментів: для сейсмостійких конструкцій фундаменти повинні бути міцними, достатньо глибоко закладеними, бажано на піддатливих прошарках або спеціальних субструкціях, що замінюють слабкі ґрунти, для забезпечення однорідності та міцності ґрунтової основи. Стрічкові збірні фундаменти закладають на одній відмітці та роблять неперервними. Ростверк пальового фундаменту роблять низьким, заглибленим у ґрунт. Рекомендується застосовувати суцільний плитний фундамент. Підвал розташовується під усім відсіком. В каркасних будівлях фундаменти під колони зв'язують між собою непе-

рервними залізобетонними фундаментними балками у вигляді перехресних стрічок.

7. Застосування сейсмоізоляції: доцільно застосовувати пристрої, що знижують інтенсивність коливальних процесів, які передаються від ґрунту на будівлю.

При будівництві дамб і мостів підсилюють їх основи, влаштовують більш пологі укоси. Нові конструкції будівель здорожують будівництво, але це врешті-решт виправдовує себе: рятує життя багатьом людям, зберігає від руйнування дорогі промислові об'єкти.

Будівлі і споруди слід розділяти антисейсмічними швами у випадках, якщо:

– будівля або споруда має складну форму у плані;

– суміжні ділянки будівлі або споруди мають перепади висот 5 м і більше. В одноповерхових будівлях заввишки до 10 м за розрахункової сейсмічності 7 балів антисейсмічні шви допускається не влаштовувати.

Антисейсмічні шви повинні розділяти будівлі та споруди по всій висоті. Допускається не влаштовувати шов у фундаменті, за винятком випадків, коли антисейсмічний шов співпадає з осадовим.

Сходові клітки слід передбачати закритими, такими, що мають у зовнішніх стінах віконні отвори. Розташування і кількість сходових кліток слід визначати за результатами розрахунку, що виконується відповідно до вимог «ДБН В.1.1-7-2002. Захист від пожеж. Пожежна безпека будівель та споруд», але приймати не менше однієї сходової клітки між антисейсмічними швами в будівлях заввишки більше трьох поверхів.

Антисейсмічні шви слід виконувати шляхом зведення парних стін або рам, а також зведення рами і стіни.

8.3 Системи сейсмозахисту будівель і споруд

Загальна класифікація *систем сейсмозахисту* споруд представлена на рис. 8.3. Вона складається з *традиційних методів* забезпечення сейсмостійкості та спеціальних засобів сейсмозахисту.

8.3.1 Традиційні методи забезпечення сейсмостійкості

1. Цегляні будівлі

Цегляні будівлі висотою до чотирьох поверхів є найпоширенішим типом будівель у сейсмічних районах.

Міцнісні та деформаційні властивості кам'яних кладок є такими, що вони погано чинять опір дії сейсмічних навантажень. Вразливими місцями будівель при землетрусах є ділянки сполучення поздовжніх і поперечних стін. При дії горизонтальних сил у площині перекриттів найскладніше зусилля зсуву сприймаються в місцях сполучення перекриттів зі стінами.

Тому в кам'яних стінах влаштовуються окремі залізобетонні

включення, що істотно підвищують несучу здатність кам'яних конструкцій.

У стінових будівлях стійкість та жорсткість несучих стін підсилюється залізобетонними *обв'язками замонолічування, антисейсмічними поясами* та *антисейсмічними сердечниками*.

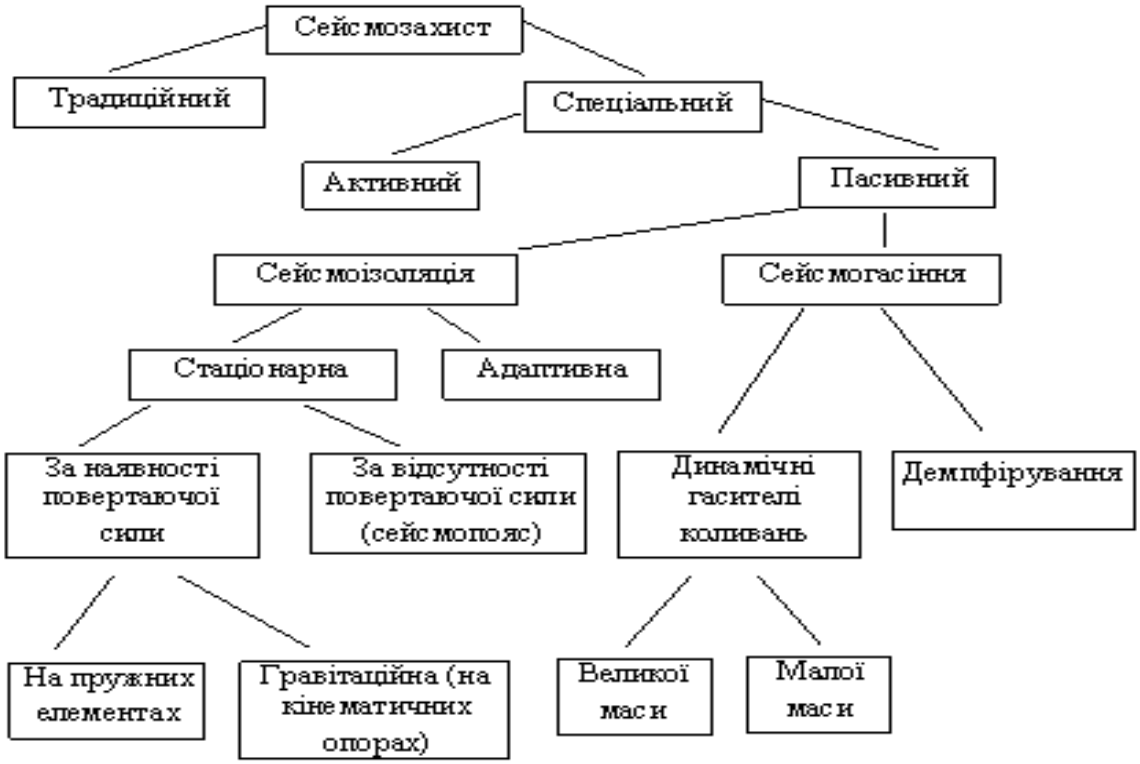


Рисунок 8.3 – Класифікація систем сейсмозахисту

2. Великопанельні будівлі

Зведення великопанельних будівель у сейсмічних районах вважають більш доцільним, бо вони приблизно у 2 рази легші за цегляні та мають більшу просторову жорсткість. Нові будівлі із залізобетонними конструкціями витримують підземні поштовхи силою до 8 балів і більше.

Великопанельні будівлі для підвищення механічної міцності слід проектувати з подовжніми і поперечними несучими стінами, об'єднаними між собою і з перекриттями та покриттями в єдину просторову систему, що сприймає сейсмічні навантаження.

Зовнішні стіни розраховують на горизонтальні навантаження. У будівлях вище 5 поверхів застосовують панелі з подвійною арматурою. Перекриття рекомендується виконувати з панелей «на кімнату» з рифленими гранями.

3. Каркасні будівлі.

У каркасних будівлях конструкцією, що сприймає горизонтальне

сейсмічне навантаження, може служити: каркас, каркас із заповненням, каркас із вертикальними зв'язками, діафрагмами або ядрами жорсткості.

Для сприйняття сейсмічних впливів жорсткі вузли залізобетонних каркасів будівель повинні бути посилені застосуванням зварних сіток, спіралей або замкнутих хомутів.

В каркасних будівлях враховують додаткові сейсмічні горизонтальні навантаження, встановлюючи діафрагми і в'язи.

Деякі землетруси викликають у каркасних будівлях руйнування колон при великих переміщеннях нижнього поверху. Одним з можливих шляхів збереження колон нижнього поверху, а значить, і будівлі в цілому, є застосування в нижньому поверсі *резервних жорстких вертикальних елементів (РВЕ), що вимикаються (руйнуються)* у процесі наростання амплітуд коливань споруди при деяких сейсмічних діях. Виключення цих РВЕ викликає перебудову внутрішньої структури системи, зміну її динамічних характеристик і підвищує надійність споруди при сейсмічних діях різного типу.

8.3.2 Спеціальні засоби сейсмозахисту

Спеціальні засоби сейсмозахисту є на сьогодні одним з найбільш перспективних напрямів у галузі сейсмостійкого будівництва.

Згідно з прийнятою класифікацією, всі методи спеціального *сейсмозахисту* можна поділити на *активні* (що мають додаткове джерело) і *пасивні*. Такий поділ відповідає термінології, що склалася, в теорії віброзахисту.

Активний *сейсмозахист* включає додаткові джерела енергії та елементи, що регулюють роботу цих джерел, проте його реалізація вимагає значних витрат на улаштування та експлуатацію. Це виключає можливість широкого застосування активного *сейсмозахисту* для будівельних конструкцій. Далі розглядаються спеціальні методи пасивного сейсмозахисту, які не використовують додаткових джерел енергії. Ці методи підрозділяються на *сейсмоізоляцію* та *сейсмогасіння*.

У *системах сейсмоізоляції* забезпечується зниження механічної енергії, одержуваної конструкцією від основи шляхом настроювання частот коливань споруди від переважаючих частот дії. Розрізняють *адаптивні* та *стаціонарні* системи сейсмоізоляції.

В *адаптивних* системах динамічні характеристики споруди незворотно змінюються у процесі землетрусу, "пристосовуючись" до сейсмічної дії. Наприклад, у нижній частині будівлі між несучими стояками нижнього поверху встановлюють зв'язкові панелі (рис. 8.4), що відключаються (руйнуються) при інтенсивних сейсмічних діях, коли у спектрі дії переважають періоди, рівні або близькі до періоду вільних коливань споруди. Після відключення панелей частота вільних коливань падає, період збільшується, внаслідок чого відбувається зниження сейсмічно-

го навантаження. Як недоліки *адаптивних* систем слід вказати, що після руйнування зв'язків, що вимикаються, під час землетрусу необхідне їх відновлення, що не завжди можна здійснити практично.

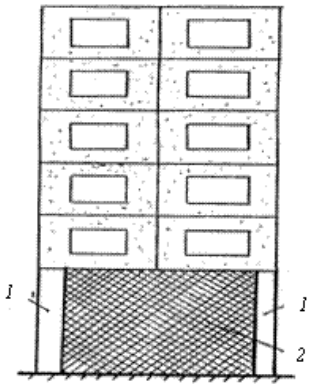


Рисунок 8.4 – Приклад застосування *адаптивної* системи сейсмоізоляції:

1 – несучі стояки; 2 – зв'язкові панелі

У *стаціонарних* системах динамічні характеристики зберігаються у процесі землетрусу.

Найбільшого поширення серед систем стаціонарної сейсмоізоляції набули *сейсмоізолюючі фундаменти*, які достатньо широко застосовуються у практиці сейсмостійкого будівництва.

Основні принципи влаштування сейсмоізолюючих фундаментів зводяться до того, що:

– їх доцільно застосовувати в районах, для яких упевнено прогнозуються високо- і середньочастотні землетруси з періодом прискорення не більше 1 с. (У районах, для яких характерні низькочастотні землетруси, застосування сейсмоізолюючих конструкцій не рекомендовано);

– вони повинні обов'язково включати систему додаткових засобів сейсмозахисту, що знижують небезпечні відносні зсуви ізольованого об'єкта; такими засобами можуть бути спеціальні пристрої енергопоглинання, наприклад, динамічні гасителі, енергопоглиначі сухого і в'язкого тертя і т.п.

Всі конструкції сейсмоізолюючих фундаментів можна підрозділити на дві великі групи, залежно від того, виникає чи не виникає повертаюча сила при взаємному зсуві сейсмоізольованих частин споруди.

Сейсмоізоляція, яка не забезпечує повертаючої сили, що діє на сейсмоізолюючі частини конструкцій, реалізується шляхом влаштування *ковзаючого поясу* (рис. 8.5). При землетрусі за збільшенням горизонтального навантаження сила тертя долається і відбувається прослизання верхньої фундаментної плити відносно нижньої. При цьому вдається у декілька разів знизити навантаження на устаткування і будівлю. Перевагами цієї конструкції є її відносна простота і чіткість роботи. Недо-

ліками слід вважати відсутність можливості регулювання сил тертя.

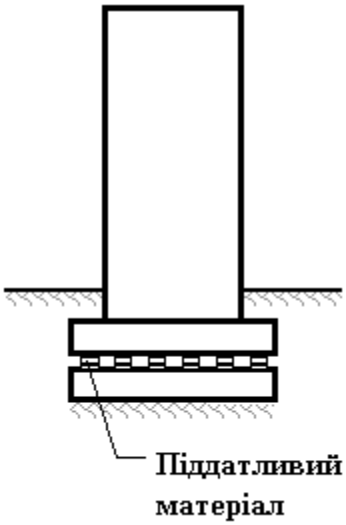


Рисунок 8.5 – Приклад застосування системи ковзаючого поясу у фундаменті споруди

Сейсмічні коливання можна істотно знизити за рахунок використання сипких матеріалів у вигляді піску, щебеню, гравію і т.под. у фундаментних частинах сейсмоізольованої споруди (рис. 8.6).

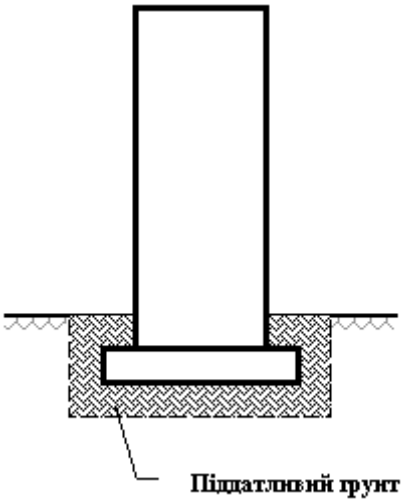


Рисунок 8.6 – Приклад системи сейсмоізолюючого фундаменту з використанням сипких матеріалів

Ефект зниження сейсмічного навантаження унаслідок пропонованих заходів може бути дуже великим, проте важко підібрати оптимальні характеристики сейсмоізолюючих фундаментів такого типу, не ясна їх поведінка при низькочастотних землетрусах, немає можливості регулювання параметрів демпфірування і т.п.

Конструкції, в яких виникає повертаюча сила між сейсмоізолюючими частинами споруди, можна поділити на дві групи: *із пружними* та *кінематичними опорами гравітаційного типу*.

У *системі з пружними елементами* амортизуючі опорні елементи виконуються з різних еластичних матеріалів (гуми, поліхлоропрену, фторопласту і т.под.) і пружинних елементів (рис. 8.7). Ці опори можуть надійно захищати конструкції від сейсмічних дій.

Дослідження *споруд на гумометалевих опорах* указують на їх високу надійність, проте вартість самих фундаментів виявляється значною і може досягати 30 % від вартості будівлі.

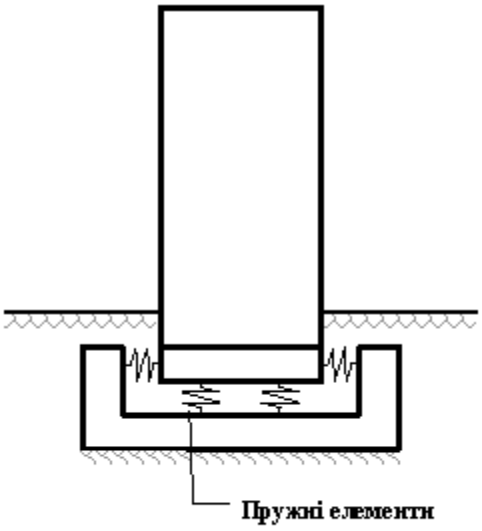


Рисунок 8.7 – Приклад системи сейсмоізолюючого фундаменту з пружними елементами

Застосування таких пристроїв дозволяє знизити сейсмічні навантаження і внутрішні зусилля, викликані ними, в конструкціях будівель. Проте серйозною проблемою при проектуванні споруд на пружних опорах виявилася складність забезпечення їх міцності при значних взаємних зсувах сейсмоізольованих частин фундаменту.

Принцип роботи конструкцій гравітаційного типу на гравітаційних кінематичних опорах полягає в тому, що під час землетрусу центр тяжіння опор піднімається (рис. 8.8), в результаті утворюється гравітаційна поновлююча сила. При цьому коливання будівлі відбуваються біля положення рівноваги, і їх початкова частота і період залежатимуть від геометричних розмірів використовуваних опор.

Пропоноване рішення дозволяє збільшити площу передачі навантаження на опорні частини і тим самим зменшити виникаючі напруги в зоні контакту рухомих елементів із опорними частинами.

У системах *сейсмогасіння*, що включають енергопоглиначі та динамічні гасителі, значний ефект гасіння коливань досягається шляхом використання спеціальних поглиначів енергії, що мають підвищені *дисипативні властивості*. Механічна енергія конструкції, що коливається, переходить в інші види енергії, що приводить до демпфірування коли-

вань або до перерозподілу енергії від захищуваної конструкції до гасителя. Розсіювання енергії в системах *сейсмогасіння* відбувається за рахунок:

– роботи сил пластичної деформації;
– сухого або в'язкого тертя;
– застосування пружнофрикційних зв'язків;
– динамічних гасителів коливань.

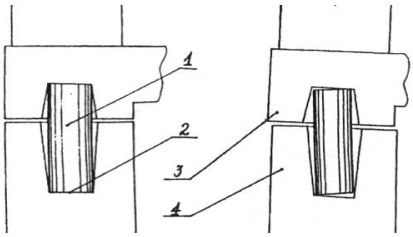
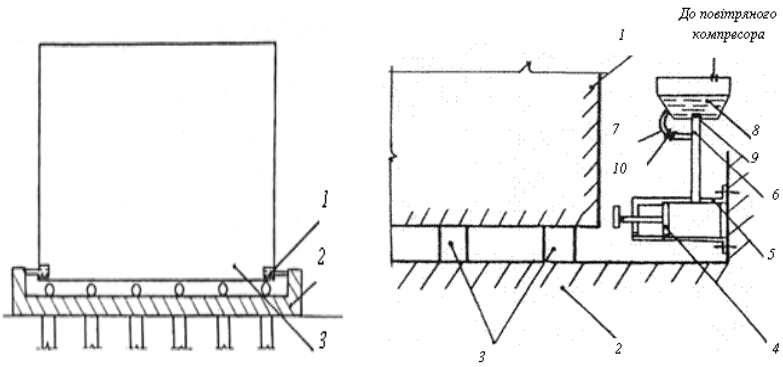


Рисунок 8.8 – Приклад системи сейсмоізолюючого фундаменту гравітаційного типу на гравітаційних кінематичних опорах

Енергопоглиначі сухого або в'язкого тертя, що застосовуються в системах сейсмоізоляції фундаментів (рис. 8.9), можуть використовуватися не тільки у вигляді нерозривного зв'язку між досліджуваним об'єктом і основою, але також і як обмежувачі переміщення, що встановлюються із заданим зазором. Вони є найбільш зручними, з погляду практичної реалізації та експлуатації.



а) **б)**

Рисунок 8.9 – Приклад системи з енергопоглиначами сухого або в'язкого тертя:

а) 1 – енергопоглинач; 2 – підземна сейсмоізолююча частина будівлі; 3 – надземні конструкції будівлі;

б) 1 – надземні конструкції споруди; 2 – нижня частина фундаменту; 3 – вертикальні амортизуючі елементи; 4 – поршень гідросистеми; 5 – циліндр гідросистеми; 6 – патрубок; 7 – перехідна трубка; 8 – резервуар; 9 – зворотний клапан; 10 – дросель

Застосування пружнофрикційних зв'язків (рис. 8.10) дозволяє не тільки значно підвищити дисипативні властивості системи, але і регу-

лювати її енергопоглинаючу здатність, настроювати систему на оптимальний режим роботи. Втіленням фрикційних зв'язків є штучне розрізання остову будівлі на самостійні несучі блоки, сполучені між собою у швах фрикційними зв'язками. Як фрикційні в'язи можуть використовуватись, наприклад, болтові з'єднання.

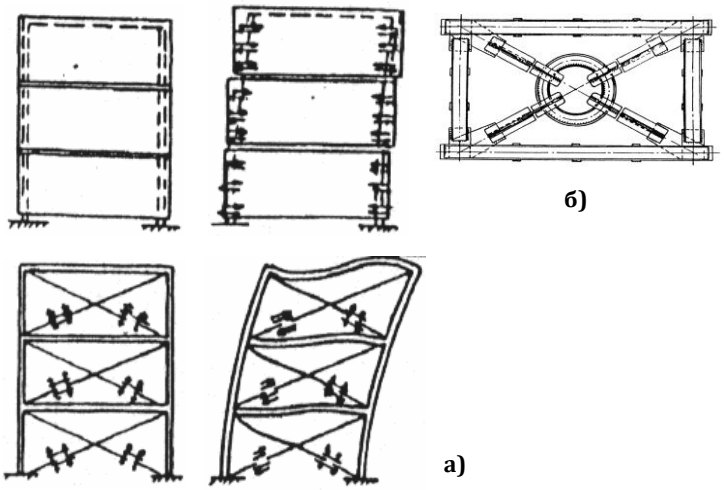


Рисунок 8.10 – Приклади систем з енергопоглиначами пружнофрикційних зв'язків (а). Пластичні енергопоглиначі в системах зв'язків сталевих каркасів (б)

У системах сейсмогасіння з *динамічним гасителем коливань (ДГК)* як на рис. 8.11, механічна енергія конструкції, що коливається, не тільки може переходити в інші види енергії, але і перерозподілятися від конструкції, що захищається, до гасителя. Для забезпечення ефективної роботи ДГК потрібне істотне збільшення гасячої маси. Системи сейсмогасіння з ДГК використовують для захисту хмарочосів.

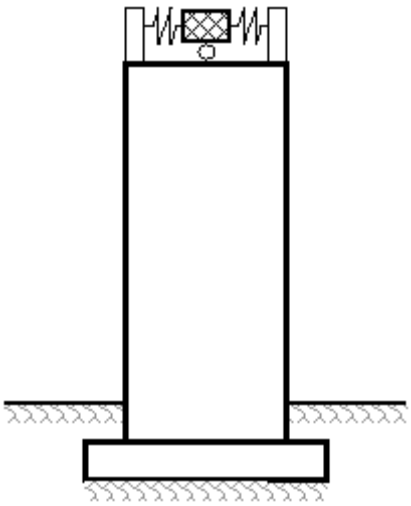


Рисунок 8.11 – Приклад системи з динамічним гасителем коливань

Існують адаптивні *системи сейсмозахисту*, динамічні характерис-

тики яких можуть змінюватися (самонастроюватися) і пристосовуватися до спектрального складу землетрусу. Один із різновидів таких систем – комбінована система, що складається з кінематичних опор і упорів-обмежувачів переміщень. Існує декілька конструктивних рішень, що по-різному втілюють цю систему. Кожне з конструктивних рішень має специфічні особливості, які так чи інакше можуть вплинути на будівлю при землетрусі, її сейсмічну реакцію і, врешті-решт, сейсмічність.

Питання для семінарського заняття

1. Що таке гіпоцентр, епіцентр та сейсмічний осередок землетрусу?
2. Охарактеризуйте види сейсмічних хвиль.
3. Наведіть класифікацію землетрусів за глибиною сейсмічного осередку та за причинами, що їх викликають.
4. Поясніть, за якими показниками вимірюється сила землетрусу.
5. Поясніть, які пошкодження будівель можуть бути під час землетрусів різної сили.
6. Охарактеризуйте поняття «сейсмічний район».
7. Охарактеризуйте поняття «сейсмічність будівельного майданчика».
8. Поясніть, в чому сутність заходів при проектуванні конструкцій в сейсмічних зонах.
9. Поясніть, яким питанням треба приділяти особливу увагу при будівництві в сейсмічних районах.
10. Поясніть, з якою метою у будівлі влаштовуються антисейсмічні шви.
11. Вкажіть основні принципи будівництва у сейсмічних районах.
12. Поясніть, як змінюються міцнісні характеристики матеріалів зі зміною швидкості навантаження та повторності додавання навантаження.
13. Вкажіть методи забезпечення сейсмостійкості цегляних будівель.
14. Охарактеризуйте антисейсмічні властивості великопанельних будинків.
15. Наведіть класифікацію методів сейсмозахисту.
16. Охарактеризуйте активні методи сейсмозахисту.
17. Поясніть, чим відрізняється сейсмогасіння від сейсмоізоляції.
18. Поясніть, чим відрізняється адаптивні та стаціонарні системи сейсмоізоляції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: навчальний посібник / Васильченко О.В. – Харків, 2007. – 257 с.

2. Васильченко О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – 372 с.

3. Строительные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях: учебное пособие / А.М. Гридчин, Ю.М. Баженов, В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, А.С. Пушкаренко, О.В. Васильченко. – М.: Изд-во АСВ; Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 595 с.

ЛЕКЦІЯ 9
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ПРОСІДАЮЧИХ ҐРУНТАХ ТА ПІДРОБЛЮВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ, НА ПІДТОПЛЮВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ ТА ПРИ ЗАГРОЗІ ВИНИКНЕННЯ ЗСУВІВ

План:

9.1 Забезпечення безпеки будівельних об'єктів на просідаючих ґрунтах

9.2 Забезпечення безпеки будівель та споруд на підроблюваних територіях

9.3 Забезпечення безпеки об'єктів на підтоплюваних територіях

9.4 Засоби інженерного захисту від затоплення та підтоплення

9.4.1 Штучне підвищення поверхні території

9.4.2 Регулювання і відведення поверхневих вод з територій

9.4.3 Обвалування територій

9.5 Забезпечення будівництва на підтоплюваних територіях

9.6 Забезпечення безпеки об'єктів при загрозі зсувів

9.1 Забезпечення безпеки будівельних об'єктів на просідаючих ґрунтах

Просідаючі ґрунти – які, перебуваючи у напруженому стані від зовнішнього навантаження будівлі та власної ваги, при замочуванні зазнають додаткової деформації, зумовленої корінною зміною структури ґрунту. Просідання ґрунту призводить до утворення тріщин, порушення з'єднань елементів конструкцій.

Просідаючі ґрунти, до яких відносяться суглинки, супісі, лесові та глинисті ґрунти, складають до 85 % території України.

Залежно від величини просадок просідаючі ґрунти підрозділяють на два типи:

1 тип – просадка від власної маси при замочуванні не перевищує 50 мм;

2 тип – просадка за тих самих умов перевищує 50 мм.

При проектуванні і будівництві споруд на просідаючих ґрунтах користуються документом «ДБН.1.1-5-2000. Будівлі і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Частина 2. Будівлі і споруди на просідаючих ґрунтах», згідно з яким застосовують спеціальні заходи:

1. Усунення просідання ґрунту за допомогою:

– ущільнення (трамбуванням);

– влаштування ґрунтової подушки з щільнішого ґрунту з пошаровим укочуванням;

– влаштування ґрунтових паль;

– попереднього замочування основи;

– укріплення (цементація, силікатизація, бітумізація).

2. Спирання фундаментів на непросідаючі ґрунти (шляхом застосування пальових та стовбурних фундаментів).

3. Захист основ фундаментів від замочування за допомогою:

– водонепроникного вимощення навколо будинків (не менше 1 м), яке має бути на 0,3 м ширше пазух, що засипаються. Засипання пазух і траншей не допускається робити з дренуючих матеріалів (піску, будівельного сміття…);

– водонепроникного екрана з ущільненого глинистого ґрунту на рівні підошви фундаменту або як підготовки під підлоги;

– безпечного розташування мереж водопостачання та каналізації.

4. Вибір конструктивної схеми будівлі, яка, залежно від умов, забезпечує її малу чутливість до нерівномірного осідання ґрунту. До таких конструктивних заходів відносяться:

– застосування конструктивної схеми будівлі з підвищеною жорсткістю спряження елементів, яка не припускає їх взаємних переміщень (великопанельний жорсткий каркас, рами з жорсткими вузлами);

– застосування конструктивної схеми з шарнірним спряженням елементів, взаємне переміщення яких практично не порушує експлуатаційної придатності будівлі. При цьому треба враховувати можливе відхилення несучих конструкцій від вертикалі та горизонталі при осіданнях, а також передбачити можливі деформації в інженерних комунікаціях;

– улаштування неперервних поясів по периметру капітальних стін кожного блока;

– застосування тільки розрізних підкранових балок у промислових будівлях.

5. Вибір ОПР, до яких відносяться:

– застосування найпростіших у плані конфігурацій будівель;

– улаштування *осадових швів*, які поділяють будівлю на блоки.

9.2 Забезпечення безпеки будівель та споруд на підроблюваних територіях

Підроблюваними можна назвати такі ділянки території, де розташовуються підприємства з видобутку корисних копалин і, відповідно, знаходяться шахти, штольні та інші підземні виробітки, що утворюють достатньо велику кількість технологічних порожнин після видобуття корисних копалин. В Україні такі території знаходяться, зокрема, в Донбасі, Одесі.

В районах з територією, що підробляється, виникають осідання і горизонтальний зсув земної поверхні, внаслідок чого виникають деформації будівель і споруд. Деформації виражаються в появі тріщин у стінах, обваленні окремих ділянок стін і т.д.

При розробці корисних копалини підземним способом у ґрунтовому масиві залишаються порожнини, а на поверхні – чашоподібні западини, які називають *мульди зрушення* (*мульди зсуву*). Розміри *мульди зсуву* залежать від розмірів виробітку, товщини пласта, глибини розробки, фізико-механічних властивостей ґрунту. Деформації земної поверхні бувають у вигляді провалів, тріщин, уступів із тріщинами, плавних осідань.

При проектуванні та будівництві споруд на підроблюваних територіях користуються документами:

– «ДБН В.1.1-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Частина 1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях»;

– «ДБН В.1.1-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення».

Проекти будівель і споруд, що зводяться на підроблюваних територіях, слід розробляти на основі гірничо-геологічного обґрунтування, яке повинно містити:

– топографічну карту з нанесенням ділянки будівництва і 500-метрової прилеглої території;

– викопіювання з геологічної карти таких самих розмірів;

– викопіювання з геологічних розрізів і гіпсометричних планів пластів або планів гірничих робіт;

– дані про величини деформацій земної поверхні;

– перелік намічених будівельних та гірничих заходів захисту;

– висновок підприємства, зацікавленого у видобутку корисної копалини;

– узгодження територіального геологічного підприємства, якщо майданчик розташований поза контуром затвердженого генерального плану населеного пункту.

Матеріали інженерних вишукувань повинні додатково містити:

– оцінку змін геоморфологічних, гідрогеологічних і гідрологічних умов ділянки забудови внаслідок осідання земної поверхні (можливість утворення провалів, зсувів, зміни рівня підземних вод з урахуванням сезонних та багаторічних коливань, можливість підтоплення територій);

– відомості про місця розташування гирл старих вертикальних і похилих виробок;

– відомості про старі гірничі виробки, пройдені на малих глибинах, та межі виробок при недостовірному контурі гірничих робіт;

– у випадку прийняття при розрахунку будівлі або споруди моделі основи у вигляді нелінійно-непружної системи – дані випробувань ґрунтів при збільшенні тиску та розвантаженні, що характеризують нелінійність деформування основи, а у випадку моделі у вигляді реологічної си-

стеми – дані випробувань ґрунтів із фіксацією деформацій у часі на кожному ступені навантаження.

Будівництво будівель і споруд на підроблюваних територіях, де за прогнозом можливе утворення провалів, а також на ділянках, де можливе утворення зсувів, не допускається.

При будівництві у районах, де за даними територіальних геологічних організацій відмічені виходи пластів або тектонічних порушень гірських порід під наноси чи знаходяться відпрацьовані гірничі виробки на малих глибинах, необхідно виконувати комплекс вишукувальних робіт із визначенням розташування виходів пластів і порушень під наноси, а також пустот у відпрацьованому просторі.

Проектування і будівництво будівель та споруд на ділянках із виходами на земну поверхню робочих і відпрацьованих пластів, тектонічних порушень і осьових поверхонь синклінальних і флексурних складок (включаючи виходи під наноси), а також у районах зі старими гірничими виробками, пройденими на малих глибинах, повинно здійснюватись з урахуванням їх впливу на величину деформацій земної поверхні. Будівництво в умовах, що вказані вище, допускається за можливості прогнозування деформацій земної поверхні згідно з чинними нормативними документами, розробленими спеціалізованими організаціями у цій галузі, та при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні необхідності будівництва. Якщо за наведених умов розрахунок очікуваних деформацій земної поверхні не може бути здійснений, будівництво допускається тільки за висновком спеціалізованої організації. Будівництво будівель і споруд допускається на підроблюваних територіях із деформаціями земної поверхні, що, як правило, не перевищують максимальних деформацій. На підроблюваних територіях, де за прогнозом очікуються деформації земної поверхні, що перевищують максимальні за групами I та Iк (табл. 1 та 2 ДБН В.1.1-5-2000), будівництво будівель і споруд може бути допущене у виняткових випадках за наявності відповідного техніко-економічного обґрунтування, висновків спеціалізованих організацій та за узгодженням з Держнаглядохоронпраці України та Держбудом України. У проектах будівель і споруд для будівництва на підроблюваних територіях Iк та IIк груп, а також на майданчиках із виходами тектонічних порушень та зі старими гірничими виробками, пройденими на малих глибинах, має бути передбачене закладання марок нівелювання і реперів для інструментальних спостережень за деформаціями об’єктів та навколишньої земної поверхні в період підробки та наступної їх експлуатації. З метою зменшення деформацій земної поверхні від впливу підробки на будівлі і споруди допускається використовувати гірничі засоби захисту. Ділянки виходів пластів, що відпрацьовуються на глибині до 400 м, які включають захисні смуги по 30 м по обидва боки від виходу, забудовувати дозволяється за висновками спеціалізованих організацій. Дозволяєть-

ся у період прояву процесу зсуву і деформацій земної поверхні від підробки будівництво житлових і громадських будинків жорсткої конструктивної схеми (великопанельних – заввишки не більше 16 поверхів, великоблокових – заввишки не більше 10 поверхів), а також будівництво супутніх будинків і споруд комунального призначення (котельні, очисні споруди тощо).

Зведення будівель і споруд у період прояву процесу зсуву і деформацій земної поверхні від підробки допускається за дотримання умов:

— відомий термін спорудження будівлі або споруди, а також зміни величин деформацій земної поверхні у період будівництва;

— конструкції будівлі чи споруди перевірені розрахунком за двома групами граничних станів, а також за допустимими відхиленнями від проектних розмірів у період будівництва з урахуванням деформацій земної поверхні;

— раціональна орієнтація кварталів та ділянок забудов. Будинки треба розташовувати під прямим кутом у плані до напрямку поширення мульди зсуву (рис. 9.1);

— застосування найпростіших у плані конфігурацій будівель із улаштуванням *деформаційних швів*, які поділяють будівлю на блоки;

— у проекті будівлі або споруди передбачені, за необхідності, заходи, що забезпечують міцність, стійкість і тріщиностійкість конструкцій, а також додержання проектних рівнів та положень будівлі чи споруди в цілому, окремих його елементів, обладнання, включаючи монтажні механізми, підкранові колії, що знаходяться на будівельному майданчику;

— у період будівництва забезпечуються систематичні інструментальні спостереження за деформаціями конструкцій будівлі чи споруди і земної поверхні ділянки будівництва;

— відсутність на ділянці будівництва виходів зміщувачів диз'юнктивних порушень і осьових поверхонь синклінальних складок;

— наявність висновків спеціалізованих організацій стосовно розрахунку деформацій земної поверхні, узгодження спеціалізованих інститутів у галузі будівництва будівель і споруд на підроблюваних територіях, а також узгодження з Держбудом України та з Держнаглядохоронпраці України.

Проектування будівель і споруд для будівництва на ділянках, небезпечних виділенням метану на поверхню землі, слід виконувати з урахуванням заходів захисту від проникнення в них метану.

При будівництві на територіях, де можливе техногенне затоплення або підтоплення, спричинене розробкою родовищ корисних копалин відповідно до вимог «ДБН В.1.1-25:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист території і будівель від підтоплення та затоплення», має бути передбачений інженерний захист територій.

Прогнозування затоплення або підтоплення територій і проектування захисту територій від затоплення і підтоплення слід здійснювати на базі висновків спеціалізованих організацій.

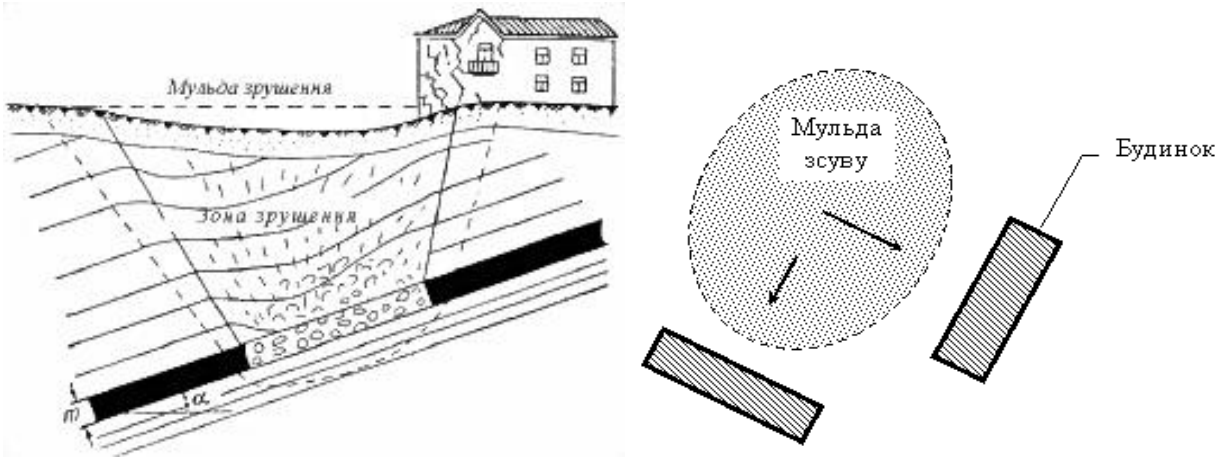


Рисунок 9.1 – Мульда зрушення (мульда зсуву) та приклад правильного розташування будівель відносно неї

При проектуванні будівель і споруд з урахуванням заходів, що компенсують нерівномірне осідання і ліквідують крени, їх вирівнювання в цілому або окремих конструктивних елементів допускається здійснювати: з допомогою спеціальних вирівнювальних пристроїв (домкратів) – згідно з додатком 6; шляхом локальної зміни деформаційної здатності основи вибурюванням ґрунту в основі – відповідно до додатка 7 або іншими методами, що пройшли експериментальну перевірку. Вибір методу вирівнювання здійснюється залежно від конструктивного рішення об'єкта і ґрунтових умов майданчика будівництва.

При проектуванні будівель і споруд на основах, складених практично нестисливими ґрунтами, доцільно передбачати підготовку основи улаштуванням під фундаментами ґрунтової подушки.

Вирівнювання будівель і споруд як захід захисту від дії нерівномірних деформацій основи не виключає в необхідних випадках застосування та інших додаткових заходів захисту: конструктивних, підготовки основи тощо.

Не допускається будівництво на підроблюваних територіях об'єктів з ядерними технологічними процесами і підприємств із виробництва та зберігання токсичних, вибухо- та пожежонебезпечних речовин, а також прокладання відповідних технологічних трубопроводів.

9.3 Забезпечення безпеки об'єктів на підтоплюваних територіях

Підтоплення – підйом рівня підземних вод та зволоження ґрунтів, які ведуть до порушування господарської діяльності на даній території,

до зміни фізичних та фізико-хімічних властивостей підземних вод, перетворення ґрунтів, видового складу, структури та продуктивності рослинного покриву, трансформації місць помешкання тварин.

Джерелами підтоплення є:

– підпір підземних вод від водосховищ, каналів, басейнів ГАЕС та інших гідротехнічних споруд;

– підпір ґрунтових вод за рахунок фільтрації зі зрошуваних земель на прилеглі території;

– витік води з водонесучих комунікацій і споруд на захищених територіях;

– атмосферні опади.

Підтоплення зумовлене підвищенням горизонту води в ріках при спорудженні водоймищ та гребель, затопленням заплав рік, втратами води з водопровідних та каналізаційних мереж тощо.

При підтопленні заболочується та засолюється грунт, погіршується санітарний стан місцевості, руйнуються споруди, будівлі та дороги.

Підтоплення негативно впливає на:

– зміну фізико-механічних властивостей ґрунтів в основах інженерних споруд;

– надійність конструкцій будівель і споруд;

– стійкість і міцність підземних споруд;

– корозію підземних частин металевих конструкцій, трубопровідних систем, систем водопостачання і теплофікації;

– надійність функціонування інженерних комунікацій, споруд і обладнання;

– прояв суфозії та ерозії;

– санітарно-гігієнічний стан території;

– умови зберігання продовольчих і непродовольчих товарів у підвальних і підземних складах.

Підтоплювані території визначаються в межах ділянок, на яких підвищення рівня ґрунтових вод вже призвело або може призвести (за прогнозом) до суттєвого погіршення умов життя населення та проведення господарської діяльності або до виникнення надзвичайних ситуацій.

<u>Режими ґрунтових вод:</u>

1. *Природний* (слабко порушений) режим формується в межах тієї чи іншої території під впливом комплексу режимоформуючих факторів.

Фактори, які визначають природний режим ґрунтових вод на незабудованих територіях:

– космогенні, вплив яких виявляється однаково на незабудованих і на забудованих територіях;

– кліматичні;

– геологічні;

– біогенні.

2. *Техногенний* режим (штучний, значно порушений) формується внаслідок забудови та експлуатації забудованих територій. Техногенний режим може бути:

– зарегульований, коли коливання рівня ґрунтових вод або вологості ґрунтів обмежені у допустимому діапазоні;

– незарегульований, коли ці коливання проходять повільно.

Види підтоплення:

1. *Стале (постійне) явне* підтоплення, яке виникає за тривалого (в багаторічному плані) перевищення рівнем ґрунтових вод глибин, що відповідають проектним *нормам осушення* територій.

2. *Періодичне (тимчасове) явне* підтоплення спостерігається при періодичних коливаннях рівня ґрунтових вод (сезонних і багаторічних) біля глибин проектних *норм осушення* територій.

3. *Приховане* підтоплення проявляється у зростанні вологості ґрунтів до критичної вологості, при зволоженні ґрунтів та заглиблених конструкцій інфільтраційними та капілярними водами, при утворенні «верховодки», а також внаслідок конденсації вологи під будівлями та непроникними покрівлями (асфальт, бетон).

Норма осушення – глибина зниження ґрунтових вод, рахуючи від проектної відмітки поверхні території, при якій:

– забезпечується оптимальний водний режим ґрунту для сільськогосподарських культур та проведення сільськогосподарських робіт;

– забезпечуються нормальні умови експлуатації будівель і території.

Норми осушення при проектуванні захисту від підтоплення приймаються залежно від характеру забудови захищеної території. Норми осушення сільськогосподарських земель визначаються відповідно до «ДБН.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди».

При проектуванні інженерного захисту території від затоплення і підтоплення слід розробляти комплекс заходів, що забезпечують запобігання затопленню і підтопленню територій залежно від вимог їхнього функціонального використання та охорони природного середовища, або усунення негативних впливів затоплення і підтоплення.

При будівництві на територіях, де можливе затоплення або підтоплення, має бути передбачений інженерний захист територій, відповідно до вимог «ДБН В.1.1-25:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист території і будівель від підтоплення та затоплення».

Захист території населених пунктів, промислових і комунально-складських об’єктів повинен забезпечувати:

– безперебійне і надійне функціонування і розвиток міських, містобудівних, виробничо-технічних, комунікаційних, транспортних об'єктів, зон відпочинку та інших територіальних систем і окремих споруд народного господарства;

– нормативні медико-санітарні умови життя населення;

– нормативні санітарно-гігієнічні, соціальні та рекреаційні умови територій, що захищаються.

Захист родовищ корисних копалин і гірських виробок від затоплення і підтоплення повинен забезпечувати:

– охорону надр і природних ландшафтів;

– безпечне ведення відкритих і підземних розробок родовищ корисних копалин, у тому числі й нерудних матеріалів;

– виключення можливості техногенного затоплення і підтоплення територій, що можуть бути викликані розробкою родовищ корисних копалин.

Захист сільськогосподарських земель і природних ландшафтів повинен:

– сприяти інтенсифікації виробництва сільськогосподарської, лісової та рибної продукції;

– створювати оптимальні агротехнічні умови;

– регулювати гідрологічний і гідрогеологічний режими на захищеній території, залежно від функціонального використання земель;

– сприяти комплексному і раціональному використанню і охороні земельних, водних, мінерально-сировинних та інших природних ресурсів.

Щодо захисту природних ландшафтів поблизу міст і населених пунктів, то слід передбачати використання території для створення санітарно-захисних зон, лісопарків, лікувально-оздоровчих об'єктів, зон відпочинку, що включають всі види туризму, рекреації та спорту.

Необхідність захисту територій заплав рік від природних затоплень визначається потребою і ступенем використання окремих ділянок цих територій під міську або промислову забудову, або під сільськогосподарські угіддя, а також родовища корисних копалин.

Розрахункові параметри затоплень заплав рік слід визначати на основі інженерно-гідрологічних розрахунків залежно від прийнятих класів захисних споруджень. При цьому треба розрізняти затоплення: глибоководне (глибина понад 5 м), середнє (глибина від 2 до 5 м) та мілководне (глибина покриття поверхні суши водою до 2 м).

Границі територій техногенного затоплення слід визначати при розробці проектів водогосподарчих об'єктів різного призначення і систем відводу відпрацьованих і стічних вод від промислових підприємств, сільськогосподарських земель і гірських виробок родовищ корисних копалин.

Негативний вплив затоплення існуючими або проектованими водоймищами слід оцінювати залежно від режимів експлуатації водоймища і тривалості дії затоплення на прибережну територію. При цьому слід розрізняти: постійне затоплення – нижче відмітки рівня мертвого об'єму (РМО); періодичне – між відмітками нормального підпірного рівня (НПР) і РМО; тимчасове (форсування рівня водоймища вище НПР).

При оцінці негативних впливів підтоплення території слід враховувати глибину залягання ґрунтових вод, тривалість та інтенсивність прояву процесу, гідрогеологічні, інженерно-геологічні та геокріологічні, медико-санітарні, геоботанічні, зоологічні, ґрунтові, агрогосподарські, меліоративні, господарсько-економічні особливості району захисту території тощо.

При оцінці збитку від підтоплення необхідно враховувати забудову території, класи споруд, що захищаються, та об'єктів, цінність сільськогосподарських земель, родовищ корисних копалин і природних ландшафтів.

9.4 Засоби інженерного захисту від затоплення та підтоплення

Як основні засоби інженерного захисту слід передбачати обвалування, штучне підвищення поверхні території, руслорегулюючі споруди та споруди по регулюванню і відводу поверхневого стоку, дренажні системи і окремі дренажі та інші захисні споруди.

Як допоміжні засоби інженерного захисту слід використовувати природні властивості природних систем та їхніх компонентів, що підсилюють ефективність основних засобів інженерного захисту. До останніх слід відносити підвищення водовідвідної та дренувальної ролі гідрографічної мережі шляхом розчищення русел і стариць, фітомеліораційних, агролісотехнічних заходів і т.д.

До складу проекту інженерного захисту території слід включати організаційно-технічні заходи, що передбачають забезпечення пропуску весняних повеней і літніх паводків.

Інженерний захист на забудовуваних територіях повинен передбачати створення єдиної комплексної територіальної системи або локальних приоб'єктових захисних споруд, що мають забезпечувати ефективний захист територій від повеней на ріках, затоплення і підтоплення при створенні водоймищ і каналів; від підвищення рівня ґрунтових вод, викликаного будівництвом і експлуатацією будівель, споруд і мереж.

Єдині комплексні територіальні системи інженерного захисту слід проектувати незалежно від відомчої приналежності територій, що захищаються, і об'єктів.

У ході розробки проектів інженерного захисту від підтоплення слід ураховувати наступні джерела підтоплення: зростання підпору підземних вод від водоймищ, каналів, басейнів ГАЕС та інших гідротехнічних споруд, підпору ґрунтових вод за рахунок фільтрації зі зрошуваних земель на прилеглі території, витік води з водонесучих комунікацій і споруд на захищених територіях, атмосферні опади.

При цьому необхідно враховувати можливість одноразового прояву окремих джерел підтоплення або їхніх сполучень.

Зону підтоплення на прибережній території проектованого водоймища або іншого водного об'єкта слід визначати прогнозом поширення підпору підземних вод при розрахунковому рівні води у водному об'єкті на базі геологічних і гідрогеологічних вишукувань, а на існуючих водних об'єктах – на основі гідрогеологічних досліджень.

Зону поширення підпору ґрунтових вод від зрошуваних земель на сполучені території слід визначати на основі водобалансових і гідродинамічних розрахунків, результатів геологічних і ґрунтових вишукувань.

При цьому треба враховувати:

– ступінь атмосферного зволоження територій, що захищаються;
– втрати води з водонесних комунікацій і ємностей.

Прогнозовані кількісні характеристики підтоплення для освоєних територій необхідно зіставляти з фактичними даними гідрогеологічних спостережень. У випадку перевищення фактичних даних над прогнозними слід виявляти додаткові джерела підтоплення.

При інженерному захисті міських і промислових територій слід враховувати негативний вплив підтоплення на:

– зміну фізико-механічних властивостей ґрунтів в основі інженерних споруд і агресивність ґрунтових вод;
– надійність конструкцій будівель і споруд, у тому числі зведених на підроблених і раніше прироблених територіях;
– стійкість і міцність підземних споруд за зміни гідростатичного тиску ґрунтової води;
– корозію підземних частин металевих конструкцій, трубопровідних систем, систем водопостачання і теплофікації;
– надійність функціонування інженерних комунікацій, споруд і устаткування внаслідок проникання води у підземні приміщення;
– прояв суфозії та ерозії;
– санітарно-гігієнічний стан території;
– умови зберігання продовольчих і непродовольчих товарів у підвальних і підземних складах.

У разі підтоплення сільськогосподарських земель і природних ландшафтів треба враховувати вплив підтоплення на:

– зміну сольового режиму ґрунтів;

– заболочування території;

– природні системи в цілому і на умови життєдіяльності представників флори і фауни;

– санітарно-гігієнічний стан території.

Інженерний захист території від затоплення і підтоплення повинен бути спрямований на запобігання або зменшення народногосподарського, соціального і екологічного збитку, що визначається зниженням кількості та якості продукції різних галузей народного господарства, погіршенням гігієнічних і медико-санітарних умов життя населення, витратами на відновлення надійності об'єктів на затоплюваних і підтоплених територіях.

При проектуванні інженерного захисту від затоплення і підтоплення слід визначати доцільність і можливість одночасного використання споруд і систем інженерного захисту в цілях поліпшення водопостачання і водоспоживання, культурно-побутових умов життя населення, експлуатації промислових і комунальних об'єктів, а також в інтересах енергетики, автодорожнього, залізничного і водного транспорту, видобутку корисних копалин, сільського, лісового, рибного і мисливського господарств, меліорації, рекреації та охорони природи, передбачаючи у проектах можливість створення варіантів споруд інженерного захисту багатофункціонального призначення.

Проект споруд інженерного захисту повинен забезпечувати:

– надійність захисних споруд, безперебійність їхньої експлуатації за найменших експлуатаційних витрат;

– можливість проведення систематичних спостережень за роботою і станом споруд і устаткування;

– оптимальні режими експлуатації водоскидних споруд;

– максимальне використання місцевих будівельних матеріалів і природних ресурсів.

Вибір варіантів споруд інженерного захисту повинен здійснюватися на підставі техніко-економічного зіставлення показників порівнюваних варіантів.

При проектуванні інженерного захисту територій слід дотримуватися вимог «Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» (затверджені постановою Кабміну України від 25.03.99 №465).

У випадках, коли проектовані споруди інженерного захисту територіально збігаються з існуючими або створюваними водоохоронними, природоохоронними зонами, національними парками, заповідниками, заказниками, природоохоронні заходи проекту інженерного захисту території повинні узгоджуватися із органами державного контролю з охорони природного середовища.

Ефективність проектованих протипаводкових заходів слід визначати зіставленням техніко-економічних показників варіанта комплекс-

ного використання водоймища і земель, що захищаються, із варіантом використання земель до проведення протипаводкових заходів.

Протипаводкові греблі, дамби обвалування населених пунктів і промислових об'єктів, родовищ корисних копалин і гірських виробок слід проектувати відповідно до вимог «ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні споруди», а сільськогосподарських земель – також відповідно до вимог «ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди».

При проектуванні захисних протипаводкових систем на ріках необхідно враховувати вимоги комплексного використання водних ресурсів водотоків.

Вибір розрахункової забезпеченості пропуску паводків через водоскидні захисні споруди обґрунтовується техніко-економічними розрахунками з урахуванням класів захисних споруд відповідно до вимог чинних документів.

Споруди, що регулюють поверхневий стік на територіях, захищених від затоплення, слід розраховувати на розрахункову витрату поверхневих вод, що надходять на ці території (дощові та поталі води, тимчасові та постійні водотоки), прийнятої відповідно до класу захисної споруди.

Поверхневий стік з боку вододілу треба відводити із захищеної території по нагорних каналах, а якщо є потреба, передбачати улаштування водойм, що дозволяють акумулювати частину поверхневого стоку.

Комплексна територіальна система інженерного захисту від затоплення і підтоплення повинна містити в собі кілька різних засобів інженерного захисту у випадках:

– наявності на захищеній території промислових або цивільних споруд, захист яких здійснити окремими засобами інженерного захисту неможливо і малоефективно;

– складних морфометричних, топографічних, гідрогеологічних та інших умов, що виключають застосування того або іншого окремого об'єкта інженерного захисту.

Перевищення гребеня водопідпорних захисних споруд над розрахунковим рівнем води слід призначати залежно від класу захисних споруд і з урахуванням вимог «ДБН В.2.4-20:2014. Греблі з ґрунтових матеріалів».

При цьому треба враховувати можливість підвищення рівня води за рахунок стиснення водотоку захисними спорудженнями.

При захисті території від затоплення підвищенням поверхні території підсипанням або намивом ґрунту, відмітку підсипання території з боку водного об'єкта слід приймати так само, як для гребеня дамб обвалування; відмітку поверхні підсипання території при захисті від підтоплення слід визначати з урахуванням вимог «ДБН 360-92**. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень».

При проектуванні інженерного захисту на берегах водотоків і водойм як розрахунковий береться максимальний рівень води в них з імовірністю перевищення залежно від класу споруджень інженерного захисту відповідно до вимог ДБН В.2.4-3:2010 для основного розрахункового випадку.

Підтоплені території визначаються в межах ділянок, на яких рівні ґрунтових вод постійно або тимчасово підвищені до глибини вище проектних *норм осушення* територій населених пунктів, або підвищення рівня ґрунтових вод істотно впливає на роботу об'єктів економіки в регламентованому режимі.

Норми осушення сільськогосподарських земель визначаються відповідно до «ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди».

Норми осушення територій розробки корисних копалин визначаються з урахуванням вимог «СНиП 2.06.14-85. Защита горных выработок от поверхностных и подземных вод».

Норми осушення на сполучених міських, сільськогосподарських та інших територіях, використовуваних різними землекористувачами, визначаються з урахуванням вимог кожного землекористувача.

Максимальні розрахункові рівні ґрунтових вод на захищуваних територіях слід приймати за результатами прогнозування. Розрахункові витрати регульованого стоку дощових вод слід приймати за «ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування».

Захист територій від затоплення та підтоплювання слід здійснювати:

– обвалуванням територій з боку ріки, водоймища або іншого водного об'єкта;

–штучним підвищенням рельєфу території до незатоплюваних планувальних відміток;

–акумуляцією, регулюванням, відводом поверхневих скидних і дренажних вод із затоплених, тимчасово затоплюваних, зрошуваних територій і низинних порушених земель.

До складу засобів інженерного захисту від затоплення можуть входити: дамби обвалування, дренажі, дренажні та водоскидні мережі, нагорні водоскидні канали, швидкотоки і перепади, трубопроводи та насосні станції.

Залежно від природних і гідрогеологічних умов захисту території, системи інженерного захисту можуть включати кілька вищевказаних споруд або окремі споруди.

9.4.1 Штучне підвищення поверхні території

Поверхню території слід підвищувати:

– для освоєння під забудову затоплених, тимчасово затоплюваних і підтоплених територій;

– для використання земель під сільськогосподарське виробництво;

– для благоустрою прибережної смуги водоймищ та інших водних об'єктів.

Варіанти штучного підвищення поверхні території необхідно вибирати на основі аналізу наступних характеристик захищеної території: ґрунтово-геологічних, зонально-кліматичних і антропогенних; функціонально-планувальних, соціальних, екологічних та інших, пропонованих до територій під забудову.

Проект вертикального планування території з підсипанням ґрунту слід розробляти з урахуванням щільності забудови території, ступеня виконання раніше передбачених планувальних робіт, класів споруд, що захищаються, змін гідрологічного режиму рік і водойм, розташованих на захищеної території, з урахуванням прогнозованого підйому рівня ґрунтових вод.

За розрахунковий рівень води при проектуванні штучного підвищення поверхні території від затоплення слід приймати відмітку рівня води в ріці або водоймищі відповідно до вимог ДБН В.2.4-1-99.

Для захисту території від затоплення підсипанням відмітку брівки берегового укосу території треба визначати відповідно до вимог ДБН В.2.4-1-99 і приймати не менше ніж на 0,5 м вище розрахункового рівня води у водному об'єкті з урахуванням розрахункової висоти хвилі та її накату. Відмітки поверхні підсипаної території для захисту від підтоплення визначаються величиною норми осушення з урахуванням прогнозу рівня ґрунтових вод.

Проектування берегового укосу відсипаної території треба здійснювати відповідно до вимог «ДБН В.2.4-20:2014. Греблі з ґрунтових матеріалів».

Відвід поверхневого стоку із захищеної території слід здійснювати у водойми, водотоки, яри, у загальноміські каналізаційні або зливові системи з урахуванням вимог чинних норм і правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами.

При здійсненні штучного підвищення поверхні території необхідно забезпечувати умови природного дренування підземних вод.

9.4.2 Регулювання і відведення поверхневих вод з територій

Відведення поверхневого стоку із захищеної території слід здійснювати у водойми, водотоки, яри, у загальноміські каналізаційні або зливові системи з урахуванням вимог чинних норм і правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами.

При здійсненні штучного підвищення поверхні території необхідно забезпечувати умови природного дренування підземних вод. По тальве-

гах, що засипаються, або ярах, що замиваються, і балках слід прокладати дренажі, а постійні водотоки розташовувати в колекторах із супутніми дренами.

Необхідність осушення штучних підсипань визначається гідрогеологічними умовами прилеглої території та фільтраційними властивостями ґрунтів основи і підсипання.

При засипанні тимчасових водотоків, водойм та розвантаження підземних вод необхідно передбачати улаштування в основі підсипання фільтрувального шару або пластового дренажу.

При виборі технології робіт зі штучного підвищення поверхні території шляхом відсипання ґрунту або намиву необхідно передбачати переміщення ґрунтових мас із незатоплюваних ділянок корінного берега або заплави на затоплювані. За дефіциту ґрунтів слід використовувати корисні виїмки при поглибленні русел рік для цілей судноплавства, розчищення і благоустрою стариць, проток та інших водойм, розташованих на захищеній території або поблизу неї.

Споруди по регулюванню і відведенню поверхневих вод з міських територій та промислових площадок слід розробляти відповідно до вимог інженерної підготовки територій ДБН 360-92**. Проектування дюкерів, випусків, ливневідводів і ливнеспусків, відстійників, усереднювачів, насосних станцій та інших споруд слід здійснювати відповідно до вимог «ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування».

На територіях промислової та цивільної забудови слід передбачати дощову каналізацію закритого типу. Застосування відкритих водовідвідних пристроїв (канав, кюветів, лотків) допускається в районах 1–2-поверхової забудови, на територіях парків і зон відпочинку із улаштуванням містків або труб на перетинаннях із вулицями, дорогами, проїздами і тротуарами – відповідно до вимог «ДБН В.2.3-4-2000. Споруди транспорту. Автомобільні дороги» і «ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм».

Стокорегулюючі та руслорегулюючі споруди та заходи щодо запобігання затопленню і підтопленню сільськогосподарських територій, що примикають до незарегульованих середніх і малих рік, а також для захисту відкритих та підземних гірських виробок корисних копалин і окремих господарських об’єктів, таких як переходи під автодорогами, підходи до судноплавних споруд і т.д., слід застосовувати залежно:

– від масштабів і часу затоплення території;
– від природних факторів – підтоплення і водної ерозії;
– від техногенних факторів, що підсилюють затоплення і підтоплення земель у зоні об’єктів, що захищаються.

Для регулювання і відведення поверхневих вод із сільськогосподарських земель, що захищаються, слід дотримуватися вимог «ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди».

Урахування природної водної ерозії ґрунтового покриву слід робити залежно від норми опадів, випару, ухилів поверхні, природної дренованості і т.д.

При цьому слід забезпечувати:

– у вологій зоні – захист від повені та затоплення зливовими та сніговими поталими водами шляхом відведення надлишкових поверхневих вод, зниження рівня ґрунтових вод за умов їх високого стояння, осушення боліт і надлишково зволожених земель;

– у слабкозасушливій та посушливій зонах – захист від площинної та лінійної водної ерозії шляхом обробки орних земель поперек схилів, зазернування (засівання трав) схилів, посадки деревинно-чагарникових насаджень у зонах яроутворення і лісосмуг по границях сівооборотних ділянок, створення водозатримувальних пристроїв, глибокого об'ємного розпушування.

Стокорегулюючі споруди на території, що захищається, повинні забезпечувати відведення поверхневого стоку в гідрографічну мережу або у водоприймачі.

Перехоплення і відведення поверхневих вод слід здійснювати застосуванням обвалувань, що обгороджують, у сполученні з нагорними каналами. Крім того, при захисті територій родовищ корисних копалин проект стокорегулюючих споруд повинен відповідати вимогам «СНиП 2.06.14-85. Защита горных выработок от поверхностных и грунтовых вод».

Руслорегулюючі споруди на водотоках, розташованих на захищених територіях, повинні бути розраховані на витрату води під час повені при розрахункових рівнях води, забезпечення незатоплюваності території, розрахункової обводненості русла ріки і виключення висушення заплавних територій. Крім того, ці споруди не повинні порушувати умов забору води в існуючі канали, змінювати твердий стік потоку, а також режим пропуску льоду і шуги.

Захист територій від техногенного затоплення мінералізованими водами за допомогою поглинаючих шпар і колодязів допускається здійснювати у виняткових випадках і при дотриманні вимог та умов основ законодавства про надра з дозволу контролюючих органів.

Склад захисних споруд на підтоплених територіях слід призначати залежно від характеру підтоплення (постійного, сезонного, епізодичного) і величини завданого ним збитку. Захисні споруди призначені для усунення основних причин підтоплення відповідно до вимог чинних нормативних документів.

При виборі систем дренажних споруд повинні бути враховані форма і розмір території, що вимагає дренування, характер руху ґрунтових вод, геологічна будова, фільтраційні властивості та ємнісні характеристики водоносних шарів, область поширення водоносних шарів з урахуванням умов живлення і розвантаження підземних вод, визначені кількісні вели-

чини складових балансу ґрунтових вод, складений прогноз підйому рівня ґрунтових вод і зниження його при здійсненні захисних заходів.

На основі водобалансових, фільтраційних, гідродинамічних і гідравлічних розрахунків, а також техніко-економічного порівняння варіантів слід робити вибір остаточної системи дренування територій. При цьому застосування обраних захисних заходів від підтоплення не повинно призводити на забудованих територіях або у прилеглій до них зоні до негативних наслідків.

При розрахунку дренажних систем необхідно дотримуватись вимог і визначати раціональне місце їх розташування і заглиблення, що забезпечує нормативне зниження ґрунтових вод на захищених територіях.

На територіях, що захищені від підтоплення, залежно від топографічних і геологічних умов, характеру і щільності забудови, умов руху підземних вод з боку вододілу до природного або штучного стоку слід застосовувати одно-, дво-, багатолінійні, контурні та комбіновані дренажні системи.

При реконструкції і посиленні існуючих систем захисних споруд від підтоплення необхідно враховувати ефект осушення, що досягається існуючими дренажними пристроями.

9.4.3 Обвалування територій

Загальну схему обвалування захищеної території на всьому протязі знижених відміток її природної поверхні слід вибирати на підставі техніко-економічного зіставлення варіантів з урахуванням вимог загальнодержавних і відомчих нормативних документів і стандартів.

Для захисту затоплюваних територій слід застосовувати два види обвалування: загальне і по ділянках.

Загальне обвалування території доцільно застосовувати за відсутності на захищеній території водотоків, або коли стік їх може бути перекинений у водоймище або в ріку по відвідному каналу, трубопроводу або насосній станції.

Обвалування по ділянках слід застосовувати для захисту територій, що перетинаються великими ріками, перекачування яких економічно недоцільне, або для захисту окремих ділянок території з різною щільністю забудови.

При виборі варіантів конструкцій дамб обвалування слід урахувати:

– топографічні, інженерно-геологічні, гідрогеологічні, гідрологічні, кліматичні умови району будівництва;

– економічність конструкцій захисних споруд;

– можливість пропуску води в період повеней та літніх паводків;

– щільність забудови території та розміри зон відчуження, що вимагають виносу будов із зон затоплення;

– доцільність застосування місцевих будівельних матеріалів, будівельних машин і механізмів;

– строки зведення споруд;

– вимоги щодо охорони навколишнього природного середовища;

– зручність експлуатації;

– доцільність утилізації дренажних вод для поліпшення водопостачання.

Протиповіневі греблі, дамби обвалування населених пунктів і промислових об'єктів, родовищ корисних копалин і гірничих виробок слід проектувати згідно з вимогами «ДБН.2.4-3:2010. Гідротехнічні споруди», а сільськогосподарських земель – також відповідно до вимог «ДБН.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди».

Перевищення гребеня дамб обвалування над розрахунковим рівнем води водних об'єктів необхідно визначати залежно від класу захисних споруджень відповідно до «ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи та споруди».

Дамба (гребля) – штучне піднесення у вигляді валу, призначене для захисту низовин у долинах річок і морського узбережжя від затоплення або для регулювання русла річки. Споруджуються греблі переважно з ґрунту, каменю, бетону, а іноді – з деревини, фашин або поєднання цих матеріалів. Греблі також будуються в низьких місцях долин, в болотах і руслах річок, а також уздовж морських берегів, для проведення полотна доріг над водою або ж для гідротехнічних цілей.

Класифікують дамби:

1. За функціями:

– напірні захисні (захисні дамби, призначені для захисту низовин у долинах великих річок і морського узбережжя від затоплення);

– безнапірні (для регулювання русел річок).

2. За матеріалом греблі:

– ґрунтові (за методом зведення поділяються на намивні, насипні та створені за допомогою спрямованого вибуху).

Насипні греблі зводять із місцевих ґрунтів (пісок, супісь, суглинок, камінь) висотою від 15 до 150 м. Насипні греблі мають трапецієподібний поперечний переріз (рис. 9.2). Верхня кромка укосу називається *брівка* (або *зріз*), а нижня – *підошва*. У товщині греблі розташовується водонепроникний бар'єр (наприклад, бетонна куліса). Для захисту укосів насипних гребель від розмивання хвилями застосовують залізобетонні плити, шар каменю, асфальтобетон, рослини… Обов'язковим елементом насипної греблі є дренаж.

– кам'яні та кам'яно-земляні (характеристики, в основному, такі ж, як у насипних ґрунтових гребель);

– бетонні та залізобетонні (за конструктивними ознаками: гравітаційні, контрфорсні, арочні). Такі греблі зводять висотою від 45 м та вище;

– дерев'яні (з деревини хвойних порід) висотою від 2 до 8 м;
– зі спеціальних штучних матеріалів.

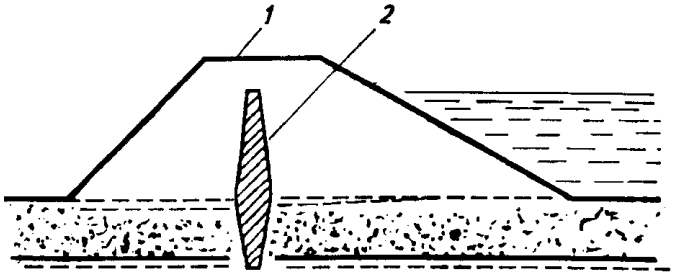


Рисунок 9.2 – Схема насипної греблі: 1 – тіло греблі; 2 – бетонна куліса

<u>3. За способом сприйняття навантажень:</u>

– гравітаційні – ґрунтові, кам'яні або бетонні греблі, стійкість яких по відношенню до сил зсуву забезпечується силами тертя у підошві, пропорційними власній вазі греблі (рис. 9.2). Використовуються на скельних та нескельних основах. Поперечний профіль – трикутний або трапецієподібний. Недоліком вважають невиправдано високий запас міцності та перевитрату будівельних матеріалів;

– контрфорсні – бетонні або залізобетонні греблі, в яких тиск води *верхнього б'єфа* сприймається напірним перекриттям, передається контрфорсам і через них – підошві (рис. 9.3). Застосовуються на міцних основах;

– арочні – залізобетонні греблі, криволінійні у плані, звернуті опуклістю у бік верхнього б'єфа. Арочні греблі – тонкостінні конструкції, міцність яких забезпечується передачею горизонтального тиску води берегам або уступам. Це найлегші греблі. Вони застосовуються на скельних основах;

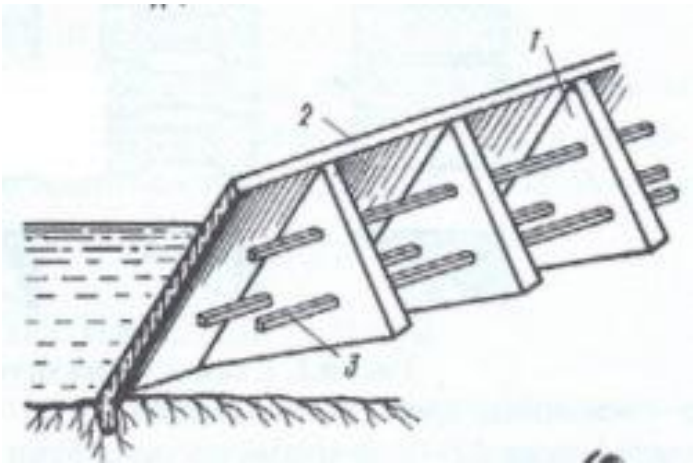


Рисунок 9.3 – Схема контрфорсної греблі: 1 – контрфорс; 2 – плита; 3 – балки жорсткості

4. За способом пропускання води:

– глухі – в яких немає пристроїв для пропуску води у *нижній б'єф*;

– фільтрувальні – кам'яні греблі, які забезпечують пропуск води у *нижній б'єф* тільки за рахунок фільтрації потоку крізь тіло греблі;

– водозливні – мають водозливи для пропуску води у *нижній б'єф* (рис. 9.4). Розрізняють водозливні греблі без затвора, із затвором та *переливні греблі*.

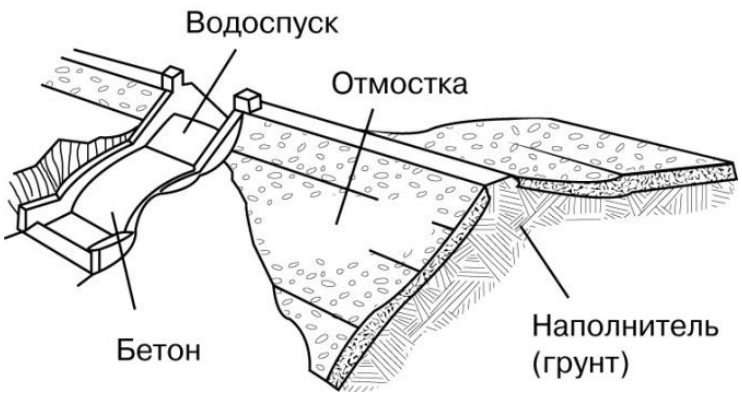


Рисунок 9.4 – Водозливна гребля

5. За термінами зведення:

- постійні;

- тимчасові (наприклад, дамби з мішків з піском на час повеней, для відведення водного потоку на час проведення будівельних робіт у руслі річки).

9.5 Забезпечення будівництва на підтоплюваних територіях

Для забезпечення будівництва на потенційно підтоплюваних територіях слід передбачати інженерний захист як систему профілактичних заходів, до якої належать:

а) інженерна підготовка територій – організація рельєфу, влаштування постійних і тимчасових водостоків і доріг із водовідведенням;

б) штучне підвищення поверхні територій або дамби обвалування (проектна відмітка повинна забезпечувати необхідну норму осушення);

в) локальні засоби інженерного захисту

– пластові, пристінні та кільцеві дренажі;

– горизонтальні та вертикальні дренажі для запобігання баражному ефекту для фундаментів будівель і споруд;

– організація стоку дощових і талих вод із дахів;

г) попередження витоків з водонесучих комунікацій і ємностей з рідинами – супутні дренажі та інші спеціальні заходи.

У разі необхідності здійснення будівництва на потенційно підтоплюваних територіях дотримуються принципів:

1. Надійність фундаменту – опори фундаменту на ґрунт, який не розмивається і не розчиняється водою. Або застосування пальових фундаментів.

2. Надійна гідроізоляція фундаменту і підвалу зі всіх сторін.

3. Використання корозійно стійких будівельних матеріалів у фундаменті та цокольній частині будівель.

4. Штучне підвищення поверхні території забудови та зміцнення основ фундаментів.

5. Улаштування дренажів та водостоків для швидкого відведення води.

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть поняття «території з просідаючими ґрунтами».
2. Наведіть способи підсилення ґрунтів та вимоги до улаштування фундаментів.
3. Наведіть заходи для захисту фундаментів від замочування.
4. Наведіть особливості КР при будівництві у районах з просідаючими ґрунтами.
5. Поясніть поняття «райони з підроблюваними територіями».
6. Наведіть особливості ОПР при будівництві у районах з підроблюваними територіями.
7. Наведіть особливості КР при будівництві у районах з підроблюваними територіями.
8. Поясніть, у чому небезпека підтоплення територій.
9. Наведіть заходи для захисту будівельних об'єктів на підтоплюваних територіях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: навчальний посібник / Васильченко О.В. – Харків, 2007. – 257 с.

2. Васильченко О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – 372 с.

9.6 Забезпечення безпеки об'єктів при загрозі виникнення зсувів

Небезпечне геологічне явище – подія геологічного походження або наслідок дії геологічних процесів, що виникають у земній корі під дією різних природних і геодинамічних факторів або їх комбінацій, які впливають або можуть справити вражаючий вплив на людей, сільськогоспо-

дарських тварин і рослин, об'єкти економіки і навколишнє природне середовище.

До небезпечних геологічних явищ відносять землетруси і *зсуви ґрунту*.

Зсуви ґрунту відбуваються на схилах. Схили можуть бути природними, створеними в результаті дії сил внутрішньої динаміки Землі, і штучними, створеними в результаті інженерної діяльності людей.

До штучних схилів відносяться *укоси насипу*, *греблі, виїмки, борти кар'єру* та ін.

Стійкість кожного схилу залежить від його:

– висоти;
– крутизни;
– форми;
– геологічної структури;
– від характеру циркуляції в його масиві підземних вод.

Розрізняють три основних види геологічно небезпечних зсувів ґрунту:

– обвали;
– осипи;
– зсуви.

Обвал – відрив і падіння великих мас гірських порід на крутих і обривистих схилах гір і морському узбережжі, які виникають, головним чином, за рахунок ослаблення зв'язування гірських порід під впливом процесів вивітрювання, діяльності поверхневих і підземних вод.

Обвали виникають на порівняно крутих схилах, з ухилом до горизонту 25–30°, що, як правило, виникає в гірських місцевостях, де пласти зібрані у складки і поставлені під різними кутами до горизонту.

Обвали відбуваються під дією поштовху, викликаного атмосферними явищами (бурями, сильними зливами) або землетрусом.

Осипи є результатом скупчення в нижній частині схилу продуктів опадання і делювіального зносу: щебеню, жорстви, піщано-глинистих мас і т.д.

Поверхня осипу має нахил, що відповідає куту природного укосу продуктів наносу в сухому стані. У міру накопичення делювія (наноси, які утворюються біля підніжжя і на нижніх частинах схилів висот внаслідок змивання зруйнованих гірських порід із верхніх частин цих схилів дощовими потоками і талими сніговими водами), в разі його зволоження або перезволоження, осип швидко переміщається вниз до настання рівноваги. Такі переміщення називаються *основами*. При цьому поверхня осипу викладається під кутом, який відповідає куту природного укосу делювіальної маси у водонасиченому стані.

Зсув – переміщення мас гірських порід по схилу по зволоженому водою водотривкому шару під впливом власної ваги і додаткового навантаження внаслідок підмиву схилу, перезволоження, сейсмічних поштовхів та інших процесів.

Зсуви в основному формуються на зволожених ділянках і виникають за крутизни схилу 10° і більше. На глиняних сильнозволожених ґрунтах можуть виникнути і за крутизни 5–7°.

Зустрічаються зсуви довжиною 0,5–2,5 км та шириною 0,3–1,5 км.

Гірські маси, які зміщуються при зсуві, називають *тілом зсуву*. Поверхня, по якій відбувається зміщення, називається *поверхнею (площиною) ковзання* або *поверхнею зсуву* (рис. 9.5).

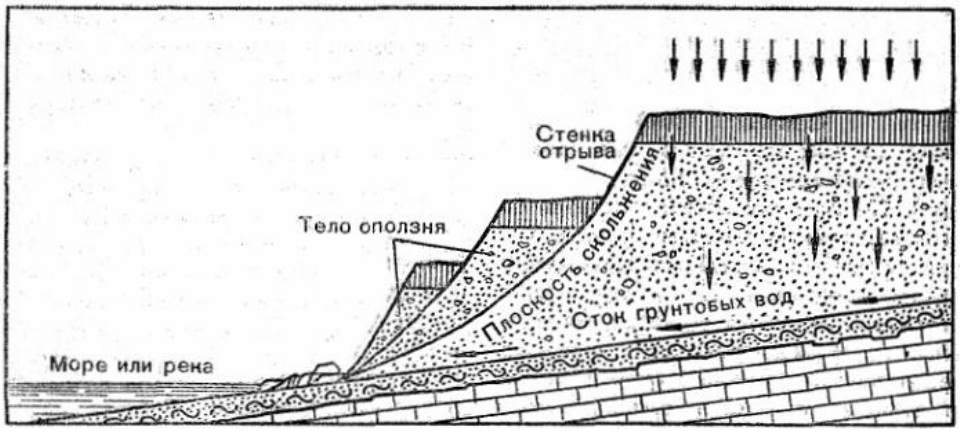


Рисунок 9.5 – Схема утворення зсуву

Деляпсивні зсуви починаються в нижній частині схилу (наприклад, внаслідок підмиву його річкою, озером або морем, а також при штучному підрізу схилу), а потім поступово поширюються вгору по схилу, викликаючи послідовне зісковзування нових його частин. Деляпсивний зсув вільно зісковзує, не маючи перед собою перешкоди руху. Характерною рисою цих зрушень є розташування підошви зсуву і поверхні зрушення вище підошви схилу.

Детрузивні зсуви спочатку виникають у верхній частині схилу, наприклад, внаслідок збільшення тиску і утворення тріщини відколу. Відірвавшись, масив рухається вниз, штовхаючи перед собою породи, розташовані нижче по схилу. Попереду детрузивного зсуву розташовується упор або контрфорс у вигляді масиву, який сповз раніше.

Фактично часто обидва типи об’єднані в одному зсуві. Передні частини масиву, що сповзає, завжди відчувають велике тертя і можуть рухатися тільки під напором верхньої частини блоку. Це детрузивна частина зсуву. У ній породи дробляться тріщинами, наповзають одна на одну,

мнуться у складки. Під напором зсувних мас породи, що складають прилеглу ділянку дна долини, також спучуються у вигляді складок, утворюючи бугор випирання.

Порушення стійкості схилу

Порушення стійкості схилу може зумовлюватися різноманітними причинами. Першопричиною порушення стійкості можуть бути:

– тектонічні процеси;

– сейсміка;

– діяльність поверхневих і підземних вод;

– процеси корозії та дефляції;

– інженерна діяльність людей.

Тектонічні процеси порушують структуру схилу. У скельних породах, що складають схил, утворюються тріщини.

Процеси корозії та дефляції перетворюють скельні породи, що складають схил, в нескельні, порушують структурні в'язи маси, що вивітрюється, з материнською породою.

Діяльність підземних вод при порушенні стійкості схилів є різноманітною. Протікаючи в надпідошвених шарах, потік підземних вод може стати причиною розчинення і виносу частинок порід припідошвеного прошарку.

Інженерна діяльність людей також впливає на утворення зсувів. Розробка виїмок і кар'єрів створює штучні схили (укоси), стійкість яких зумовлена тими ж законами, що і стійкість природних схилів.

Зовнішні ознаки утворення зсуву (рис. 9.6):

– наявність на схилі тріщин, розташованих нормально до напрямку руху зсуву (тріщини відриву), в поєднанні з тріщинами, паралельними цьому напрямку або розташованими відносно нього під гострим кутом (тріщини сколювання);

– закинутість голов прошарків у зворотний бік;

– горблення поверхні схилів;

– зміна режиму підземних вод (джерел);

– деформації різних споруд, поява тріщин на стінках будівель, перекоси і викривлення дверних блоків, нахил огороджувальних стовпів біля доріг, руйнування водопровідних, каналізаційних систем;

– наявність хаотично нахиленого «п'яного лісу»;

– звукові явища.

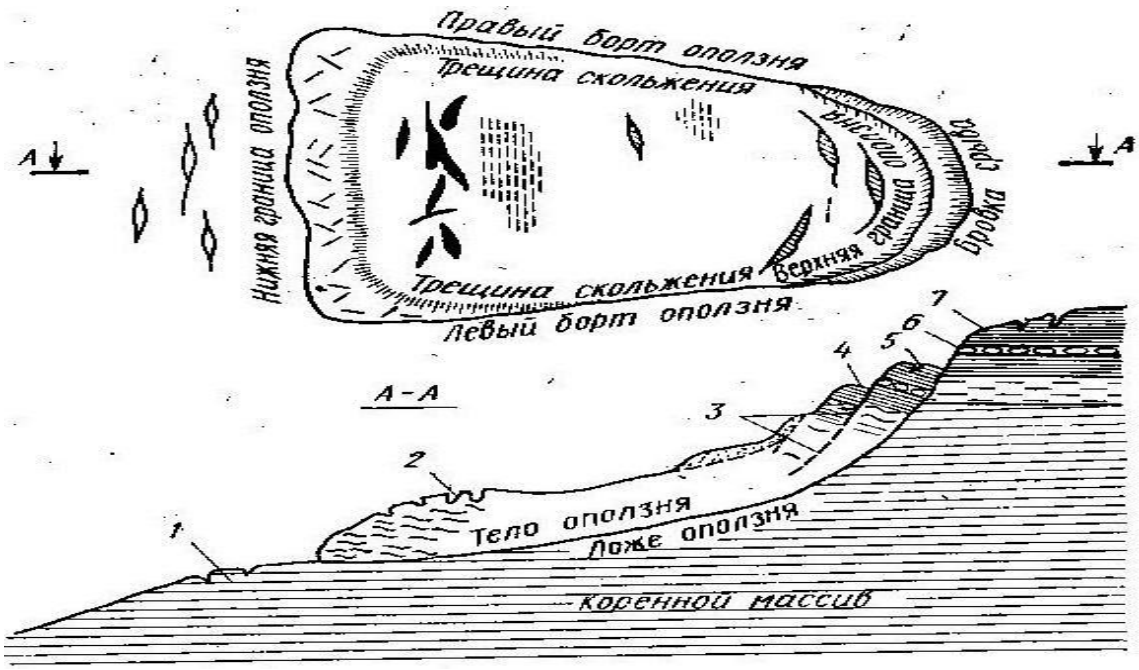


Рисунок 9.6 – Схема загальної будови і окремих елементів зсуву інсеквентного типу:

1 – деформація основи зсуву; 2 – тріщини спучування; 3 – дзеркала ковзання; 4 – зсувні ступені; 5 – тріщина розриву; 6 – стінка зриву; 7 – брівка скидання

Основні параметри зсувів

Зсуви (обвали) характеризуються такими параметрами:

– типом порід;
– вологістю цих порід;
– швидкістю руху зсуву на схилі;
– об'ємом порід;
– зміщенням при зсувах;
– максимальною довжиною зсуву на схилі.

За потужністю зсувного процесу від кількості порід, які залучаються до процесу, зсуви поділяються на:

– малі (до 10 тис. м^3);
– середні (від 11 до 100 тис. м^3);
– великі (від 101 до 1000 тис. м^3);
– дуже великі (від 1001 тис. м^3).

Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів

Протизсувний захист – комплекс охоронних, обмежувальних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на запобігання виникненню і розвитку зсувного процесу, захист людей і територій від зсувів, а також своєчасне інформування органів виконавчої влади або місцевого самоврядування і населення про загрозу виникнення зсуву.

Зсувонебезпечна територія – ділянка схилу, де зсувні деформації можуть проявлятися під дією природних або техногенних факторів.

Основним нормативним документом при проектуванні, організації будівництва та експлуатації інженерного захисту територій, будівель і споруд від зсувних і обвальних процесів є «ДБН В.1.1-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення».

Інженерний захист від зсувів і обвалів – комплекс інженерних споруд, інженерно-технічних, організаційно-господарських та соціально-правових заходів, що забезпечують захист територій і об'єктів, що регулюють гравітаційні процеси на схилах і запобігають їх негативним проявам.

Об'єкти інженерного захисту – окремі споруди інженерного захисту, які забезпечують захист об'єктів, населених пунктів, сільськогосподарських земель або природних ландшафтів від зсувів або обвалів.

Зсувний тиск – різниця між зрушувальним і затримувальним зусиллями в об'ємі земних ґрунтів, розташованих вище затримувальної споруди на сформованій поверхні ковзання, або в зоні деформованого горизонту.

Метою інженерного захисту об'єктів є запобігання, усунення або зниження до допустимого рівня негативного впливу на об'єкти діючих і потенційно можливих небезпечних геологічних процесів.

Інженерний захист об'єктів повинен забезпечувати:

– загальну стійкість територій;

– безпечне проживання людей;

– надійне і безперебійне функціонування та розвиток об'єктів, а також зон відпочинку;

– збереження заповідних зон, ландшафтів, історичних пам'ятників та ін.;

– нормативні санітарно-гігієнічні, соціальні та рекреаційні умови територій, які захищаються;

– належне архітектурне оформлення споруд інженерного захисту;

– економічно обґрунтоване раціональне використання земель і природних ресурсів, об'єктів із дотриманням законодавчих вимог щодо охорони навколишнього середовища.

До основних засобів інженерного захисту об'єктів відносяться:

– затримувальні і підтримувальні споруди (фундаменти);

– фундаменти, які обтікають зсувні маси;

– уловлюючі протиобвальні споруди та галереї;

– берегозахисні споруди;

– дренажі глибокого закладання;

– зміна рельєфів схилів.

До допоміжних засобів інженерного захисту об'єктів відносяться:

– затримувальні протиобвальні заходи;

– берегозахисні споруди;

– регулювання стоку поверхневих вод, захист поверхонь схилів від інфільтрації зливових і талих вод у грунт і ерозійних процесів;

– дренажі мілкого закладення, застійні дренажі та каптажі;

– агролісомеліорація;

– хімічне закріплення ґрунтів зсувної зони.

Заходи та види спеціальних протизсувних споруд

І. Боротьба з підмивом схилу:

1. Пасивний захист (заходи, що не змінюють режиму водойми або водотоку):

– будівництво стінок набережних, хвилевідбійних стін;

– покриття схилів залізобетонними плитами, вимощення, фашини, габіони;

– штучні пляжі;

– утримування колекторів або лотків і швидкотоків у ярах і т.д.

2. Активний захист (заходи, що впливають на режим водойми або водотоку):

– поперечні буни і поздовжні хвилерізи на берегах водойм;

– струменеспрямувальні дамби;

– відведення водотоків, випрямлення русел тощо.

ІІ. Перебудова схилів і укосів:

– зменшення крутизни схилу;

– зрізання верхньої частини, створення берм;

– терасування;

– насипання банкетів, контрабанкетов і земляних траверсів;

– прибирання сповзаючих ґрунтів;

– заміна ґрунту;

– засипання ярів і т.д.

ІІІ. Механічне утримання сповзаючих мас:

– підпірні стіни;

– шпонки;

– анкерні в'язи;

– контрфорси;

– зворотні склепіння у виїмках;

– ін'єкційні перешкоди.

IV. Заходи по дренуванню горизонтів підземних вод:

1. Постійне осушення і зниження рівня (самопливні дренажі):

а) перехоплення підземних вод до їх виходу на зсувний схил;

б) каптаж виходів підземних вод на схилі;

в) осушення тіла зсуву, зміна напрямку гідродинамічного тиску, зниження рівня підземних вод у тілі зсуву.

2. Тимчасове осушення – відкачування, іглофільтри, електродренаж.

V. Регулювання поверхневого стоку:

1. Зведення споруд, які перехоплюють поверхневі води до їх надходження на зсув, різноманітні нагірні канави.

2. Заходи щодо організації та прискорення стоку по поверхні зсуву – забивання тріщин, мікропланування, випуск води з безстічних знижень, улаштування водостічної мережі на зсуві.

VI. Зміцнення схилів і укосів рослинністю – укриття дерном, посів трав, посадка спеціальних сортів дерев і чагарників.

VII. Покриття укосів одягом зберігає від вивітрювання, що зменшує інфільтрацію, різноманітні облицювання, покриття із ґрунтобетону, шлаку, бітуму; бітумізація і солонцювання ґрунту.

VIII. Зміна властивостей ґрунтів – штучне закріплення або меліорація ґрунтів:

1. Постійна (необоротна) зміна властивостей – випал або клінкерування (за температури >800 ^{o}C), цементація і бітумізація в тріщинуватих великопористих породах, силікатизація пісків, електрохімічне закріплення глин.

2. Тимчасова зміна властивостей – заморожування, електродренаж, прогрів до температури 200–300 °C (просушування) і т.п.

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть, чим відрізняються обвал, осип і зсув.
2. Назвіть причини порушення стійкості схилу.
3. Назвіть ознаки освіти зсуву.
4. Поясніть, що таке інженерний захист від зсувів і обвалів.
5. Назвіть мету і засоби інженерного захисту об’єктів від зсувів.
6. Назвіть основні протизсувні заходи.
7. Назвіть види спеціальних протизсувних споруд.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник / За ред. В.Г. Цапка. – 4-те вид., перероб. і доп. – К.: Знання, 2006. – 397с.

2. ДБН В.1.1-3-97. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення.

ЛЕКЦІЯ 10
ВПЛИВ КОРОЗІЇ ТА РАДІАЦІЇ НА БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

План:

10.1. Вплив корозії на будівельні конструкції

10.1.1. Класифікація корозійних процесів

10.1.2. Корозія кам'яних, бетонних і залізобетонних конструкцій

10.1.3. Методи захисту від корозії будівельних конструкцій з бетону і залізобетону

10.1.4. Корозія та захист металевих елементів і конструкцій

10.2. Вплив радіації на конструкції будівель

10.2.1. Радіаційна стійкість матеріалів

10.2.2. Джерела випромінювань

10.2.3. Взаємодія випромінювань з речовиною

10.2.4. Вплив радіації на неорганічні матеріали

10.2.5. Вплив радіації на органічні матеріали

10.1 Вплив корозії на будівельні конструкції

10.1.1 Класифікація корозійних процесів

Термін *"корозія"* характеризує як процес руйнування, так і результат цього процесу. В більшості випадків, кажучи про корозію матеріалів, мають на увазі небажаний процес взаємодії матеріалу із середовищем. Середовище, в якому матеріал піддається корозії (кородує), називається *корозійним, або агресивним середовищем.*

Руйнацію матеріалу конструкцій під впливом навколишнього середовища називають *корозією*, якщо вона супроводжується хімічним, фізико-хімічним або електрохімічним процесами; чи *ерозією*, якщо руйнація супроводжується механічними діями потоків повітряного середовища, рідин, твердих пилоподібних часток, а також при кавітаційних явищах.

Будь-який корозійний процес є багатостадійним. Виділяють три основні стадії будь-якого корозійного процесу:

1. Наближення корозійного середовища або його окремих компонентів до поверхні об'єкта: будівельних матеріалів, виробів, конструкцій.
2. Взаємодія корозійного середовища з об'єктом.
3. Повне або часткове відведення продуктів корозії від поверхні об'єкта.

Нерідко відбуваються одночасно корозійні процеси різних видів.

І. За природою і механізмом гетерогенних процесів взаємодії навколишнього середовища з матеріалами ці процеси можна розділити на хімічні, електрохімічні, фізичні, біологічні, змішані або суміщені.

1. *Хімічна корозія* – взаємодія матеріалу з корозійним середовищем, при якій відбуваються хімічні процеси (окислення, відновлення) в одному акті за відсутності електролітів (рис. 10.1).

2. *Електрохімічна корозія* – руйнування матеріалів під впливом розчинів електролітів. При цьому відбуваються два процеси – окислювальний (розчинення металу) і відновлювальний (виділення водню, відновлення кисню, виділення металу з розчину та ін.). Процеси розчинення металу супроводжуються направленим переміщенням електронів у металі та іонів у електроліті від одних ділянок металу до інших, тобто виникненням електричного струму. Ділянка металу, яка розчиняється, називається *анодом*; ділянка металу, на якій відбувається розряд надлишкових електронів, – *катодом* (рис. 10.1). Електрохімічна корозія металів спостерігається у вологій атмосфері, річковій, морській воді.

3. *Фізична корозія* – руйнування цілісності виробу або конструкції без протікання хімічних реакцій у матеріалі; наприклад, тріщини в результаті внутрішніх або динамічних напруг.

4. *Біологічна* корозія – руйнування матеріалу або виробу під впливом біологічних організмів (бактерій, грибів, рослин, комах і т.д.).

При *змішаному* типі корозії відбувається накладення і взаємне посилення корозійних процесів різного типу.

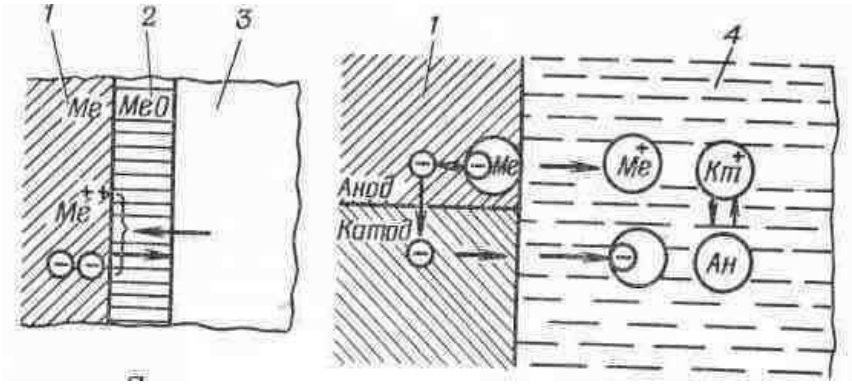


Рисунок 10.1 – Принципові схеми хімічної та електрохімічної корозії металу:

1 – метал; 2 – оксид металу; 3 – повітряне середовище; 4 – електроліт

II. За умовами протікання (або **типом агресивного середовища)** корозійні процеси можуть розрізнятися:

1. *Газова* корозія – протікає в середовищі агресивного газу. Приклад – корозія металів за високих температур.

2. *Атмосферна* корозія – корозія в повітряній атмосфері, звичайно у вологому середовищі або в середовищі іншого вологого газу. За відсутності вологи атмосферна корозія переходить у газову.

3. *Рідинна* корозія – протікає в різноманітних рідких середовищах – електролітах (розчини кислот, лугів, солей, морська, річкова вода,

розплави солей і т.д.). Умови протікання рідинної корозії можуть бути дуже різноманітними.

4. *Ґрунтова* корозія – корозія у ґрунтах.

5. *Корозія під впливом зовнішніх і блукаючих струмів.*

6. *Корозія при терті* або під напругою – руйнування матеріалу при сумісному впливі корозійного середовища і механічних напруг, тертя, вібрації і т.д.

7. *Структурна* корозія – *корозія* в результаті структурної неоднорідності матеріалів.

8. *Контактна* корозія – сполучення електрохімічно неоднорідних матеріалів у електропровідному середовищі. Прикладом може бути прискорене руйнування металу при його контакті з іншим металом, що має більший потенціал. Можна виділити й інші види корозії.

III. За характером корозійного руйнування корозія буває *суцільна (загальна)* або *місцева.*

При *суцільній корозії* кородує вся поверхня матеріалу. Вона відповідно ділиться на *рівномірну, нерівномірну, вибіркову* (корозійний процес поширюється переважно по якій-небудь структурній складовій), як показано на рис. 10.2.

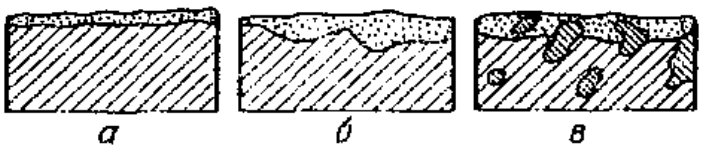


Рисунок 10.2 – Види суцільної корозії:

а – рівномірна; б – нерівномірна; в – структурно-вибіркова

Місцева корозія є найбільш небезпечним видом корозії металевих конструкцій. Вона погано виявляється і часто є причиною серйозних руйнувань. Місцева корозія буває (рис. 10.3):

– *плямами,* коли діаметр ураження більший за глибину;

– *крапкова (пітинг),* коли діаметр ураження є меншим за глибину проникання;

– *виразками,* коли діаметр ураження приблизно дорівнює глибині проникання;

– *щілинна;*

– *ниткоподібна;*

– *міжкристалітна (ножова),* коли руйнування зосереджене по границях кристалу;

– *наскрізна.*

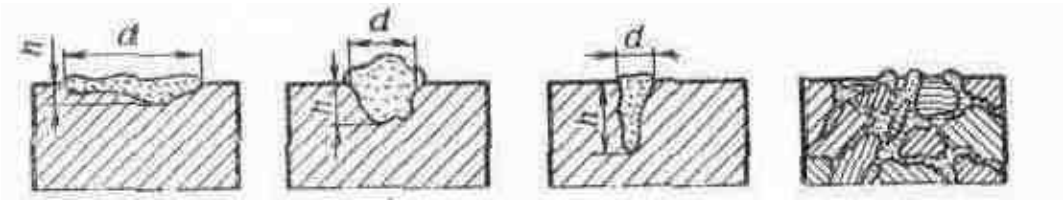
Кількісні показники корозії ґрунтуються на змінах фізичних величин або фізико-механічних властивостей виробів у результаті протікання корозійних процесів. Найбільш часто вживані показники корозії:

– глибинний – визначення середньої (або максимальної) глибини корозійного руйнування матеріалу, мм/рік;

– зміна товщини плівки продуктів корозії, мм/рік;

– зміна маси або об'єму зразка, г/(м^2·г) або см^3/(см^2·г);

– показник міцності корозії – зміна межі міцності при розтягуванні (стисненні) за час корозії, %;



а *б* *в* *г*

Рисунок 10.3 – Види місцевої корозії металів:

а – корозія плямами; *б* – виразкова корозія; *в* – крапкова корозія; *г* – міжкристалітна корозія

Фундаменти будівель контактують із мінералізованими ґрунтовими водами, здебільшого забрудненими промисловими стоками, які заповнюють пори твердої речовини скелета ґрунту, розчиняють гази, які знаходяться в цих порах. Корозійні процеси більш агресивно протікають у рідкому агресивному середовищі. По відношенню до сухих матеріалів конструкцій газоподібне середовище, яке має пиловидні тверді частини, не агресивне. Однак поверхня елементів будівель практично завжди містить у собі адсорбовану із атмосферного повітря вологу, внаслідок чого на ній утворюється тонкий шар насиченого розчину мінеральних речовин, агресивного по відношенню до матеріалу будівельних конструкцій та інженерних систем.

Ступінь агресивного впливу середовища на будівельні конструкції характеризується середньорічною втратою надійності в зоні корозії, а також швидкістю руйнування матеріалу.

Середньорічну швидкість руйнування поверхні шару матеріалу і зниження його надійності в зоні корозії визначають за даними натурних обстежень протягом кількох років (не менше трьох).

Інтенсивність корозійних процесів будівельних конструкцій залежить не тільки від ступеня впливу газового середовища, але і від щільності їх матеріалу. Більш піддатливі газовій корозії пористі матеріали (вапняки, бетони, цегляні конструкції та ін.) Щільні матеріали

(метали, вивержені кам'яні породи і т.под.) кородують переважно із зовнішньою поверхнею.

Швидкість розчинення металу при рівномірній корозії визначають за зміною маси зразка, віднесеної до одиниці поверхні ($м^2$, $см^2$) і до одиниці часу (година, доба, рік і т.д.). Дані зміни маси переводять на так званий *глибинний показник*, що характеризує зменшення товщини металу з мм/рік. Розрахунок ведуть за формулою:

$$\Pi = \frac{8{,}76 \cdot K}{\gamma}, \qquad (10.1)$$

де П – глибинний показник корозії, мм/рік; K – швидкість корозії, г/($м^2$·ч); γ – щільність металу, г/$см^3$.

Корозійна стійкість металів і сплавів оцінюється відповідно до «ГОСТ 9.908-85. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости» по глибинному показнику корозії.

10.1.2 Корозія кам'яних, бетонних і залізобетонних конструкцій

Основні конструкції сучасних будівель і споруд виконуються з бетону, залізобетону чи цегли. Найбільш відповідальні капітальні та довговічні споруди – залізобетонні. Передчасне їх руйнування, втрата ними герметичності, теплозахисту та інших експлуатаційних якостей призводить до небажаних наслідків. Тому захист від корозії всіх конструкцій з кам'яних матеріалів, з метою забезпечення розрахункових термінів їхньої служби і підтримки необхідних експлуатаційних якостей будівель і споруд, має важливе практичне значення.

Корозія кам'яних будівельних конструкцій полягає в руйнуванні природного, штучного (цементного або бетонного) виробу в результаті впливу фізичних або хімічних чинників.

Всі причини корозії будівельних матеріалів можна розділити на дві великі групи:

<u>І. Зовнішні причини і чинники корозії.</u> До них відносяться:

1. Зміни температури (сезонні та денні коливання);
2. Процеси зволоження і висихання, осідання;
3. Механічні дії (вивітрювання, удари хвиль у гідротехнічних спорудах, стирання, динамічні навантаження);
4. Хімічна дія зовнішнього середовища (газовий склад повітряного середовища, водні розчини електролітів, волога, органічні сполуки). Газова і рідинна корозія в кам'яних будівельних матеріалах протікає під впливом рідких і газоподібних агресивних середовищ, що містять наступні основні катіони і аніони:

– при газовій корозії: CO_2, H_2S, NH_4 та ін.;

– при рідинній корозії: Mg^{2+}; Na^{+}; Al^{3+}; H^{+}; Cu^{2+}; Fe^{2+}; Fe^{3+}; OH^{-}; SO_4^{2-}; CO_3^{2-}; HCO^{3-} .

5. Біологічна корозія (корозія під впливом бактерій, мікроорганізмів, цвілевих грибів та інших біологічних руйнівників).

<u>II. Внутрішні причини корозії та руйнування</u> зумовлені хімічною будовою матеріалу, його природою і складом. До ним відносяться:

1. Водопроникність матеріалів будівельних виробів і конструкцій;
2. Взаємодія лугів цементу із кремнеземом заповнювача в бетонах і цементних каменях;
3. Внутрішні напруги (структурна корозія);
4. Зміни об'єму через відмінності температурного розширення цементного каменя;
5. Корозія унаслідок наявності у складі бетонів ПАВ, пластифікуючих добавок та ін.

Чинники, що впливають на корозійні процеси, можна розділити на дві групи: фізичні та хімічні.

I. Фізичні чинники:

1. Температурні коливання середовища;
2. Вологісні коливання середовища;
3. Кристалізація солей у порах і капілярах;
4. Підняття агресивного середовища всередину бетону за рахунок осмотичного тиску.

II. До хімічних чинників корозії кам'яних і бетонних матеріалів відносяться:

l. Хімічна дія агресивних середовищ: водного, газоподібного, органічних речовин.

2. Хімічна природа бетонів.

Класифікація агресивного впливу різних речовин і процесів на бетони та залізобетон за загальними ознаками дає змогу виділити три основні види корозії бетону.

<u>Перший вид</u> корозії включає процеси, що виникають у бетоні при дії рідких середовищ, здатних розчиняти компоненти цементного каменю. Складові частини цементного каменю розчиняються і виносяться зі структури бетону. Особливо інтенсивно ці процеси відбуваються при фільтрації води через товщу бетону. Корозія першого виду достатньо широко розповсюджена в гідротехнічних і підземних спорудах, конструкціях градирень та інших бетонних елементах, прісних вод, що піддаються безперервній або поперемінній дії.

<u>Другий вид</u> корозії включає процеси, при яких відбуваються хімічні взаємодії – обмінні реакції – між компонентами цементного каменю та агресивного середовища; продукти реакції, що утворюються, або легко

розчиняються і виносяться зі структури в результаті дифузії вологи, або відкладаються у вигляді аморфної маси.

Третій вид корозії включає процеси, при розвитку яких відбувається накопичення і кристалізація малорозчинних продуктів реакції зі збільшенням об'єму твердої фази в порах бетону. Кристалізація цих продуктів створює внутрішні напруги, які призводять до пошкодження структури бетону. Водонасичення бетонів, як правило, призводить до деякого зниження їх міцності (розм'якшення). Окрім розм'якшення, водне середовище, проникаючи в тіло бетону, викликає такі процеси корозії:

– вилуговування розчинних компонентів бетону;

– утворення розчинних сполук або продуктів, що не мають в'яжучих властивостей, в результаті обмінних реакцій між компонентами цементного каменю і рідким агресивним середовищем;

– утворення і накопичення в бетоні малорозчинних солей, що характеризуються збільшенням об'єму при переході у тверду фазу.

Окрім вказаних трьох видів корозії, окремо виділяються електро- і біокорозія.

Електрокорозія включає процеси розчинення металевого анода, утворення гідратних сполук заліза, що викликає деструкцію бетону. Електрокорозія залізобетону викликає руйнування підземних і надземних конструкцій та споруд комунального господарства, залізничного транспорту, об'єктів енергетики, промислових підприємств, що споживають постійний електричний струм. Результат впливу блукаючих струмів на залізобетон – корозія металевої арматури і бетону, що викликає утворення тріщин і надалі руйнування всієї конструкції.

Біологічній корозії можуть піддаватися бетони і будівельні розчини будівель і споруд м'ясної, цукрової, молочної, кондитерської та інших галузей промисловості. Бактерії, гриби і деякі водорості здатні розвиватися на конструкціях з бетону і проникати в капілярно-пористу структуру матеріалу. Продукти їх метаболізму (органічні кислоти і луги) руйнують, особливо в умовах високої вологості, компоненти цементного каменю.

За своєю структурою штучні кам'яні матеріали (наприклад, бетон) і природні (наприклад, вапняк) подібні – вони складаються з в'яжучої речовини і заповнювача. Процеси їхнього руйнування і методи захисту є аналогічними і тому можуть розглядатися спільно; частіше це стосується бетону.

Кам'яні матеріали за структурою і стійкістю до агресивних середовищ відрізняються від металів, насамперед, високою пористістю (бетони – 10…15 %, вапняки – 15…30 %, кераміка – 5…35 %), що сприяє фільтрації води чи підсмоктуванню конденсації вологи, проникненню агресивних розчинів у конструкцію. Якщо врахувати й іншу їхню особливість – неоднорідний склад, а іноді і конгломератність (будь-який кам'яний матеріал

складається з декількох мінералів і його стійкість визначається найбільш слабким компонентом – в'яжучою речовиною), то стане ясно, що забезпечення стійкості та довговічності кам'яних конструкцій є дуже специфічним і складним завданням. Чим більша пористість матеріалу і більш різнорідний його склад, тим нижче його стійкість в агресивному середовищі. Саме тому такі пористі матеріали, як ракушняк, шлакобетон і т.под. не застосовуються в агресивному середовищі і захист бетонних конструкцій від корозії будується на збільшенні їхньої щільності та водонепроникності, а також на ізоляції від агресивного середовища.

Мінеральні матеріали можна умовно розділити на три групи залежно від поводження в агресивних середовищах.

До **першої групи** відносяться: бетон і залізобетон на портландцементі та його похідних, розчини для кладки і штукатурки, азбестоцементні вироби, силікатна цегла і блоки, а також природний вапняк і доломіт. Ці матеріали містять гідрати чи карбонати кальцію і магнію, мають модуль основності більший за одиницю, а тому мають високу лугостійкість і низьку кислотостійкість.

До **другої групи** відносяться: бетони на рідкому склі з кремнефтористим натрієм, а також кислі природні кам'яні матеріали, що складаються переважно з кремнезему, різних солей кремнієвих і полікремнієвих кислот, алюмосилікатів та ін. Модуль основності цих матеріалів менший за одиницю, і вони мають високу кислотостійкість і низьку лугостійкість. Щільні та міцні кислі вивержені породи (кварц, граніт, діабаз, базальт та ін.) мають високу стійкість не тільки до кислот, але і до лужних агресивних середовищ (за рахунок високої щільності матеріалу) за нормальної температури.

До **третьої групи** відносяться: вироби з обпеченої глини (цегла, керамічні плитки, труби і т.под.), що мають дуже високу кислотостійкість.

Процес руйнування кам'яних матеріалів є дуже складним, тому що залежить від багатьох факторів, що мають перемінний характер. У бетонних конструкціях, залежно від переважних ознак руйнування, корозія підрозділяється на три види: хімічну, фізико-хімічну і фізичну. За наявності арматури і вологи (електроліту) відбувається електрохімічна корозія.

Фізичне (механічне) руйнування бетонних конструкцій відбувається в результаті заморожування і відтавання в них вологи, розклинюючої дії пролитих на бетон олив, емульсій та змащень, кристалізації солей при зволоженні конструкцій мінералізованими водами і наступному

випарі вологи з вільної їхньої поверхні, а також через механічні зовнішні впливи.

Швидкість корозії зростає при одночасному впливі на конструкцію фізико-хімічних і механічних факторів. Процеси корозії та методи захисту від неї є дуже складними і тому нижче розглядаються докладно.

До факторів, що викликають *фізичну* корозію бетонних і залізобетонних конструкцій, відносяться: поперемінне зволоження і висихання матеріалу, що супроводжується деформаціями усадки і набрякання; відкладення розчинних солей у порах цементного каменю; поперемінне замерзання і відтавання бетону та інші температурні впливи. Різниця температур є рушійною силою теплового потоку.

Руйнування будівельних бетонних і залізобетонних конструкцій відбувається також унаслідок поперемінного заморожування і відтавання вологи, що знаходиться в порах і капілярах матеріалу.

До *фізичної корозії* відноситься також руйнування бетону через кристалізацію солей у результаті капілярного підсмоктування і випару мінералізованих вод з бетону за позитивних температур. Фізичну корозію конструкцій може викликати чи сприяти іншим видам корозії вплив на конструкції усіх видів механічних навантажень, особливо вібраційних і циклічних знакоперемінних.

Фізико-хімічна корозія бетонних і залізобетонних конструкцій супроводжується *вилуговуванням*, а також осмотичними і капілярними явищами, що відбуваються в матеріалі конструкцій у результаті рівноваги. При вилуговуванні в матеріалі бетону відбувається розчинення і винос гідроксиду кальцію $Ca(OH)_2$, а після значного зниження його концентрації починається розкладання алітів (високоосновних гідросилікатів кальцію) $3CaO{\cdot}2Si_2{\cdot}3H_2O$ з виділенням гідроксиду кальцію. Тривалий вплив на бетон м'яких вод може привести до повного вимивання гідроксиду кальцію з наступним розкладанням інших гідратних сполук до аморфних пухких гідрантів кремнезему, глинозему і оксиду заліза. Разом з тим часткове вимивання гідроксиду кальцію з бетону чи залізобетону може призвести до значного зниження міцності конструкцій.

Вилужувальний вплив води залежить від виду розчиненої в ній речовини. М'яка вода найбільш інтенсивно розчиняє гідроксид кальцію.

За високої тимчасової жорсткості води в бетоні може утворитися малорозчинний карбонат кальцію, що сприяє підвищенню щільності та корозійної стійкості поверхневих шарів бетону.

Хімічна корозія бетонних і залізобетонних конструкцій викликається контактом матеріалу з кислотами, лугами, розчинами солей, різними органічними сполуками, усіма видами агресивних газів, а також різними мікроорганізмами, що розвиваються на поверхні конструкцій.

Основними показниками агресивності кислот стосовно бетонних конструкцій є водневий показник, а також їхні окисні властивості та те-

мпература. Інтенсивність руйнування кислотами залежить також від розчинності продуктів корозії при їхній взаємодії з матеріалом бетонних конструкцій.

Сильною корозійною активністю володіють сірчана, соляна, азотна та інші неорганічні кислоти. Під дією кислот цементний камінь розкладається, утворюючи кальцієву сіль і аморфні маси.

Руйнують цементний камінь і бетон лляна, бавовняна і тунгова оливи, а також риб'ячий жир, що містять високомолекулярні кислоти жирного ряду.

Розчини лугів викликають інтенсивну корозію бетонних і залізобетонних конструкцій, якщо їхні розчини мають концентрацію, більшу 5000 мг/л.

10.1.3 Методи захисту від корозії будівельних конструкцій з бетону і залізобетону

Захист бетонних, а також кам'яних конструкцій від корозії полягає, з одного боку, у зниженні агресивності середовища, а з іншого боку – у підвищенні стійкості конструкцій, у влаштуванні захисних покриттів чи у спільному застосуванні цих заходів. Захист залізобетонних конструкцій будується, крім того, на зупиненні корозійних струмів, що виникають в арматурі чи на дренажі блукаючих струмів.

Усі методи захисту каменю і бетонів від корозії, згідно «СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии», можна розділити на чотири основні групи:

1. Зниження агресивності середовища.

2. Підвищення корозійної стійкості будівельних виробів. Ці заходи включають:

– підвищення щільності та міцності конструкцій нагнітанням у них розчинів;

– модифікацію матеріалу виробів у сенсі розробки і застосування спеціальних цементів, використання пластифікуючих добавок та інгібіторів корозії, виготовлення особливо щільного бетону. При цьому використовуються активні мінеральні добавки, хімічні та полімерні добавки.

3. Підвищення корозійної стійкості поверхневого шару будівельних виробів. Це досягається обробкою їх поверхні одним із наступних способів:

– *торкретуванням*, яке полягає в нанесенні захисного цементного шару або активованого цементу на очищену бетонну поверхню під тиском стиснутого повітря 0,5…0,6 МПа (5…6 атм);

– *гідрофобізацією*, яка полягає в доданні здатності незмочуваності водою поверхні кам'яних конструкцій;

– *силікатизацією*, яка полягає в нанесенні на конструкцію рідкого скла, а після його висихання – розчину хлориду кальцію;

– *флюатуванням*, що базується на взаємодії вільного вапна і розчинів кремнефтористих солей легких металів (магнію, алюмінію, цинку), які, вступаючи в реакцію з карбонатом кальцію, утворюють нерозчинні продукти, що осідають у порах і ущільнюють конструкції;

– *карбонізацією*, яка полягає в перетворенні гідроксиду кальцію $Ca(OH)_2$ під впливом вуглекислого газу в карбонат кальцію $CaCO_3$, який є більш стійким до зовнішніх дій.

4. Застосування захисних покриттів: глиняного набивання, шарів обмазки, фарбування, штукатурки колоїдним цементним розчином (КЦР), рулонного покриття або шару облицювання.

1. Зниження агресивності середовища

Агресивна дія середовища може бути зменшена шляхом зниження рівня ґрунтових вод чи відведення їх від споруд.

Осушення здійснюється за допомогою дренажу. Нерідко у спорудах доводиться додатково влаштовувати дренаж для захисту їх від впливу агресивних ґрунтових вод і для осушення підвальних приміщень. Дренаж може бути прокладений за межами споруди чи під її підлогою.

2. Підвищення щільності та міцності конструкцій нагнітанням у них розчинів

Ін'єкція розчинів у конструкцію, з метою підвищення їхньої щільності та міцності, може бути здійснена *цементацією* (нагнітання цементного молока), *силікатизацією* (нагнітання рідкого скла) і *смолизацією* (нагнітання синтетичних смол).

Цементація полягає в нагнітанні цементного розчину через пробурені в конструкції отвори, що збільшує її щільність і водонепроникність, а тим самим і корозійну стійкість. Для цементації застосовується розчин цементу і води в пропорції 1:10. Щоб прискорити його схоплювання, у нього вводять хлористий кальцій – не більше 7 % від маси цементу.

Силікатизація відбувається нагнітанням через пробурені в конструкціях отвори (чи іншим способом) рідкого скла, яке, проникаючи в порожнини і пори, заповнює їх. Розчин хлористого кальцію, що уводиться вслід за цим, реагуючи з рідким склом, утворює осад, що ущільнює, із погано розчинного гідросилікату кальцію $CaOSi_2$ і нерозчинний гель кремнезему. Твердіння гідросилікату і кремнезему завершується швидко – за чотири доби.

Смолизація пористого бетону здійснюється шляхом нагнітання водяного розчину карбамідної смоли, що твердіє при додаванні спеціально підібраного отверджувача, не агресивного до бетону (наприклад, щавлевої чи кремнефтористоводневої кислоти).

3. Підвищення корозійної стійкості поверхневого шару конструкцій

Досягається обробкою їхньої поверхні: торкретуванням, гідрофобізацією, силікатизацією, флюатуванням та карбонізацією.

Торкретування полягає в нанесенні захисного цементного шару активованого цементу на очищену бетонну поверхню під тиском стиснутого повітря 5…6 атм. Суміш цементу і піску (у середньому 1:3) готується заздалегідь у розчиномішалці чи вручну. Активований торкрет являє собою суміш вібромолотого цементу і піску, піску та поверхнево-активних добавок. Суха суміш по шлангу подається до сопла, де змочується водою, а потім наноситься на поверхню, яка потребує захисту.

Для прискорення схоплювання і підвищення антикорозійних властивостей захисного шару, в нього вводиться рідке скло. Правда, при цьому він стає менш еластичним і більш крихким.

Створення непроникного шару на поверхні міцних кам'яних матеріалів досягається полірування, що сприяє заповненню пор і порожнин частками каменю, з наступним нанесенням розігрітих парафіну, воску, оліфи.

Гідрофобізація (додання здатності не змочуватися водою) поверхонь цегельних, бетонних та інших конструкцій має на меті захистити їх від атмосферних опадів в умовах підвищеної вологості. Для гідрофобізації будівельних конструкцій використовуються наступні кремнійорганічні полімерні матеріали:

– водяна емульсія ГКЖ-94, яка являє собою 50 % розчин кремнійорганічної рідини ГКЖ-94, що містить у якості емульгатора желатин;

– розчин ГКЖ-94 в уайт-спіриті чи гасі;

– водяний розчин ГКЖ-94, що є сумішшю кремнійорганічних сполук.

Силікатизація поверхневого шару складається з нанесення на конструкцію (головним чином із природних кам'яних матеріалів) рідкого скла, а після його висихання – розчину хлористого кальцію; при цьому відбувається реакція:

$$Na_2OSi_2+CaCl_2=CaSi_2O+2NaCl,$$

у результаті якої утворюється силікат кальцію, що заповнює пори і підвищує стійкість конструкції, та сіль, змивана водою.

Флюатування поверхні конструкцій базується на взаємодії вільного вапна і розчинів кремнефтористих солей легких металів (магнію, алюмінію, цинку), що, вступаючи в реакцію з вуглекислим кальцієм, утворюють нерозчинні продукти, які осідають у порах і ущільнюють конструкцію.

Карбонізація поверхневого шару свіжо приготованого бетону полягає в перетворенні гідрату оксиду кальцію $Ca(OH)_2$ під впливом вуглекислого газу в карбонат кальцію $Ca(CO)_3$, що є більш стійким до зовнішнього впливу.

4. Влаштування захисних покриттів

Одним із методів захисту конструкцій є влаштування або відновлення захисних покриттів: глиняного набивання, шарів обмазки, фарбування, штукатурки КЦР, рулонного покриття чи шару облицювання. Захист конструкцій у цьому випадку ґрунтується на ізоляції їх від агресивного середовища, а тому покриття повинні бути водостійкими і водонепроникними, а в особливих випадках – і механічно міцними. Чим агресивнішим є середовище, тим надійнішим повинен бути захист.

Особливість влаштування ізоляції в агресивному ґрунтовому середовищі, на відміну від звичайної гідроізоляції, полягає в тому, що вона повинна бути хімічно стійкою і наноситися обов'язково із зовнішнього боку конструкції. Захист від впливу внутрішнього агресивного середовища здійснюється із середини споруди, при цьому захищається вся товща конструкції. В умовах експлуатації необхідно найчастіше відновлювати захисні покриття, передбачені проектом; в окремих випадках їх улаштовують знову за спеціально розробленим проектом.

Для улаштування захисних покриттів придатні й такі матеріали, як епоксидні смоли, цементні та бітумно-латексні композиції та ін. Бітум, що є відходом нафтопереробки і відносно дешевим матеріалом, широко використовується для захисних покриттів. З'єднуючи бітуми з каучуком, гумою, зеленою оливою і синтетичними смолами, можна підвищити стійкість бітумних покриттів в агресивному середовищі.

Бітумні покриття у вигляді шпаклівок, щільних штукатурок і облицювань призначені для захисту конструкцій у сильноагресивних атмосферних і агресивних рідких середовищах без механічних впливів.

В міру підвищення напору води переходять до рулонної обклеювальної ізоляції та захисту її цегляною стінкою.

Усередині будівель і споруд для захисту конструкцій від руйнування промисловими стоками і запобігання проникненню їх у ґрунт улаштовуються кислотостійкі піддони, які відрізняються тим, що власне ізоляція з бітумної мастики чи рулонного матеріалу захищена від механічних ушкоджень кислотостійкими плитками або цеглою.

Для захисту стін і покриттів від руйнування пароподібним агресивним середовищем застосовуються лаки і емалі, найчастіше – бітумно-смоляні епоксидні емалі, ПХВ емалі та лаки, кремнійорганічні емалі. Лакофарбові покриття легко наносяться і відновлюються, вони є економічними. Через їхню високу проникність вони виконуються багатошарови-

ми – від трьох до восьми шарів, залежно від ступеня агресивності середовища.

При відновленні будь-якого захисного покриття особлива увага приділяється підготуванню поверхні: вона має бути чистою, рівною (гладкою) і сухою; це значною мірою визначає надійність і довговічність покриття.

10.1.4 Корозія та захист металевих елементів і конструкцій

Види корозії металів, що зустрічаються на практиці, звичайно класифікують за характером корозійних руйнувань. Руйнування металів унаслідок корозії може бути рівномірним по всій поверхні, нерівномірним, тобто таким, що протікає з різною швидкістю на різних ділянках поверхні, й місцевим, – що відбувається на окремих ділянках поверхні. Розрізняють три види корозії: *рівномірну суцільну*, *нерівномірну суцільну* і *місцеву*, або *локальну*.

Рівномірна суцільна корозія спостерігається у сплавах, що не утворюють захисних оксидних плівок або утворюють нещільні, пухкі плівки.

Нерівномірна суцільна корозія є характерною для багатофазних сплавів і залежить від роду їх структурних складових і наявності дефектів на поверхні.

Локальна корозія має місце при порушенні цілісності покриття і поділяється на:

– корозію *плямами* – пошкодження невеликої площі та глибини;

– *виразкову*, звану також *точковою*, або *пітінгом,* яка є видом місцевого корозійного руйнування, внаслідок якого на окремих ділянках поверхні металу утворюються характерні заглибини – виразки, причому решта поверхні виявляється незачепленою корозією або такою, що прокородувала дуже мало;

– *щілинну*, яку характеризує інтенсивне локальне руйнування металу в щілинах конструкцій, де з'явилася невелика кількість нерухомого розчину електроліту. Локалізована в щілинах корозія може призвести до передчасного зношування експлуатованих в атмосферних умовах конструкцій, особливо болтових і заклепувальних;

– *корозійне розтріскування під статичною напругою* – це руйнування металу унаслідок виникнення і розвитку тріщин за одночасної дії розтягуючих напруг і корозійного середовища. Це один з найнебезпечніших видів пошкодження устаткування в хімічній, нафтогазовій, теплоенергетичній та інших галузях промисловості;

– *міжкристалічну* (та її різновид – *ножову корозію*) – локальні види руйнування металу переважно по межах зерен, що призводить до ослаблення зв'язку між ними, виникнення тріщин і, внаслідок цього, – до крихкого руйнування металу;

– *вибіркову* – пошкодження одного з матеріалів, що складають сплав;

– *корозійну втому*, тобто зміну стану металу за одночасної дії знакозмінних навантажень і корозійного середовища.

В деяких випадках можливий одночасний прояв декількох видів корозії.

Залежно від механізму процесу руйнування металу розрізняють корозію хімічну та електрохімічну.

Хімічною корозією називається руйнування металу під дією води, що конденсується на поверхні металу, газів за високої температури або рідин (не електролітів) органічного походження (спирту, бензину, нафти, мазуту та ін.). На поверхні металу утворюється плівка з продуктів корозії у вигляді оксидів. Утворення такої плівки у ряді випадків запобігає розвитку корозійних процесів углиб матеріалу, оскільки плівка пасивує його поверхню. Проте неодмінною умовою, що забезпечує захист металу від подальшої хімічної корозії, є утворення на його поверхні щільної та суцільної плівки.

Електрохімічна корозія відбувається у вологому повітрі та в різних водних розчинах, що проводять електричний струм. Залежно від ступеня забрудненості повітря сірчистим і вуглекислим газами ця корозія протікає з різною швидкістю. Суть електрохімічної корозії полягає в тому, що атоми, які знаходяться у вузлах кристалічної решітки металу, при контакті з розчином електроліту переходять у розчин у вигляді іонів, а еквівалентна кількість електронів залишається в металі.

Розвиток електрохімічної корозії залежить від характеристики металу, типу ґрунтів (глина, пісок, лес), питомого опору та ін. Інтенсивність корозії залежить від вологості ґрунту і концентрації в ньому солей. У процесі експлуатації споруд неможливо впливати на характеристики використаного в їх конструкціях металу, тому головну увагу експлуатаційники повинні звертати на регулювання вологості, зменшення дії повітропроникності та інші чинники, які можна порівняно легко змінити, з метою підвищення корозійної стійкості споруд.

Змінити фізико-хімічні властивості, які приводять до підвищення корозійної стійкості сталі, можна за допомогою *легування* – тобто введення до складу сталі деяких елементів.

При вмісті кремнію більше 1 % знижується в’язкість сталі та підвищується її корозійна стійкість.

Хром підвищує пластичність і в’язкість сталі та її корозійну стійкість, навіть при вмісті 0,4...0,7 %. Хромисті сталі корозійно стійкі у вологій атмосфері та у воді, водяній парі та у вологому ґрунті, в деяких органічних кислотах.

Додаткове легування нікелем хромовмісних сталей дозволяє одержати сталі однофазної структури, що мають меншу електрохімічну неоднорідність і тому – більшу корозійну стійкість.

Додавання міді (0,3...0,5 %) сприяє підвищенню корозійної стійкості сталі, проте за збільшення вмісту міді значно підвищується пластичність і знижується міцність сталі.

У будівництві, як правило, використовується звичайна сталь, яку доводиться захищати від корозії. Розрізняють методи захисту від корозії конструкцій, що працюють в атмосферних умовах, і конструкцій, що знаходяться у ґрунтовому середовищі, тобто в заглиблених спорудах.

Захист металевих конструкцій від корозії здійснюють за «СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии».

I. Захист металевих конструкцій, що працюють в атмосферних умовах

Атмосферна корозія є найбільш поширеним видом корозії металів, оскільки приблизно 80 % всіх металевих конструкцій експлуатується в атмосферних умовах. Механізм корозії металів в атмосферних умовах визначається вологістю середовища. Залежно від зволоження поверхні металевих конструкцій розрізняють *мокру*, *вологу* і *суху* атмосферну корозію металів.

1. *Мокра атмосферна корозія* протікає за наявності на поверхні металевої конструкції постійної плівки води, що утворюється при прямому попаданні вологи на метал (опади, полив водою, експлуатація при зануренні у воду і т.д.).

2. *Волога атмосферна корозія* протікає за наявності на поверхні металу тонкої адсорбційної плівки вологи.

3. *Суха атмосферна корозія* протікає за відсутності вологи на поверхні металу.

У перших двох випадках механізм корозії – електрохімічний, у третьому випадку – це хімічна газова корозія.

Сильно впливає на швидкість корозії зміна температури, оскільки при цьому міняється багато параметрів корозійного процесу: швидкість дифузії реагентів, розчинність реагуючих речовин і, в першу чергу, – кисню і продуктів, що утворюються, і т.д.

Захист конструкцій, що працюють в атмосферних умовах, здійснюють методами:

а) зниженням агресивності середовища, яке полягає у видаленні агресивних компонентів з повітря приміщень шляхом вентиляції;

б) використанням *анодного металевого покриття* – покриття шаром більш активного металу: Zn, Al та ін. (рис. 10.4);

в) ізоляцією металу від середовища (для цього все частіше використовуються полімерні та неорганічні (силікатні) покриття.

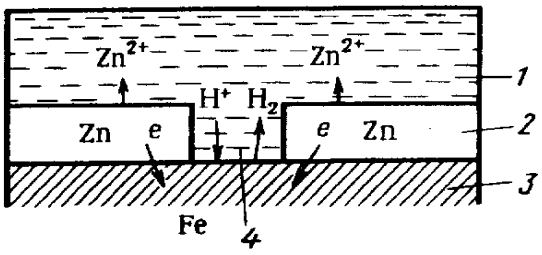


Рисунок 10.4 – Схема захисту від корозії за допомогою анодного покриття:

1 – розчин; 2 – анодне покриття; 3 – основний метал; 4 – пора

<u>II. Захист металевих конструкцій, що знаходяться у ґрунтовому середовищі</u>, здійснюють, використовуючи:

а) *захисні ізолюючі покриття* (покриття на основі бітумів або спеціальних корозійностійких матеріалів);

б) *анодні металеві покриття* – покриття шаром більш активного металу: Zn, Al та ін. (рис. 10.4);

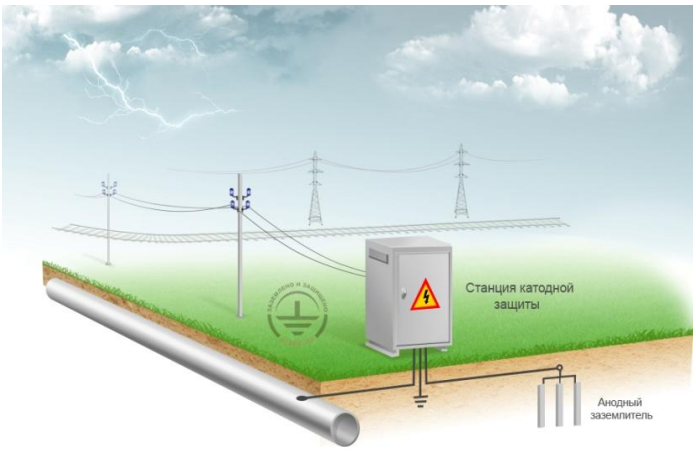
в) електрохімічний *катодний захист* від зовнішніх джерел струму або за допомогою протекторів. Суть такого захисту полягає в тому, що конструкція, що захищається, піддається або катодній поляризації від спеціально встановлених анодів з активнішого металу *(протекторний захист)*, або поляризації накладеним постійним струмом від зовнішнього джерела *(катодний захист)* (рис. 10.5, а);

г) електрохімічний анодний захист – за допомогою протекторів з більш активного металу (рис. 10.5, б);

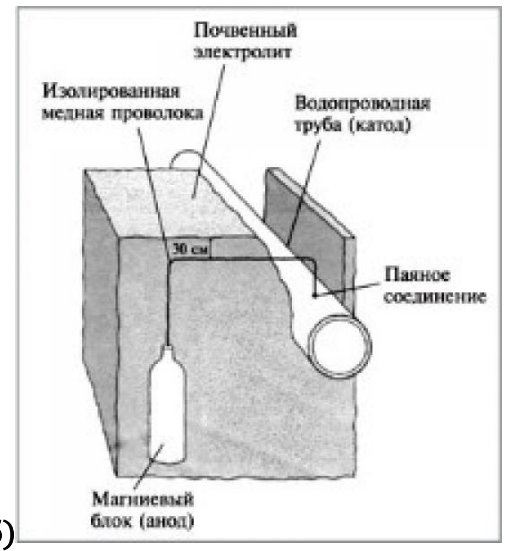
д) створення штучного середовища, що уповільнює процес корозії.

Таким чином, можна визначити **основні принципи захисту металоконструкцій від корозії:**

1. <u>Створення на поверхні металу хімічно інертного шару</u>, по змозі непроникного для компонентів середовища, що приймають долю в реакціях електрохімічної корозії (типу окислювачів H_2O, H^+, O_2 , Cl^- та ін.). Такі шари називаються ізоляційними (чи бар'єрними) покриттями. У практиці на захист підземних металевих споруд (ПМС) найчастіше використовують поліетиленові, бітумні, кам'яновугільні, епоксидні та інші покриття.



а)



б)

Рисунок 10.5 – Схеми електрохімічного катодного (а) та анодного (б) захисту

2. Зменшення в середовищі концентрації агресивного реагенту, що бере участь в реакції, наприклад окислювачів. Цей метод широко використовується для захисту від корозії внутрішніх поверхонь мереж гарячого водозабезпечення у вигляді деаерації води, тобто зниження концентрації розчиненого кисню у воді.

3. Зниження швидкості анодного чи катодного процесу шляхом введення в середовище інгібіторів (уповільнювачів) корозії, що гальмують процес за рахунок конкуруючої адсорбції з частинками активаторів і утворення на металевій поверхні захисних адсорбційних чи фазових плівок, іноді з бар'єрними властивостями. Наприклад: силікатна обробка води, при якій як інгібітор використовують сполуки типу рідкого скла ($nNa_2O \cdot mSi_2O$).

4. Електрохімічний захист, при якому швидкість анодного процесу за рахунок зміни потенціалу знижують до значень, які не перевищують технічно припустимої величини, наприклад, де швидкість корозії ($\upsilon_{кор.}$= 0,02 мм/рік). Це здійснюють шляхом зниження потенціалу в межах активної області за допомогою катодної поляризації чи шляхом переведення потенціалу з активної області в пасивну за рахунок анодної поляризації, так званий *анодний захист* (рис. 10.5, б). У деяких випадках (алюміній, нержавіючі сталі у хлоридутримуючих середовищах) потенціал вільної корозії може знаходитися в області порушення пасивності та можливий захист переведенням металу в пасивний стан при катодній поляризації. Для ПМС із нелегованих чи низьколегованих сталей найбільш важливий захист катодною поляризацією від потенціалу корозії в активній області. Якщо для цього використовують спеціальні джерела постійного струму, наприклад станції катодного захисту, то електрохімічний захист називають *катодним*. Якщо потенціал знижують приєднанням об'єкта, що захищається, до протектора, тобто до металу зі значно більшим негатив-

ним потенціалом корозії (Al, Zn, Mg та їх сплави), то захист називається *гальванічним* (*протекторним*).

5. Нанесення на поверхню сталі анодних металевих покриттів (Zп, А1 та ін.), які захищають сталь і за наявності пор у покритті. Власне кажучи, цей спосіб – варіант гальванічного захисту з тією відмінністю, що гальванічний анод (протектор) не є окремим виробом, що розміщається поблизу ПМС і з'єднується із ПМС за допомогою кабелю, а ніби розмазується по поверхні сталі.

6. Раціональне проектування і експлуатація ПМС, включаючи: вибір траси; вибір захисних покриттів з урахуванням агресивності ґрунту; забезпечення необхідного науково-технічного дослідження (НТД) якості ізоляційних покриттів, його зберігання, перевезення і укладання труб; систематичний контроль у процесі експлуатації; виключення контактів труб з арматурою залізобетону; забезпечення заходів для обмеження блукаючих струмів; максимальне зменшення можливості утворення корозійного елемента.

10.2 Вплив радіації на конструкції будівель

10.2.1 Радіаційна стійкість матеріалів

Зміна властивостей матеріалів конструкцій виробів і приладів у результаті впливу *іонізуючих випромінювань* призводить до втрати необхідних експлуатаційних якостей. При проектуванні будівельних конструкцій, які у процесі експлуатації піддаються тривалому впливу іонізуючих випромінювань, необхідно знати, як використовувані матеріали в результаті опромінювання змінюють фізико-технічні, теплофізичні та діелектричні властивості.

Здатність матеріалів після опромінювання зберігати свої властивості називається *радіаційною стійкістю*.

Будь-які властивості матеріалу залежать, за інших рівних умов, від його мікро- і макробудови, а також структури. Якщо під впливом якихнебудь чинників змінилася структура матеріалу, то слід очікувати зміни його властивостей. І навпаки, якщо змінилися властивості матеріалу, то з великою упевненістю можна вважати, що в його будові та структурі сталися зміни, можливо, що призведуть до появи дефектів.

Зі всіх відомих експлуатаційних чинників, що впливають на структуру матеріалів, опромінювання є найбільш сильним. У результаті взаємодії іонізуючого випромінювання з атомами речовини в мікроструктурі матеріалу відбуваються якісні зміни, ступінь і глибина яких залежать від початкової структури і дози опромінювання. Відомо, що в результаті опромінювання мінералів спостерігаються фазові переходи кристалічної будови в аморфну (склоподібну), що супроводжується зміною всіх влас-

тивостей. Опромінювання перетворює термопластичні полімери в термореактивні, змінює їх будову з лінійної на сітчасту, а відповідно, і всі властивості. Відомі взаємодії, результатом яких є ядерні реакції та перетворення атомів одних елементів у інші. Захист матеріалів від опромінювання практично не можливий, оскільки іонізуючі випромінювання мають велику проникаючу здатність.

Після опромінювання кристал однієї будови і складу змінює свої параметри і властивості інакше, ніж кристал іншої будови і складу, а тим більше скло того ж складу. Полімери однакового складу, але різної молекулярної та надмолекулярної будови після опромінювання по-різному змінюють свої властивості. У багатокомпонентному матеріалі кожна складова, що відрізняється від інших за кристалічним або фазовим складом або будовою, при опромінюванні змінює будову і властивості по-своєму. Такий складний анізотропний характер різних змін, що відбуваються з окремими фрагментами одного матеріалу, у значній мірі ускладнює отримання аналітичних залежностей, що дозволяють визначати зміну властивостей, залежно від дози опромінювання.

10.2.2 Джерела випромінювань

Найбільш відомі наступні джерела випромінювань: радіоактивні ізотопи (гамма-, бета-, нейтрон- і альфа-випромінювачі); дослідницькі експериментальні та енергетичні ядерні реактори; системи теплоносія та охолоджувача; продукти ділення; прискорювачі протонів і електронів; виробництва урану, радію і тепловиділяючих елементів.

Характеристикою іонізуючих випромінювань є *поле випромінювання*. Уявлення про поле випромінювання можна одержати, якщо відомо число частинок квантів, їх енергія і напрямок руху в будь-якій точці простору. Велике значення мають щільність потоку іонізуючих частинок або квантів, інтенсивність випромінювання, поглинені дози випромінювання і потужність поглинених доз випромінювання.

Зміна структури і властивостей матеріалів, що викликається дією іонізуючих випромінювань, залежить від двох головних чинників:

1) від хімічного і фазового складу, структури на молекулярному і надмолекулярному рівнях, будови початкової речовини та її властивостей;

2) від радіаційних навантажень – компонентного і енергетичного складу іонізуючих випромінювань, щільності їх потоків, інтенсивностей, значень поглинених доз, їх потужностей та умов опромінювання.

Щільність потоків частинок або квантів та інтенсивність випромінювань навколо джерел іонізуючих випромінювань розрізняється у значних межах. Так, щільність потоку нейтронів, що йдуть з ядерного реактора, може скласти $5 \cdot 10^{17}$ $с^{-1} \cdot м^{-2}$, а з ізотопного джерела нейтронів – $10^{7}...10^{8}$ $с^{-1} \cdot м^{-2}$. Інтенсивність випромінювання за корпусом ядерного реактора може досягти 10^{4} Вт/м^{2}, а біля ізотопного джерела – лише $10^{-7}...10^{-6}$ Вт/м^{2}.

10.2.3 Взаємодія випромінювань з речовиною

При взаємодії іонізуючих випромінювань з речовиною відбувається передача енергії випромінювань матеріалу. Заряджені частинки – електрони, протони, гіперони, мезони, альфа-частки і ядра важчих елементів – передають енергію речовині, головним чином, шляхом іонізації та гальмування. У результаті цього можливі розрив хімічних зв'язків, утворення вільних радикалів та іонів. При пружних процесах взаємодії заряджених частинок відбувається зсув атома зі стану рівноваги у кристалічній решітці.

Локальні зміни у кристалічній решітці, або мікроструктурі матеріалу, що утворилися під впливом опромінювання, – ***радіаційні дефекти***. При *пружних* взаємодіях налітаючих частинок можливі наступні основні види радіаційних дефектів:

а) вакансії – вільні вузли решітки, з яких атоми вибиті частинкою, що налетіла;

б) впровадження – атоми, що вибиті зі стану рівноваги і зупинилися у міжвузлі;

в) заміщення – атоми іншого елемента, що утворився, заздалегідь зайняли вакансії первинно вибитих атомів;

г) піки зсувів – зсуви великої кількості атомів у цілій області.

При *непружних* взаємодіях, поглинанні, збудженні та іонізації утворюються радіаційні дефекти наступного типу:

а) термічні піки – виділення енергії в малій області, її нагрів до високих температур, оплавлення матеріалу, що супроводжується структурними змінами;

б) атоми домішок, що виникають при ядерних реакціях з атомів початкового складу;

в) атомні та молекулярні іони;

г) збуджені молекули і вільні радикали, утворення яких супроводжується розривом тих, що є, і виникненням нових хімічних зв'язків.

Короткий перелік типів радіаційних дефектів показує, що всі вони призводять до глибокої зміни кристалічної, молекулярної та надмолекулярної структури матеріалів. Природно, що зміна структури матеріалу супроводжується зміною всіх його властивостей. За вищих температур рекомбінація радіаційних дефектів прискорюється. Внаслідок цього за достатньо високих температур повністю відновлюються властивості матеріалів, що змінилися після опромінювання. Явище відновлення властивостей матеріалів одержало назву *відпалу*.

10.2.4 Вплив радіації на неорганічні матеріали

Мінерали. Загальний характер структурних змін у мінералах, що відбуваються при опромінюванні, і, особливо, кінцевий їх результат схожий зі змінами, що відбуваються при їх плавленні в результаті нагріву, –

це перехід із кристалічного стану в аморфний. Найбільш істотна відмінність між впливом опромінювання і нагріву на мінерали полягає в тому, що щільність кристалів, аморфізованих опромінюванням, хоч і знижується, але залишається дещо більшою за щільність скла, що утворилося з кристала в результаті нагріву. Структурні зміни і фазові переходи, що відбуваються в мінералах при опромінюванні, супроводжуються зміною їх теплофізичних характеристик від значень, відповідних кристалічній фазі даного мінералу (до опромінювання), до значень, відповідних його аморфній фазі, одержаній в результаті опромінювання або плавлення мінералу. У міру зростання деформацій мікроструктурні зміни починають виявлятися як позитивні лінійні та об'ємні деформації, звані розширенням або *радіаційними деформаціями*. Унаслідок позитивних радіаційних деформацій за незмінної маси щільність мінералу знижується.

Дослідження впливу опромінювання на *кварц, кристобаліт, тридиміт* і *кварцеве скло* показали, що характер їх зміни зводиться до наступного. У міру накопичення дефектів кристалічна решітка мінералів анізотропно розширюється. Подальше опромінювання призводить спочатку до часткової, а потім і до повної *аморфізації* структури мінералів, яка супроводжується позитивними об'ємними деформаціями, зниженням щільності, зміною пружних і теплофізичних властивостей. Ступінь зміни щільності під час плавлення кристалів залежить від їх будови і змісту *діоксиду кремнію*.

Гірські породи. Вищенаведені дані про вплив опромінювання на властивості мінералів указують на те, що належить очікувати залежності зміни властивостей гірських порід після опромінювання від їх мінералогічного складу.

Дані про зміну властивостей після опромінювання різних гірських порід, що розглядаються у взаємозв'язку з їх мінералогічним складом і структурою, дозволили виявити певні закономірності. Найбільш характерними змінами, що реєструються на опромінених зразках гірських порід, виявилися зниження щільності та збільшення об'єму або лінійних розмірів, що одержали назву *позитивних радіаційних деформацій*. У всіх порід зміна цих параметрів взаємозв'язана: за незмінної маси зростає об'єм зразка, унаслідок чого знижується щільність.

Мінерал або мінерали, що складають породу, при опромінюванні зазнають таких змін. На першому етапі опромінювання взаємні позитивні радіаційні деформації складаючих породу мінералів створюють у зразку внутрішні напруги. Допоки напруги є невеликими, малими є і відповідні їм деформації. У міру зростання дози опромінювання зростають радіаційні деформації мінералів, що, у свою чергу, збільшують напруги в породі. Цей процес продовжується без видимих змін до тих пір, поки на-

пруги не стануть настільки великими, що відповідні їм деформації не вдасться змінити.

Через анізотропію мінералів, їх агрегатів і зерен, що складають породу, радіаційні деформації кристалів передаються нерівномірно, що призводить до створення зон концентрації напруг. Саме в цих зонах виникаючі напруги в певний момент часу перевищують межу міцності породи, у зв'язку з чим відбувається місцеве руйнування породи, виникає тріщина. Подальше зростання дози опромінювання викликає за тією ж схемою збільшення розкриття тріщин до тих пір, поки зразок гірської породи не розвалюється на окремі шматки.

Обидва види впливу на гірську породу – нагрів і опромінювання – призводять до одного і того ж наслідку: зниження щільності унаслідок збільшення об'єму. Таким чином, дані указують на існування залежності між мінералогічним складом породи та її радіаційною стійкістю.

На кристалічну і аморфну складову гірських порід опромінювання впливає не тільки кількісно, але і якісно.

Всі властивості гірських порід (пружні, пластичні, міцнісні, реологічні, теплофізичні, діелектричні і т.п.) після опромінювання повинні змінюватися залежно від фазового складу, будови і щільності. Природно, що фазові переходи окремих фрагментів або всього матеріалу повинні супроводжуватися зміною всіх його властивостей: від значень, відповідних початковій кристалічній фазі, до значень, відповідних склоподібному стану. Таким чином, фазові переходи, що відбуваються при опромінюванні кристалічної складової гірських порід, є головною причиною зміни їх властивостей.

Інша важлива причина зміни властивостей порід – це радіаційні деформації, що супроводжують фазові переходи. У будь-якій породі вільний перебіг радіаційних деформацій, як це спостерігається при опромінюванні монокристала мінералу, обмежено сусідніми фрагментами породи (кристалами, прошарками або прокладками скла, зернами і т.под.). Внаслідок цих обмежень у породі виникає складний напружений стан, що завершується утворенням мікротріщин, які є структурними дефектами. Зі збільшенням числа тріщин порушується цілісність породи, зменшується зона контактів між її окремими агрегатами, збільшується пористість, тобто змінюються всі властивості породи. Зокрема міцність гранітів після опромінювання знижується унаслідок утворення тріщин до нуля, про що свідчить мимовільне руйнування зразків.

Зі зростанням дози опромінювання збільшується число дефектів. Після того, як доза опромінювання перевищить цей перший поріг, число дефектів у початковій кристалічній решітці стає настільки великим, що вони виявляються у зміні вимірюваних констант: параметрів кристалічної решітки, пружних характеристик, температурної деформативності, теплопровідності, щільності і т.д. Подальше збільшення

дози опромінювання супроводжується як збільшенням числа дефектів, так і подальшою зміною спостережуваних констант, що продовжується до тих пір, поки не буде досягнута друга порогова доза.

Керамічні матеріали і скло. Оскільки мікроструктура кераміки у багатьох випадках включає і кристалічну, і аморфну складову, при опромінюванні таких матеріалів їх кристалічна складова має позитивні радіаційні деформації, які розпирають породу і намагаються її розірвати. В той же час для аморфної фази (скла) характерні негативні радіаційні деформації: вона стискається, а за рахунок цього поглинаються і гасяться позитивні деформації кристалічної фази. Сумарний ефект, зокрема радіаційні деформації такого поліфазного матеріалу (гірської породи або кераміки), залежить від співвідношення фаз, взаємного їх розташування, розміру кристалів та їх зерен (за інших рівних умов).

Опромінювання призводить до зміни як оптичних, так і фізико-технічних властивостей скла. В опроміненому склі властивості, як правило, змінюються у меншій мірі, ніж у керамічних матеріалів порівнюваних сполук. У ряді випадків ці зміни мають зворотний знак: для кварцу спостерігається зниження щільності, розширення, для кварцового скла – збільшення щільності, усадка.

Будівельні розчини і бетони. Радіаційні деформації будівельних розчинів та бетонів залежать від дози опромінювання, радіаційної деформативності заповнювача, кількості заповнювача і гранулометричного складу.

За збільшенням дози опромінювання зростання радіаційних деформацій заповнювача і напруг відбувається до тих пір, поки в зоні концентрацій напруги не перевищать межу міцності матеріалу і в цьому місці не виникне мікротріщина. Якщо процес продовжується, то тріщина починає розкриватися. Подальший розвиток процесу може призвести до повного розтріскування матеріалу і мимовільного руйнування без будь-якого докладання зовнішніх сил. Радіаційна деформативність системи «розчин–бетон» визначається радіаційною деформативністю заповнювача.

Під час опромінювання системи «розчин–бетон» позитивні радіаційні деформації заповнювача найчастіше виявляються при дозах опромінювання, менших за ті, при яких починаються негативні радіаційні деформації цементного каменя.

У місцях концентрації напруг, де зерна заповнювача, що розширюється, анізотропно передають зусилля на цементний камінь, в ньому виникають мікротріщини, коли напруги перевищують межу міцності. Подальше опромінювання призводить до більшого розкриття тріщини і утворення нових.

Розгляд процесів, що відбуваються в цементному камені при опромінюванні, показує, що радіаційні деформації розчинів і бетонів залежать від дози опромінювання, кількості цементного каменю і ступеня однорідності його напруженого стану.

Зміну властивостей матеріалів звичайно пов'язують з тими або іншими змінами їх структури, що відбуваються під впливом якихось чинників. Встановлено, що в результаті опромінювання системи «розчин–бетон» в її складових відбуваються наступні структурні зміни:

а) деформується кристалічна решітка мінералів, що складають заповнювач, у ряді випадків аж до повної аморфізації, тобто спостерігається фазовий перехід;

б) перехід кристала у скло супроводжується збільшенням об'єму тіла: розширення мінералів є причиною розширення заповнювача і подальшого утворення в ньому спочатку мікро-, а потім макротріщин, і навіть повного руйнування;

в) взаємні радіаційні деформації зерен заповнювача і цементного каменю призводять до змін структури цементного каменю; найбільш несприятливим для міцності системи «розчин–бетон» є структурний дефект типу тріщини.

Щільність розчинів і бетонів при опромінюванні знижується.

10.2.5 Вплив радіації на органічні матеріали

Полімерні матеріали. Властивості полімерних матеріалів починають мінятися за відносно менших, ніж для будівельних матеріалів неорганічного походження, дозах опромінювання.

Поліетилен високого і низького тиску використовують для виготовлення труб, арматури, гідроізоляційних плівок і листів і т. под. Крім того, він знайшов широке застосування у вузлах і конструкціях різного устаткування, експлуатованого в полях радіації.

При опромінюванні поліетилен окислюється, тому тонкі плівки змінюють свої властивості за менших доз, ніж зразки більшої товщини. З цієї ж причини опромінювання однією поглиненою дозою за малих потужностей призводить до більшої зміни властивостей, ніж опромінювання за великих потужностей. Поліетилен високої щільності характеризується вищим ступенем кристалізації та радіаційної стійкості.

Полівінілхлорид застосовують для виробництва основних і безосновних лінолеумів, плиток для підлог, декоративних і гідроізоляційних плівок, труб і арматури, водопровідних, каналізаційних і технологічних трубопроводів і т.д. При опромінюванні гнучкого полівінілхлориду дозами до $2 \cdot 10^5$ його властивості помітно не змінюються. Після дози 10^6 подовження зменшується на 20 %, а міцність зберігається повністю. Опромінювання дозою 10^7 знижує міцність на 10 % і подовження на 80 %; подальше опромінювання різко зменшує міцність і підвищує жорсткість

полімеру. Непластифікований (жорсткий) полівінілхлорид після опромінювання дозою 10^6 втрачає 10...20 % міцності при розриві. При цьому ударна міцність збільшується на 100 %, а міцність при зсуві – на 30…40 % після дози $3 \cdot 10^6$.

Полістирол – один з найбільш поширених полімерів. Після опромінювання полістиролу типу «стирон-411» і «амфенол» дозою $3 \cdot 10^7$ міцність при розриві, зсуві, ударі, модуль пружності та подовження не змінилися. Полістирол марки «стирон-475» змінює властивості вже при опромінюванні дозою $(5...8) \cdot 10^3$.

Полівінілацетат – використовується як в'яжуче в полімерцементних розчинах і бетонах, полімербетонах, а також для виробництва лаків, клеїв, фарб і т.под. Опромінювання полівінілацетату призводить за дози більше 10^5, до різкого збільшення розривного подовження; після дози $(6…9) \cdot 10^5$ починають зменшуватися міцність при розтягуванні і зсуві та модуль пружності. Після дози 10^7 подовження відновлюється до первинного значення, інші показники властивостей, за винятком ударної міцності, знижуються приблизно на 20 %.

Поліметилметакрилат (органічне скло, плексиглас) – може застосовуватися для світлопрозорих покрівель, оглядових пристроїв і т. под. Зміна властивостей поліметилметакрилату помічається після опромінювання дозою $(6...8) \cdot 10^3$, при цьому починається і за дози 10^5 знижується на 30 % міцність при розтягуванні та розривному подовженні. Подальше збільшення дози опромінювання призводить до зростання модуля пружності та різкого зниження показників всієї решти властивостей, які за дози 10^6 практично досягають нульових значень.

Вплив опромінювання на зміну властивостей термореактивного *фенолформальдегіду* починає спостерігатися після доз $(2…4) \cdot 10^4$. Зі зростанням дози опромінювання збільшується розривне подовження, яке за дози 10^6 досягає 200 %, а потім різко падає до нуля за дози 10^7. Показники інших властивостей рівномірно знижуються до нуля в інтервалі доз $10^5...10^7$. Полімер розпухає, стає дуже крихким і легко руйнується.

У будівництві використовують *поліуретанові* плівки, листи і штучні вироби, які є стійкими до дії агресивних розчинів (кислотних і лужних), вологи, нагріву (до 100 °С), пінопласти, клеї, лаки і т.под. Вплив опромінювання на зміну міцності та подовження жорсткого термопластичного *поліуретану*, а також міцність при розтягуванні починають знижуватися і за дози 10^7 становлять близько 40 % початкового значення. Подовження міняється аналогічно, але початок приурочений до дози 10^6. *Поліуретанові еластомери* починають змінювати властивості за доз, приблизно в 10 разів менших, ніж пластики. Окремі марки цих каучуків є стійкими до розтріскування, зберігають в певних межах гнучкість і міцність після опромінювання дозою $8 \cdot 10^6$ і можуть витримати вигин на 180° без розтріскування.

У будівництві *епоксидні полімери* використовують при склеюванні металу, дерева, бетону, пластмас, у виробництві шаруватих пластиків, пінопластів, лаків, захисних покриттів і т.под. Епоксидні компаунди (полімер, отверджувач і наповнювач) формуються в різні вироби. Епоксидні полімери мають високу радіаційну стійкість, причому початкові матеріали і технологія виготовлення справляють значний вплив на стабільність властивостей при опромінюванні.

Целюлоза – природний лінійний полімер. Різні види целюлози використовують для виробництва лінолеуму, целулоїду, антикорозійних складів, лаків, клеїв. Вони входять також до складу картону і паперу, використовуваних як основа, або наповнювач у пластиках і рулонних будівельних матеріалах. При опромінюванні невелике зростання модуля пружності целюлози починається за дози $(1...3)\cdot10^4$, супроводжується зниженням міцності та подовження до нульових значень за дози $(3...10)\cdot10^4$.

Викладене вище дозволяє виділити декілька основних чинників, що значно впливають на зміну властивостей після опромінювання полімерів, пластмас і виробів з них.

<u>I. Вихідні характеристики самого матеріалу:</u>

1. Фізико-технічні, теплофізичні та діелектричні властивості полімерів визначаються їх молекулярною і надмолекулярною структурою, фазовим і фізичним станом.

2. Структура і властивості полімерів у значній мірі залежать від початкової сировини і технології їх виробництва.

3. Властивості пластмас визначаються властивостями полімеру, наповнювача і технологічними чинниками.

4. Експлуатаційні якості виробів з полімерів і пластмас залежать від початкової сировини і технології їх виготовлення.

5. Полімер і пластмаса одного найменування, а також вироби з них, виготовлені з різної сировини і за різною технологією, можуть мати різну структуру і властивості.

<u>II. Вплив опромінювання на матеріал:</u>

1. У результаті опромінювання в початковій структурі полімерів накопичуються дефекти (зміни).

2. Основні види структурних змін у полімерах при опромінюванні: утворення додаткових зв’язків – зшивання, розрив зв’язків – деструкція, полімеризація і окислення.

3. У міру накопичення радіаційних дефектів у структурі полімеру кількісні зміни переходять в якісні, що починає зовні проявлятися у зміні властивостей матеріалу.

4. Характер і ступінь структурних змін при опромінюванні полімеру значною мірою залежать від його початкової структури. Цим можна по-

яснити різні зміни властивостей після опромінювання полімерів одного найменування. Велика різноманітність початкових надмолекулярних структур одного полімеру пояснює великий діапазон початкових показників його властивостей, а також різну їх зміну при опромінюванні. Тому вплив опромінювання на властивості того або іншого полімеру слід вивчати у взаємозв'язку з початковою структурою полімеру і динамікою її зміни при опромінюванні.

5. Зміна структури полімеру при його опромінюванні може призвести як до зростання, так і до зниження міцності, деформативності та інших властивостей матеріалу. Причому в одних експлуатаційних умовах зниження показника властивостей буде позитивним явищем, а в інших – негативним, тобто ефект зміни при опромінюванні структури і властивостей полімерів може бути використаний для додання матеріалу нових, наперед заданих властивостей.

6. У результаті опромінювання структура і властивості полімеру можуть змінюватися настільки, що його використання в даній конструкції виявиться неприпустимим, оскільки призведе до її виходу з ладу.

7. Необхідно знати залежність зміни тієї або іншої властивості від поглиненої дози опромінювання, з тим щоб:

– по-перше (п. 5), вести опромінювання матеріалу такою інтегральною поглиненою дозою, за якої властивість зміниться до бажаного значення;

– по-друге (п. 6), обмежувати опромінювання матеріалу поглиненою дозою, за якої зміна даної властивості не перевищить допустимого значення.

8. *Порогова доза* – це інтегральна поглинена доза опромінювання, за якої деформація структури матеріалу викликає помітну (за допомогою сучасних приладів) зміну якої-небудь властивості. Не слід розуміти, що порогова доза є гранично допустимою. Її значення буквально вважається "порогом", за яким збільшення поглиненої матеріалом дози опромінювання повинно уважно контролюватися залежно від експлуатаційних вимог до виробу або конструкції та характеру зміни властивостей даного матеріалу при опромінюванні.

<u>III. Умови опромінювання</u> можуть значно впливати на порогову дозу. Характер і значення зміни властивості полімеру, опроміненого однією і тією самою поглиненою дозою, але в різних умовах, можуть значно відрізнятися:

1. Опромінювання у вакуумі, інертному газі, оливі, тобто без доступу повітря, звичайно супроводжується меншими радіаційними змінами структури властивостей матеріалу.

2. Властивості змінюються більшою мірою за малих потужностей доз.

3. Розміри досліджуваних зразків можуть впливати на отримані результати. Тонкі плівки можуть змінювати свої властивості після опромінювання більшою мірою, ніж достатньо товсті вироби.

4. Опромінювання полімеру або пластмаси в потоках радіації різного компонентного і енергетичного складу може по-різному змінити властивості за однакової поглиненої дози.

5. Температура опромінювання може впливати на зміну структури і властивостей полімерів і пластмас.

6. Опромінювання виробів і конструкцій з полімерів і пластмас у вільному стані може призводити до змін, відмінних від результатів, одержаних на тих же елементах під навантаженням.

Зміна структури і властивостей полімерів і пластмас при опромінюванні залежить, таким чином, не тільки від інтегральної поглиненої дози, але і від перерахованих вище чинників.

Бітумні гідроізоляційні матеріали. Для захисту від вологи будівельних конструкцій широко застосовують нафтовий бітум і різноманітні гідроізоляційні матеріали на його основі.

Руберойд після опромінювання втрачає міцність, причому лінійний характер зміни міцності однаковий як у подовжньому, так і в поперечному напрямку. Гнучкість руберойду, що характеризується наявністю тріщин, зменшується після опромінювання дозами $(3...10)\cdot10^5$.

Гідроізол – безпокривний рулонний матеріал, основою якого є азбестовий папір, просочений нафтовими бітумами. Після опромінювання його міцність збільшується. Гідроізол в конструкціях можна використовувати при дозах $(5...10)\cdot10^5$ Дж/кг.

Рулонний *ізол* виготовляють із гумобітумного в'яжучого, азбесту, пластифікатора і антисептика. Під впливом опромінювання збільшується міцність гуми в інтервалі доз $(1...10)\cdot10^5$, а при дозах більше 10^6 – і бітуму, що є причиною збільшення міцності ізолу. Ізол можна використовувати при дозах опромінювання до $(2...3)\cdot10^6$ Дж/кг.

В будівництві заходи зі зниження рівня іонізуючих випромінювань та контролю проводять за «ДБН В.1.4-1.01-97. СРББ. Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів в будівництві. Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні» та «ДБН В.1.4-2.04-97. Радіаційний контроль будівельних матеріалів та об'єктів в будівництві».

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть, що таке корозія. Надайте загальну класифікацію корозійних процесів.

2. Надайте класифікацію корозії за природою і механізмом гетерогенних процесів, типом агресивного середовища, характером корозійного руйнування.

3. Наведіть загальні причини корозії будівельних матеріалів.

4. Охарактеризуйте корозійні впливи на залізобетон.

5. Наведіть основні види корозії бетону.

6. Наведіть методи захисту від корозії будівельних конструкцій з бетону і залізобетону.

7. Поясніть, що таке захисний шар у залізобетоні і які його функції.

8. Наведіть види корозії металевих елементів за характером руйнувань та механізмом процесу руйнування.

9. Наведіть способи захисту від корозії металевих конструкцій, що працюють в атмосфері.

10. Наведіть способи захисту від корозії металевих конструкцій, що знаходяться у ґрунті.

11. Поясніть, що таке радіаційна стійкість матеріалів.

12. Назвіть джерела випромінювання.

13. Наведіть причини втрати експлуатаційних якостей матеріалів при радіаційних впливах.

14. Наведіть основні види радіаційних дефектів.

15. Поясніть особливості поведінки природних кам'яних матеріалів при радіаційному впливі.

16. Поясніть особливості поведінки керамічних матеріалів при радіаційному впливі.

17. Поясніть особливості поведінки кварцового скла при радіаційному впливі.

18. Поясніть особливості поведінки мінеральних в'яжучих речовин при радіаційному впливі.

19. Наведіть причини втрати експлуатаційних якостей розчинів і бетонів при радіаційних впливах.

20. Вкажіть особливості поведінки полімерних матеріалів при радіаційному впливі.

21. Поясніть особливості поведінки бітумних гідроізоляційних матеріалів при радіаційному впливі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – 372 с.

2. Строительные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях: учебное пособие / А.М.Гридчин, Ю.М.Баженов, В.С.Лесовик,

Л.Х.Загороднюк, А.С.Пушкаренко, О.В.Васильченко. – М.: Изд-во АСВ; Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 595 с.

ЛЕКЦІЯ 11
СПОСОБИ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ. ДІАГНОСТИКА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

План:

11.1 Організація, завдання, способи обстеження конструкцій будівель

11.1.1 Організація обстежень будівель

11.1.2 Попереднє чи загальне обстеження

11.1.3 Детальне обстеження

11.1.4 Суцільне обстеження

11.2 Завдання технічної діагностики

11.2.1 Способи діагностики ушкоджень будівель і споруд

11.2.2 Контроль параметрів експлуатаційних якостей будівель

11.2.3 Контроль деформацій будівель та їх конструкцій

11.3 Діагностика бетонних і залізобетонних конструкцій

11.3.1 Дослідження корозії бетону та сталевої арматури

11.3.2 Методи і засоби спостереження за тріщинами

11.3.3 Методи і засоби контролю стану бетонних і залізобетонних конструкцій

11.3.4 Механічні методи неруйнуючого контролю бетону

11.3.5 Фізичні методи та засоби контролю залізобетонну

11.1 Організація, завдання, способи обстеження конструкцій будівель

Важливим аспектом забезпечення безпеки будівельних об’єктів є роботи з обстеження й оцінювання технічного стану окремих будівельних конструкцій, а також будівель і споруд у цілому. Необхідність проведення таких робіт виникає у випадках усунення помилок, допущених при проектуванні, виготовленні та монтажу на будівельній ділянці, ліквідації наслідків надзвичайних подій та ін. Порядок та послідовність обстежень після аварій встановлено за «ДБН В.1.2-1-95. Положення про розслідування причин аварій (обвалень) будівель, споруд їх частин та конструктивних елементів».

11.1.1 Організація обстежень будівель

Обстеження будівель і споруд є найважливішою частиною комплексу робіт з оцінки їх технічного стану. У процесі обстеження необхідно визначити дійсну (фактичну) несучу здатність і експлуатаційну придатність будівельних конструкцій, основ та інженерного устаткування, з метою використання цих даних для складання акта огляду (технічного висновку) обстежуваних будівель і споруд, що знаходяться на території того чи іншого об’єкта.

Мета обстеження – використання цих даних для складання акта огляду (технічного висновку) обстежуваних будівель і споруд, що знаходяться на території того чи іншого об'єкта.

Обстеження необхідно проводити у три етапи.

Перший етап – збір попередніх даних; місце розташування будівлі чи споруди, ознайомлення з існуючою проектною документацією, актами огляду (технічним висновком) у попередні роки.

Другий етап – ознайомлення з характером конструкцій, загальним їх станом і розробка програми для подальшого детального обстеження. Необхідно враховувати терміни експлуатації, дані про раніше проведені ремонти й умови експлуатації, виникаючі деформації. Складається програма і намічається порядок виконання підготовчих робіт.

Третій етап – детальне обстеження об'єкта. Під час проведення детального обстеження виконуються розкриття, обмірювання конструкцій, необхідні для виконання перевірочних розрахунків і розробки робочих креслень для їхнього посилення. Проводиться *технічна діагностика* конструкцій (якщо у цьому є потреба) та інженерних систем, узяття проб матеріалу для випробування в лабораторних умовах. Якщо виникає потреба (при змозі) можуть бути проведені випробування конструкцій у натурних умовах.

Технічна діагностика – це окрема галузь, що вивчає технічні системи, у тому числі будівлі і споруди та їх елементи, виявляє причини, що викликають відмови і ушкодження, розробляє методи їх пошуку й оцінки; у підсумку вона дає інформацію про стан експлуатованих об'єктів.

Головне завдання діагностики полягає в розробці методів і засобів для одержання інформації про технічний стан об'єктів.

Діагностика займає центральне місце в експлуатації будівель; вона дозволяє об'єктивно оцінювати ефективність заходів по догляду за будівлями, виявляти необхідність і встановлювати обсяги ремонту. Її значення зростає у зв'язку зі значним фізичним (моральним) старінням будівель і споруд (до 65 % об'єктів на території Харківської області; при цьому витрачаються великі кошти і багато засобів, необхідних на їхню експлуатацію і ремонт), що ускладнює завдання експлуатації наявного будівельного фонду.

У своїй роботі комісія, яка призначена для обстеження будівлі або споруди, повинна керуватися всіма чинними нормативними та інструктивними документами з обстеження будівель і споруд та державними стандартами на дослідницькі роботи, проектування, будівництво й експлуатацію будівельних об'єктів.

Обсяг дослідження залежить від наявності первинної технічної документації, матеріалів попередніх оглядів і обстежень, стану конструкцій

та завдань по роботі комісії. Тому детальне обстеження може бути або суцільним, або вибірковим.

Звичайно роботи з обстеження виконуються у два етапи:

1) попереднє чи загальне (1-й і 2-й етапи поєднуються) обстеження;

2) детальне обстеження.

При цьому не виключається проведення обстеження в один етап.

11.1.2 Попереднє чи загальне обстеження

Попереднє чи загальне обстеження починається з огляду споруд чи їх окремих конструкцій, ознайомлення з технічною документацією та іншими матеріалами, що допомагають скласти уявлення про досліджуваний об'єкт.

Мета цього етапу: оглядом повинні бути виявлені ділянки й окремі конструкції, що мають ушкодження чи знаходяться в аварійному стані, і вжити заходів для їх тимчасового посилення.

Задачі попереднього обстеження: вивчення проектно-технічної та іншої документації, що дає можливість визначити наступні дані:

– початок і період будівництва;

– час проведення капітальних та інших видів ремонту, перебудови або перепланування, зміни характеру експлуатації;

– дати можливих аварій чи серйозних порушень умов експлуатації, аварій, пов'язаних із затопленням фундаментів чи підйомом ґрунтових вод;

– ознайомлення з робочими кресленнями споруди (архітектурно-будівельними, конструкторськими, внутрішніх інженерних мереж і зовнішніх комунікацій, інженерного устаткування), з розрахунковими навантаженнями і впливами, із заходами щодо захисту конструкцій від дії агресивних середовищ, зі схемами розміщення технологічного устаткування;

– про інженерно-геологічні умови будівництва й експлуатації.

Крім основної проектно-технічної документації, розробленої проектувальною організацією, мають використовуватись додаткові матеріали: акти передачі в експлуатацію, акти на приховані роботи, паспорти-сертифікати, журнали проведення робіт, журнали експлуатації, документи про проведені ремонти, будівельні реконструкції та ін.

За відсутності проектно-технічної документації чи її некомплектності необхідно виконати попередні обмірювання конструкцій та основні креслення будівель і споруд.

У процесі обмірювальних робіт необхідно фіксувати:

– деформації конструкцій та їх перевищення над припустимими;

– розміри перерізів і положення конструкцій у просторі (прив'язка до координатних осей);

– умови обпирання конструкцій, якість сполучень і стиків елементів;

– міцність матеріалів конструкцій (орієнтовно):

– порушення цілісності (отвори, сколювання, раковини та ін.), їх розшарування, зволоження і заморожування матеріалів конструкцій;

– підвищену тепло- і повітронепроникність огороджувальних конструкцій та інші дефекти й ушкодження специфічного характеру, що мають місце.

Для зручності проведення робіт і систематизації натурного обстеження рекомендується споруду розбивати на зони відповідно до характерних ознак за матеріалом і видом конструкцій, а також їх функціональним призначенням (балки, колони, плити перекриття, стіни та ін.), за поширенням експлуатаційних впливів на будівельні конструкції в обсязі будівлі чи споруди.

За результатами попередніх чи загальних обстежень відтворюється орієнтовна оцінка технічного стану будівельних конструкцій будівель і намічається програма їх детального обстеження.

11.1.3 Детальне обстеження

Детальне обстеження – один з етапів діагностики об'єктів; проводиться з метою збору остаточних максимально достовірних (обґрунтованих) даних щодо їх зведення для оцінки технічного стану будівельних конструкцій, що є основою для вибору конструктивного рішення при реконструкції будівель і споруд.

У результаті детальних обстежень будівельних конструкцій рекомендується зібрати наступні відомості:

– уточнені дані проектно-технічної документації;

– обмірювальні креслення, що фіксують положення будівельних конструкцій у плані й по висоті із зазначенням перерізів несучих елементів, осідань, переміщень та інших відхилень від проекту чи нормативних документів (вимог).

Далі необхідно виконати комплекс робіт з установлення фактичних значень фізико-механічних характеристик матеріалів, для чого повинні бути максимально використані неруйнуючі методи діагностики і лабораторні методи випробувань. Дані щодо виявлених дефектів і ушкоджень конструкцій, вузлів і сполучень уточнюються і систематизуються, а також збираються відомості про технологічне середовище, що впливає на конструкції, визначається величина статичних навантажень і впливів, а також динамічних, включаючи дані діагностики. Приймається розрахункова схема несучих конструкцій для виконання залишкових перевірочних розрахунків окремих елементів конструкцій і споруд у цілому.

При цьому детальне обстеження конструкцій у цілому чи їх частин рекомендується виконувати вибірковим або суцільним. Суцільне

обстеження припускає перевірку всіх конструкцій, а вибіркове – окремих елементів.

11.1.4 Суцільне обстеження

Суцільне обстеження повинно проводитися, насамперед, на тих об'єктах, для яких установлений коефіцієнт надійності за призначенням, рівний одиниці, і у всіх випадках, коли відсутня проектна документація чи виявлено дефекти будівельних конструкцій, які знижують їхню несучу здатність, неоднакові властивості матеріалів в однотипних конструкціях, умови навантаження, впливи агресивних стосовно матеріалів середовищ та інших несприятливих умов експлуатації.

Якщо у процесі суцільного обстеження виявляється, що не менше 20 % однотипних конструкцій, за їхньої загальної кількості більше 20 одиниць, знаходяться в задовільному технічному стані, то допускається не перевірені конструкції, що залишилися, обстежувати вибірково. Обсяг вибірково обстежуваних елементів повинен визначатися виходячи з конкретних умов (не менше 10 % кількості однотипних конструкцій, але не менше трьох).

На етапі детальних обстежень у процесі виконання обмірювальних робіт проводяться інженерно-геодезичні вишукування, з метою подальшої розробки достовірних креслень будівель і споруд, а також установлення точних геометричних осей несучих конструкцій та їхніх скривлень для уточнення розрахункових схем.

Інженерно-геологічні вишукування рекомендується проводити за відсутності робочих креслень фундаментів споруд, виконавчих документів по їх зведенню і матеріалів про інженерно-геологічні умови ділянки будівництва об'єкта, при розташуванні об'єкта на підроблюваній території або на основах, складних в інженерно-геологічному відношенні.

Спеціальні інженерні гідрологічні й гідрометеорологічні вишукування виконуються, з одного боку, у випадку проведення обстеження об'єктів, розташованих на підтоплених чи потенційно підтоплюваних територіях, у випадку експлуатації будівель і споруд у несприятливих умовах фізико-геологічних і гідрометеорологічних впливів, а з іншого боку – якщо є потреба у розробці заходів щодо охорони навколишнього середовища від несприятливого впливу на нього обстежуваного об'єкта.

У процесі виконання комплексу робіт з інструментального визначення фізико-механічних і фізико-хімічних властивостей матеріалів конструкцій слід виділити елементи, що експлуатуються в умовах впливу підвищених і низьких температур, агресивних середовищ та ін.

Під час проведення детального обстеження слід установити вид і ступінь агресивності середовища, проаналізувати стан матеріалів конструкцій, які не мають спеціальних захисних покриттів, з погляду довговічності й надійності самих конструкцій та захисних покриттів.

У процесі виконання усіх видів робіт з обстеження будівельних конструкцій необхідно вести точний облік отриманих даних у спеціальних журналах, оформляти акти обстежень на різні види робіт, прагнучи до оформлення інформації в табличній формі та її систематизації.

11.2 Завдання технічної діагностики

Як уже відмічалося, головним завданням технічної діагностики як науки є розробка методів і засобів для отримання інформації про технічний стан об'єктів.

Мета діагностики будівель – обґрунтований висновок про технічний стан окремих конструкцій та будівель в цілому, їх експлуатаційну придатність, інформація, де і коли відбуваються відхилення від норми.

У процесі діагностики будівельних конструкцій, а також будівель та споруд у цілому для визначення прогину та переміщень, фізико-механічних і фізико-хімічних властивостей матеріалів використовують найрізноманітніше обладнання та прилади. Всі технічні засоби, які використовуються у процесі обстежень будівель та споруд, можна поділити на два типи.

До першого типу відносять прилади, які використовують для визначення відповідності проектному розташуванню всієї споруди або її окремих елементів, включаючи деформації всіх видів.

Другий тип приладів призначений для визначення міцносних і деформативних властивостей матеріалів, з яких виготовлені конструкції споруд. Найбільш достовірні дані можна отримати шляхом прямих випробувань зразків матеріалів, вибірково взятих зі споруди. Однак вилучення дослідних зразків із конструкції є нелегкою справою, тому перевагу у процесі обстежувань діючих конструкцій віддають неруйнуючим методам випробувань.

Тому другий тип приладів, у свою чергу, поділяють на пристрої й механізми, які використовуються для випробування зразків, взятих з конструкції, та прилади для визначення характеристик матеріалів неруйнуючим методом.

Слід виділити пристрої та прилади, які широко використовуються для визначення фізико-механічних характеристик бетонів методами руйнування малих об'ємів безпосередньо в конструкціях (КМ, пружний відскок, ДПГ-4, по пластичних деформаціях, маятниковим приладом, ГПВН-5 по відриву частини бетону).

Кінцевою метою діагностики будівель є обґрунтований висновок про технічний стан окремих конструкцій та будівель у цілому, їх експлуатаційну придатність, інформація, де і коли відбуваються відхилення від норми.

11.2.1 Способи діагностики ушкоджень будівель і споруд

Розрізняють *візуальний* і *візуально-інструментальний* способи діагностики ушкоджень будівель і споруд.

У процесі ***візуального*** обстеження виявляються видимі дефекти й ушкодження, виконуються обмірювання, рисунки (ескізи), фотографії, використовуються найпростіші прилади; виявляють місця, які необхідно обстежувати більш детально за допомогою діагностичної техніки – інструментів, приладів і т.п. Візуальний огляд необхідно виконувати суцільним.

Візуально-інструментальний як спосіб діагностики здійснюють за допомогою спеціальних приладів. Це дозволяє виявляти дефекти і пошкодження конструкцій, не помітні при візуальному обстеженні. Візуально-інструментальний спосіб діагностики може бути *руйнуючим* і *неруйнуючим*. *Руйнуючими* називають методи, коли з конструкцій будівлі відбираються зразки матеріалів для випробування в лабораторних умовах. Такий спосіб діагностики є складним, трудомістким і в умовах експлуатації не завжди прийнятним. Крім того, в деяких випадках він може привести до пошкодження або послаблення конструкцій. Тому найбільш широко поширеними є методи контролю, які не руйнують конструкції; вони є менш трудомісткими, швидко дають результат і не послаблюють конструкцій.

Точність виміру параметрів неруйнуючими методами (10…15 %) є цілком достатньою для практичних цілей.

Детальне інструментальне обстеження споруд віднімає також багато часу і коштує дорого, тому потреба у ньому повинна бути достатньо обґрунтована при первинному візуальному огляді, старанність і вірогідність якого цілком залежить від кваліфікації і компетенції членів комісії.

11.2.2 Контроль параметрів експлуатаційних якостей будівель

Кожна будівля повинна задовольняти експлуатаційним, технічних, економічних, архітектурно-естетичним вимогам. Функціонально будівля має найбільш повно відповідати своєму призначенню, санітарно-гігієнічним, економічним та іншим вимогам протягом нормативного терміну служби.

Спостереження за станом будівель, споруд і будівельних конструкцій ведуться з метою визначення відповідності їх параметрів експлуатаційних якостей нормативним значенням.

Під терміном «*параметри експлуатаційних якостей*» (*ПЕЯ*) будівель розуміють науково обґрунтовані характеристики конструктивних та об’ємно-планувальних елементів, середовища і т. п.

Розрізняють дві групи ПЕЯ:

1-а група – параметри, що характеризують фізичну довговічність: показники міцності й допустимої деформативності; розкриття тріщин;

герметичність, теплоізоляція і звукоізоляція огороджувальних конструкцій; вологість матеріалу конструкцій тощо;

2-я група – параметри, що характеризують моральну довговічність: показники відповідності будівель сучасному призначенню по площі, висоті, об'єму, інженерного обладнання; гігієнічності; екологічності; комфортності і т. п.

Кожна споруда має основні та другорядні ПЕЯ. Можна виділити декілька більш загальних параметрів, що істотно впливають на їхню експлуатаційну придатність:

– міцність і стійкість конструкцій, будівлі в цілому;
– теплозахисні властивості;
– герметичність, зокрема великопанельних будівель;
– звукоізоляція;
– стан повітряного середовища;
– освітленість;
– вологість матеріалу конструкцій.

Перелік таких параметрів (нормативних чи розрахункових) установлюється проектом залежно від призначення будівлі чи споруди, матеріалів конструкцій та інших часткових факторів.

Порівнюючи фактичні значення параметрів, установлених при інструментальному оцінюванні, з нормативними, записаними у паспорті споруди, роблять висновок про експлуатаційну придатність конструкції та споруди, після чого приймають рішення про заходи, що необхідні для підтримки даного параметра на заданому нормами чи розрахунковому рівні.

Кожна будівля має задовольняти експлуатаційним, технічним, економічним, архітектурно-естетичним вимогам. Функціонально будівля повинна найбільш повно відповідати своєму призначенню, санітарно-гігієнічним, економічним та іншим вимогам у термін нормативного строку служби.

Спостереження за станом будівель, споруд та будівельних конструкцій ведуться задля визначення відповідності їх *параметрів експлуатаційних якостей* унормованим значенням.

До найбільш важливих заходів з контролю *параметрів експлуатаційних якостей будівель* відноситься визначення:

– динаміки розвитку тріщин у конструкціях;
– місцевих і загальних деформацій;
– міцності конструкцій;
– товщини стінок трубопроводів у процесі проведення контролю корозії;
– вологості деревини та інших матеріалів;
– товщини лакофарбових матеріалів;

– повітропроникності стиків конструкцій;

– теплозахисних якостей конструкцій;

– звукоізолюючої здатності огороджувальних конструкцій;

– місць ушкодження прихованої гідроізоляції.

Під час обстеження будівель, незалежно від їх матеріалу, для контролю деформаційних та міцнісних характеристик виконують наступні роботи:

– уточнюють розбивні осі споруди, її горизонтальні й вертикальні розміри;

– перевіряють прольоти і крок несучих конструкцій;

– заміряють основні геометричні параметри несучих конструкцій;

– визначають фактичні розміри розрахункових перерізів конструкцій та їх елементів і перевіряють їх відповідність проекту;

– визначають форми і розміри вузлів стикових з'єднань елементів та їх опорних частин, перевіряють їх відповідність проекту;

– перевіряють вертикальність і співосність опорних конструкцій, наявність і місцеположення стиків, місць зміни перерізів;

– заміряють прогини, вигини, відхилення від вертикалі, нахили, випинання, перекоси, зсуви і зрушення.

Окрім зазначеного:

– у кам'яних конструкціях визначають наявність тріщин і вимірюють величину їх розкриття;

– у залізобетонних конструкціях визначають наявність, розташування, кількість і клас арматури, ознаки корозії арматури і заставних деталей, а також стан захисного шару;

– у металевих конструкціях перевіряють прямолінійність стиснутих стрижнів, наявність сполучних планок, стан елементів з різкими змінами перерізів, фактичну довжину, катет і якість зварних швів, розміщення, кількість і діаметр заклепок або болтів, наявність спеціальної обробки та приганяння кромок і торців; для обстеження зварних з'єднань застосовують ультразвуковий контроль зварних швів і вихорострумовий контроль поверхні металу;

– у дерев'яних конструкціях фіксують наявність і величину викривлень елементів, розривів в поперечних перетинах елементів або тріщин по їх довжині, наявність і розміри ділянок біологічного ураження.

Методи контролю *параметрів експлуатаційних якостей будівель,* що найбільш часто зустрічаються у практиці експлуатації, розглядаються нижче.

11.2.3 Контроль деформацій будівель та їх конструкцій

Під впливом різних навантажень, залежно від фізико-механічних властивостей матеріалів конструкцій, їх геометричних характеристик, у будівлях можуть виникати деформації. Уявлення про напружений стан конструкцій можна одержати шляхом виміру й вивчення деформацій.

Деформації можуть мати дуже різний характер: у вигляді рівнобіжного зсуву перетинів конструкцій, розтягання чи стискання. Вони підрозділяються на *місцеві*, коли переміщення, прогини і повороти відбуваються в межах однієї конструкції (подовження чи стискання елементів), у вузлах сполучень і обпирання, і *загальні*, коли переміщаються й деформуються конструкції чи будівлі в цілому. *Деформації* можуть бути *залишковими чи пружними*, які зникають після зняття навантаження. Тому для оцінки стану конструкцій необхідно знати їхню геометричну характеристику до навантаження, під навантаженням і після його зняття.

Основною причиною появи загальних деформацій будівель і споруд є нерівномірні просідання основ (рис. 11.1). Надмірні переміщення останніх є наслідками допущених помилок при визначенні їхньої несучої здатності у процесі проектування або бувають викликані порушенням умов нормальної експлуатації, не передбаченої проектом, наприклад, при надмірному зростанні експлуатаційних навантажень, на дію яких будівля не була розрахована (рис. 11.2). Найчастіше – це порушення гідрогеологічних умов, замочування просадних ґрунтів, відтавання льодових прошарків, аварії систем водо- і теплопостачання та ін.

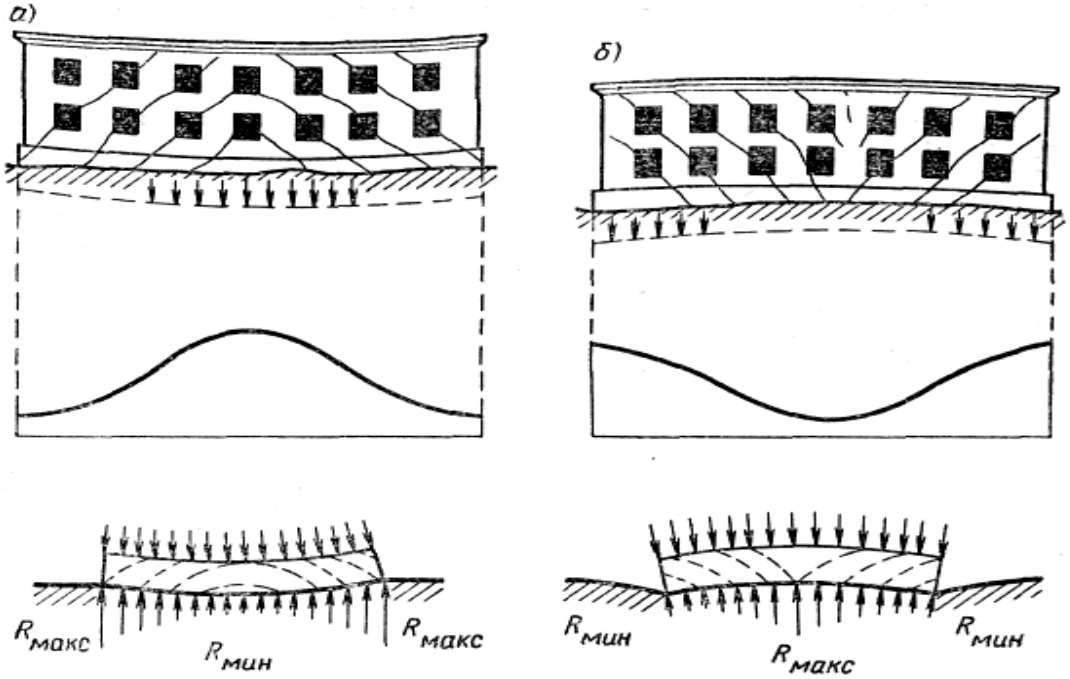


Рисунок 11.1 – Деформації будівель, викликані нерівномірним осіданням основ:

а – прогин; *б* – вигин

Для виміру просідань, кренів, зрушень будівель, споруд та їх конструкцій застосовують методи *інженерної геодезії*.

Вимір просідань будівель і споруд виконують шляхом зіставлення відміток *реперів* і *осадових марок*. Опорні репери закладають на глибину з таким розрахунком, щоб основою для них служили практично нестис-

ливі ґрунти (піщаники, щільні мергелі, глини древніх відкладень та ін.). Репери розташовують у 30...120 м навколо будівлі.

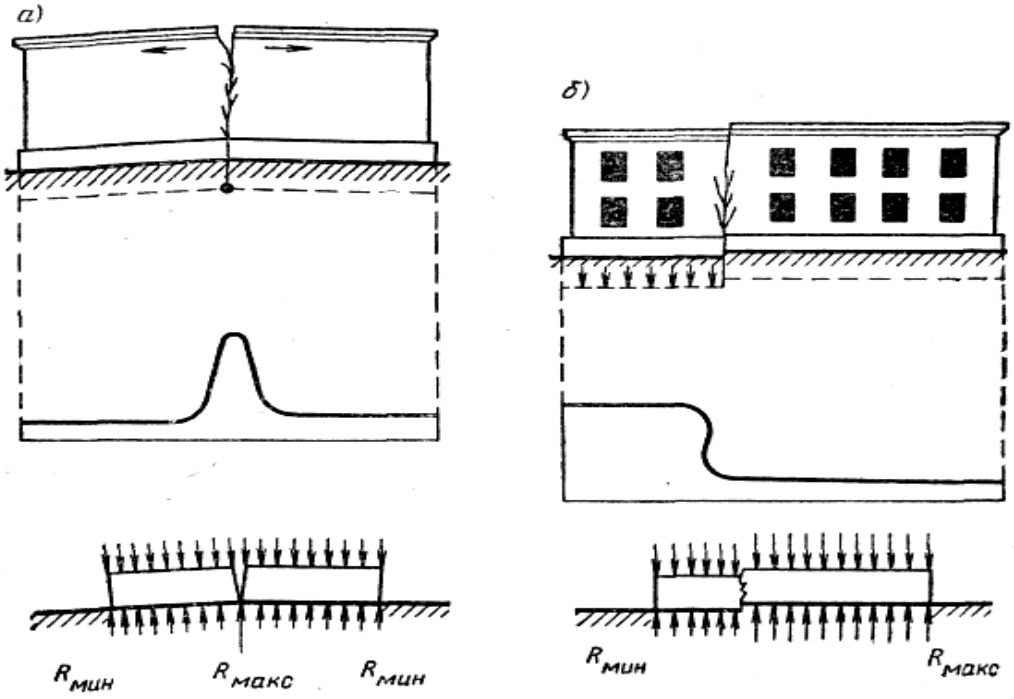


Рисунок 11.2 – Деформації зламу і сколювання: ***а*** **– злам;** ***б*** **– сколювання**

Осадові марки закладають у фундаменти по периметру споруди, номери пишуть на стінах (колонах) масляною фарбою. Нівелювання опорних *реперів* і *марок* виконують прецизійними *нівелірами*.

Визначати крени споруд можна різними способами: проектуванням допоміжної точки, виміром горизонтальних кутів, бічним нівелюванням. У цьому випадку робочим приладом служить *теодоліт*. Існують спеціальні прилади – *кренометри* і *клінометри*.

Вимір зсуву конструкцій споруд виконують за допомогою *теодолітів*.

Для визначення одночасно кількох точок будівлі чи споруди в одній площині чи у просторі, виконання виконавчих зйомок і будівельних обмірювань споруд, контролю точності будівельно-монтажних робіт, деформацій великорозмірних конструкцій за статичних і динамічних навантажень застосовують метод *інженерної фотограмметрії*. Цей метод, як правило, застосовують за відсутності можливості виконання обмірювальних робіт більш простими способами.

Для особливо точних геодезичних вимірів можуть бути використані лазерні прилади.

11.3 Діагностика бетонних і залізобетонних конструкцій

Завданням діагностики бетонних і залізобетонних конструкцій є визначення їх реального стану і прогноз подальшої працездатності. Залежно від результатів обстеження розрізняють такі категорії станів залізобетонних конструкцій:

I. Справний – виконуються вимоги чинних норм і проектної документації. Немає необхідності у проведенні ремонтно-відбудовчих робіт на момент обстеження.

II. Працездатний – *подекуди* вимоги норм по граничних станах II групи можуть бути порушені, але *в цілому* забезпечуються нормальні умови експлуатації. Захисні властивості бетону стосовно арматури на окремих ділянках вичерпані. Потрібні місцевий ремонт та відновлення антикорозійного захисту.

III. Обмежено працездатний – *у більшості* порушено вимоги чинних норм, але небезпека обвалення і загроза безпеці працюючих відсутня. Потрібне посилення і відновлення експлуатаційних властивостей.

IV. Непрацездатний – є ушкодження, що свідчать про небезпеку перебування людей у районі обстежуваних конструкцій. Потрібно вжити негайних заходів із посилення, обмеження навантажень.

V. Аварійний – є ушкодження, що свідчать про можливість обвалення конструкцій. Необхідне негайне розвантаження конструкції та улаштування тимчасових кріплень (стійок, підпірок, накладок та ін.).

У процесі загальних обстежень бетонних і залізобетонних конструкцій будівель та споруд фіксують і встановлюють наступні дані:

– площа і ступінь ушкодження захисних покриттів, гідроізоляції, покрівлі, підлог (пухирці, відшарування, корозія і т.п.);

– тріщини в бетоні конструкцій і зонах конструкцій, у яких вони не допускаються, або тріщини, ширина розкриття яких перевищує величини, передбачені нормами;

– руйнування захисного шару, оголення арматури;

– відколювання у бетоні механічного характеру;

– каверни, раковини, сторонні включення в бетоні;

– порушення зчеплення арматури з бетоном;

– відсутність зчеплення між старим і новим бетонами у стиках збірно-монолітних конструкцій, швах бетонування та ін.;

– зниження міцності бетону;

– ушкодження арматури і закладних деталей (надрізи, вирізи) механічного характеру, зсуви арматури і закладних деталей, невідповідність положення закладних деталей проекту; неспівосність випусків та ін. ушкодження у вузлах сполучення;

– наявність мокрих, маслянистих плям на бетоні, висолювань і розтріскувань бетону;

– невідповідність площадок обпирання збірних елементів у збірних спорудах проектним розмірам;

– корозійні ушкодження арматури і закладних деталей;

– вигинання арматури;

– ділянки корозійного ушкодження бетону, зміни його кольору;

– глибина нейтралізації бетону (абсолютна і відносно товщини захисного шару).

Для віднесення залізобетонних конструкцій до тієї чи іншої категорії станів на стадії загальних обстежень допускається використовувати зовнішні ознаки.

11.3.1 Дослідження корозії бетону та сталевої арматури

При визначенні на стадії загальних обстежень стану арматури і закладних деталей виявляють основний характер корозійних ушкоджень (тонкий наліт іржі, окремі плями корозії, суцільна рівномірна корозія, суцільна нерівномірна корозія, шарувата корозія – пластини іржі, місцева у виді виразок, крапкова у вигляді піттингів), а також товщину продуктів корозії та глибину корозійних ушкоджень.

Корозія арматури і закладних деталей залізобетонних конструкцій може бути *суцільною* (рівномірною чи нерівномірною), *місцевою* (виразки, плями), *точковою* (піттинги), а також у вигляді *корозійних тріщин*.

Корозію арматури найчастіше виявляють візуально за появою тріщин та іржавих плям на поверхні захисного шару бетону, а також електричним методом, що базується на вимірі швидкості спаду потенціалу.

Ступінь корозії арматури оцінюють за характером продуктів корозії (суцільна, виразкова, плямами, тонким нальотом, шарувата, колір, щільність і т.п.), площею ураження поверхні у відсотках від розкритої площі та глибиною корозійних ушкоджень. Глибину корозії за відносно рівномірної корозії визначають як напіврізницю проектного і фактично обмірюваного діаметра арматури. При виразковій корозії глибину виразок вимірюють голкою індикатора. Для арматури періодичного профілю відмічають залишкову висоту рифів після зачищення.

Об’єктивну інформацію про електрохімічний стан сталевої арматури в бетоні можна одержати зняттям поляризаційних кривих. Ці криві відбивають залежність між щільністю накладеного струму і потенціалом зразка арматури при його зануренні у водяну витяжку зі здрібненого цементного каменю або безпосередньо зразка арматурної сталі в бетоні.

Глибина повного руйнування бетону під впливом агресивних середовищ визначається видаленням ручним інструментом прокородованого шару з обов’язковим наступним визначенням міцності поверхневого шару, що залишається.

Збереження захисних властивостей антикорозійних покриттів оцінюють візуально. При цьому фіксують наступні основні види дефектів і ушкоджень: розтріскування і відшарування, що характеризують глибину руйнування верхнього шару (до ґрунтовки чи пофарбованої поверхні); пухирці та корозійні осередки, які характеризуються площею чи діаметром. Площу окремих видів ушкоджень покриттів відбивають орієнтовно у відсотках стосовно всієї пофарбованої поверхні конструкції чи ділянки.

Одним із поширених дефектів, що виникають при неправильній експлуатації будівель та споруд, є *промаслення* бетонних і залізобетонних конструкцій. Дослідження показують, що щільно покладений і високоміцний бетон практично не просочується мастилами. Бетон недостатньої щільності із тріщинами і раковинами може просочуватись технічними мастилами на значну глибину. Високий агресивний вплив на бетон створюють рослинні і тваринні олії, а також нафта і нафтопродукти. Міцність такого бетону може знижуватися в 2 рази.

Радіаційний вплив призводить до значного зниження міцності цементного каменю і, відповідно, бетону. Опромінення цементного каменю сприяє втраті (витискуванню) великої кількості води, що міститься в цементному камені. У результаті міцність бетону може зменшитися на 60...70 %.

Для оцінки стану обклеювального антикорозійного захисту фіксують порушення його цілісності, деформації, здуття, відшарування, наявність тріщин і т.п.

У процесі детальних обстежень додатково встановлюються:

– міцність бетону за результатами випробувань зразків неруйнуючими методами і шляхом їх добору з конструкцій з наступним визначенням класу відповідно до «ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції»;

– межа текучості чи умовна границя текучості арматури та її клас відповідно до ДБН В.2.6-98:2009 за зразками, взятими із залізобетонних конструкцій;

– стан антикорозійного захисту;

– товщина захисного шару;

– ширина розкриття тріщин на поверхні бетону на рівні арматури;

– вид, ступінь і глибина корозії бетону;

– фактичні робочі перерізи бетону без ділянок кородованого бетону, що вимагає видалення;

— ступінь корозії арматури, закладних і сполучних деталей, зварених швів із установленням фактичних непрокородованих перерізів і стадії корозійного ушкодження арматури.

У процесі обстежень залізобетонних конструкцій будівель та споруд під час експлуатації в умовах впливу агресивних середовищ додатково слід установити:

– ділянки корозійного ушкодження бетону, арматури і закладних деталей;

– характер, вид, ступінь і глибину корозійних ушкоджень;

– стан антикорозійного захисту.

Як відомо, у бетонних і залізобетонних конструкціях найбільш уразливою складовою бетону є цементний камінь.

При дослідженні бетону в залізобетонних конструкціях визначають:

– глибину нейтралізуючого шару бетону шляхом аналізу реакції спиртового розчину фенолфталеїну на свіжооброблений відкол бетону захисного шару;

– очікувану глибину карбонізації та нейтралізації бетону агресивними газами;

– вид і відносну кількість продуктів корозії (гіпсу, карбонату кальцію, гідросульфоалюмінату кальцію та ін);

– кількісну й якісну структуру цементного каменю шляхом оптико-мікроскопічних досліджень;

– концентрацію водневих іонів у водяній витяжці з цементного каменю за допомогою ph-метра.

Пожежа або вплив високих температур можуть зумовити зниження міцності бетону й арматури в будівельних конструкціях залежно від температури нагріву. У процесі обстеження конструкцій, що зазнали впливу пожежі, для отримання|здобуття| достовірних даних рекомендується встановити:

– час виявлення пожежі;

– зону поширення пожежі та час інтенсивного горіння;

– температуру в приміщеннях під час пожежі;

– місце знаходження осередку пожежі;

– засоби гасіння пожежі;

– максимальну температуру нагріву бетону, арматури, закладних деталей і зварних з’єднань;

– розподіл температури по ділянках конструкцій під час пожежі.

11.3.2 Методи і засоби спостереження за тріщинами

Тріщини в конструкціях служать зовнішніми ознаками їх перевантаження й деформації. Вони можуть бути викликані різними причинами, мати різні наслідки, а тому вони підрозділяються на **небезпечні** (в цей час чи в перспективі) і **безпечні**. У разі виявлення тріщин важливо з’ясувати причину їх виникнення і дати правильну характеристику: установити, продовжується їх розвиток чи припинився.

Дрібні тріщини у вигляді сітки неправильного обрису й однакової ширини виникають внаслідок застосування недоброякісного цементу

або через нестандартне температурно-вологісне оброблення бетону при його твердінні; це *усадкові тріщини*. Вони небезпечні, тому що можуть призвести до розкриття арматури, а тим самим і до доступу агресивного середовища. Такі тріщини виникають на великих панелях через температурні впливи, частка яких у загальній кількості дефектів у збірних залізобетонних конструкціях досягає 60 %.

Тріщини, що з'явилися в експлуатаційний період, бувають наступних видів:

— тріщини, що виникли внаслідок температурних деформацій через порушення вимог улаштування температурних швів чи неправильний розрахунок статично невизначеної системи на температурні впливи;

— тріщини, викликані нерівномірністю просідання ґрунтової основи, яка може бути пов'язана з порушенням вимог улаштування осадочних деформаційних швів, аварійним замочуванням ґрунтів, проведенням земляних робіт у безпосередній близькості від фундаментів без забезпечення спеціальних заходів;

— тріщини, що спричинені силовими впливами, які перевищують здатність залізобетонних елементів сприймати розтягувальні напруги.

Тріщини силового характеру необхідно аналізувати з погляду напружено-деформованого стану залізобетонної конструкції.

Орієнтовну міцність бетону у процесі проведення загальних досліджень можна встановлювати на основі неруйнуючих експрес-методів. При встановленні фактів збільшеного розкриття тріщин і утворення небезпечних тріщин виходять з того, що, як правило, вони є наслідком наступних явищ:

— збільшення зусиль у конструкціях, викликаного різними причинами;

— порушення вимог технології виготовлення конструкцій;

— зниження міцності бетону;

— утрати зчеплення арматури з бетоном.

Тріщини в захисному шарі бетону, орієнтовані уздовж стрижнів подовжньої й поперечної арматури, утворюються внаслідок поперечного розширення бетону продуктами корозії арматури і свідчать про недостатню її стійкість до експлуатаційних впливів, а також про можливе зниження зчеплення прокородованої чи промасленої арматури з бетоном.

Вертикальні тріщини в розтягнутій зоні у прольотах елементів, що згинаються, і діагональні на ділянках біля опор із розкриттям вище допустимих меж для відповідної категорії тріщиностійкості свідчать про перевантаження конструкцій чи недостатність їх несучої здатності по згинальному моменту і поперечній силі.

Подовжні тріщини у стиснутих елементах за відсутності корозії арматури утворюються за рахунок перевантажень цих конструкцій, зниження міцності бетону чи надмірного вигину подовжньої арматури вна-

слідок збільшеного, в порівнянні з необхідним за нормами, кроку поперечної арматури.

Найпростішим методом визначення ширини розкриття тріщини в залізобетонних конструкціях є *шкала*, яка прикладається до тріщини. Для застосування цього методу використовують набір, який складається з лінзи, трафарету, щупу та шкали для контролю стану і розмірів тріщин у залізобетоні.

Ширина розкриття тріщин також вимірюється відліковим мікроскопом.

Важливим засобом в оцінці деформацій конструкцій, зокрема тріщин, є *маяки*; вони дозволяють установити якісну картину деформації (а *важільні маяки* – і їхню величину). ***Маяки*** являють собою пластини з гіпсу, які накладаються поперек тріщини, або дві скляні пластини із закріпленим одним кінцем кожної по різні сторони тріщини, чи важільну систему. Розрив гіпсового *маяка* чи зсув пластин по відношенню одна до одної свідчить про розвиток деформації.

11.3.3 Методи і засоби контролю стану бетонних і залізобетонних конструкцій

Вимоги до якості бетону в будівництві, його однорідності, щільності, модулю пружності і т. ін. постійно підвищуються. Будівельники прагнуть підвищити якість за допомогою збільшення міцності, а також удосконалюванням технології виготовлення будівельних деталей. Однак досягти цієї мети можна лише тоді, коли результати випробувань при контролі якості виробів є однозначними і достовірними. За допомогою випробувань зразків фахівці повинні, використовуючи свій досвід, зробити вірний вибір будівельних матеріалів та впевнено оцінити придатність будівельних конструкцій.

Відомо, що деякі методи випробувань пов'язані з руйнуванням зразків. У разі застосування *руйнуючих методів* фізико-механічні властивості кам'яних матеріалів (міцність, щільність, вологість|вогкість| і т.п.) стін і фундаментів визначають випробуванням зразків|взірців| і проб, узятих безпосередньо з|із| тіла обстежуваної конструкції або довколишніх|сусідніх| ділянок, якщо є|наявний| докази ідентичності вживаних на цих ділянках матеріалів. Випробувавши зразки до їхнього руйнування, роблять висновки про невипробувані будівельні конструкції тієї ж серії виготовлення. Цей вид контролю для будівель та споруд не є достатнім і задовільним.

Використання *неруйнуючих методів* випробувань дозволяє отримати оперативну інформацію щодо якості бетонних конструкцій, у тому числі при аваріях споруд і поступовій деградації бетону.

Надійні методи дослідження, що не руйнують матеріалу бетонних конструкцій, дозволяють визначити глибину закладення й однорідність матеріалу глибоких бетонних фундаментів, виявити ділянки розшарованого бетону в настилах, визначити положення і діаметр сталевої арматури, ступінь корозії закладних металевих частин, оцінити фізико-механічні характеристики бетону в будівельних конструкціях і ступінь ушкодження цього матеріалу. Але під час дослідження бетонних та залізобетонних конструкцій неруйнуючими методами для зменшення похибки рекомендується проводити комплексні випробування, які включають і руйнуючі методи.

Раніше помилково вважали, що однорідність бетону гарантується ретельним перемішуванням бетонної суміші. Але це невірно, тому що щільність і модуль пружності бетону залежать від виду використаних матеріалів і складу бетонної суміші. На міцність бетону впливає не тільки характеристика в'яжучого і заповнювача, але також величина водоцементного відношення та умови твердіння бетонної суміші. На ці показники впливають також геометрична форма конструкції та розміри фракцій заповнювача. Навіть при ретельному перемішуванні бетонної суміші частки в'яжучого і заповнювача розподіляються нерівномірно. Це впливає на проходження ультразвукових хвиль і гамма-променів. А відтак шляхом використання відповідних методів контролю можна визначити місця такого нерівномірного розподілу складових частин.

Складнощі у разі впровадження неруйнуючих методів дослідження пов'язані з тим, що існуючі стандарти щодо випробувань будівельних матеріалів важко застосовувати для дослідження спеціальних споруд. Дійсно, метод лабораторних випробувань зразків матеріалу, що дає добрі результати, може бути непридатним у випадку обстеження бетонної зовнішньої стіни будівлі або споруди, відкритої для взяття такого зразка тільки з однієї внутрішньої сторони. Таким чином, без урахування конкретних умов важко вибрати найбільш ефективний метод і одержати достовірні результати, які можна використовувати для прийняття правильних рішень. Тому для дослідження матеріалу потрібні різні методи дослідження, зумовлені характером і компонуванням споруд.

У бетонних і залізобетонних конструкціях для перевірки та визначення міцності бетону, системи армування та інших характеристик використовують різні методи неруйнуючого контролю, серед яких:

– механічні методи;

– ультразвукові методи;

– методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій;

– магнітні методи;

– радіаційні методи.

11.3.4 Механічні методи неруйнуючого контролю бетону

Механічні методи неруйнуючого контролю застосовують для визначення міцності бетону усіх видів нормованої міцності, контрольованих за ГОСТ 18105-86 «Бетоны. Правила контроля прочности», а також для визначення міцності бетону у процесі обстеження і відбраковування конструкцій.

Поверхнева міцність (твердість) поверхневого шару бетону чи кладки оцінюється ***склерометричними методами,*** регламентованими «ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля», «ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції» та «ДБН В.2.6-162:2010. Кам'яні та армокам'яні конструкції», які діють в Україні. Також цими стандартами визначаються інші механічні неруйнуючі методи контролю міцності бетону.

Чинні стандарти поширюються на важкі та легкі бетони і встановлюють методи визначення міцності на стиск у конструкціях за пружним відскоком, пластичною деформацією, ударним імпульсом, відривом, відривом зі сколюванням і сколюванням ребра.

Міцність бетону визначають за попередньо встановленими градуювальними залежностями між міцністю бетонних зразків за «ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» і непрямими характеристиками міцності.

Залежно від застосовуваного методу непрямими характеристиками міцності є:

– значення відскоку бойка від поверхні бетону (чи притиснутого до неї ударника);

– параметр ударного імпульсу (енергія удару);

– розміри відбитків на бетоні (діаметр, глибина і т.п.) чи співвідношення діаметрів відбитків на бетоні та стандартному зразку при ударі індентора чи його вдавленні в поверхню бетону;

– значення напруги, необхідної для місцевого руйнування бетону при відриві приклеєного до нього металевого диска, рівної зусиллю відриву, діленому на площу проекції поверхні відриву бетону на площину диска;

– значення зусилля, необхідного для сколювання ділянки бетону на ребрі конструкції;

– значення зусилля місцевого руйнування бетону при вириванні з нього анкерного пристрою.

<u>Метод пластичних деформацій.</u> Цей метод ґрунтується на взаємозв'язку міцності бетону із розмірами відбитків на бетонній поверхні, отриманих при втисненні штампа при статичному або динамічному навантаженні. Геометричні розміри відбитка

характеризують пластичну чи пружнопластичну деформацію бетону при статичному або динамічному навантаженні. Методи *пластичних деформацій* реалізуються за допомогою молотків Фізделя, Кашкарова, приладів – дискових приладів ПМ, ДПГ-4 і ДПГ-5.

Метод пружного відскоку. Серед неруйнуючих склерометричних методів контролю міцності бетону особливе місце займає метод пружного відскоку. Він ґрунтується на вимірюванні відскоку підпружинених молотків (склерометрів) від бетонної поверхні та характеристиці міцності бетону за величиною відскоку.

Цей метод характеризується найменшою трудомісткістю, високою швидкістю проведення випробувань. Прилади, що використовуються при застосуванні цього методу, є зручним і надійним в експлуатації й не вимагають яких-небудь джерел живлення. Пружинні склерометри, за допомогою яких реалізується метод пружного відскоку, показали найбільшу точність, у порівнянні з іншими приладами цього методу, що зіставляються, і методом пластичної деформації. Метод *пружного відскоку* реалізується за допомогою молотка Шмідта.

Метод ударного імпульсу – склерометричний метод. Під час випробування методом ударного імпульсу відстань від місць проведення випробування до арматури повинна бути не менше 50 мм. *Метод ударного імпульсу* реалізується за допомогою *склерометра* КМ.

Метод відриву. Цей метод базується на відриванні сталевого диска, приклеєного до бетонної поверхні. *Метод відриву* реалізується за допомогою приладу ГПНВ-5.

Метод сколювання ребра. Метод ґрунтується на вимірюванні зусилля сколювання частини бетону від ребра конструкції. *Метод сколювання ребра* реалізується за допомогою приладу УРС.

Метод відриву зі сколюванням. Вказаний метод ґрунтується на вириванні спеціальних анкерів з тіла бетонної конструкції та вимірюванні зусилля сколювання частини бетону від ребра. *Метод відриву зі сколюванням* реалізується за допомогою приладів ГПНВ-5, ГПНС-4, ГПНС-5.

11.3.5 Фізичні методи та засоби контролю залізобетону

Для перевірки і визначення стану бетонних і залізобетонних конструкцій, системи армування залізобетонних конструкцій (розташування арматурних стрижнів, їх діаметра, товщини захисного шару бетону) використовують:

– ультразвукові методи контролю бетону;

– магнітний метод – за «ГОСТ 22904-93. Конструкції залізобетонні. Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури»;

– радіаційні методи – за «ГОСТ 17625-83. Конструкції і вироби залізобетонні. Радіаційний метод визначення товщини захисного шару бетону, розмірів і розташування арматури» (застосовуються у випадках необхідності);

– контрольне розкриття бетону з оголенням арматури для безпосереднього виміру діаметра і кількості стрижнів, оцінки класу арматурної сталі за конфігурацією профілю і визначення залишкового перерізу стрижнів, які зазнали корозії.

Ультразвукові методи контролю бетону

Акустико-емісійні методи контролю стану бетонних і залізобетонних конструкцій полягають у генерації пружних хвиль напруги у твердих тілах у результаті локальної динамічної перебудови їх структури. Акустико-емісійні методи базуються на аналізі параметрів цих хвиль. Найбільш придатними з них є методи ультразвукового контролю (УЗК) як найбільш достовірні, оперативні, мобільні та такі, що дозволяють проводити масовий контроль із мінімальними трудовитратами.

Оскільки швидкість проходження, відбиття і дифракція ультразвукових хвиль коливаються залежно від властивостей матеріалу обстежуваної конструкції та форми окремих фракцій, то будь-яка швидкість, підрахована для кожної ділянки бетону, буде усередненою для всіх різних за формою і розмірами фракцій, розташованих на шляху поширення ультразвуку.

У бетонних і залізобетонних конструкціях міцність бетону визначають ультразвуковим методом – за «ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности». У процесі дослідження будівельних конструкцій за допомогою ультразвуку застосовуються такі методи:

– ультразвуковий метод при наскрізному прозвучуванні;

– ультразвуковий метод при подовжньому профілюванні годографа;

– ультразвуковий імпульсний метод для визначення глибини тріщин;

– ультразвуковий метод при подовжньому профілюванні для визначення зони порушення структури бетону;

– ультразвуковий імпульсний метод для визначення товщини ушкодженого шару бетону.

Магнітний метод ґрунтується на взаємодії магнітного або електромагнітного поля приладу зі сталевою арматурою залізобетонної конструкції.

Товщину захисного шару бетону і розташування арматури в залізобетонній конструкцій визначають на основі експериментально

встановленої залежності між показаннями приладу і вказаними контрольованими параметрами конструкцій.

Радіаційні методи, як правило, застосовують для обстеження стану і контролю якості збірних і монолітних залізобетонних конструкцій під час будівництва, експлуатації та реконструкції особливо відповідальних будівель і споруд.

Радіаційні методи базуються на просвічуванні контрольованих конструкцій іонізуючим випромінюванням і отриманні при цьому інформації про внутрішню будову конструкцій за допомогою перетворювача випромінювання. Просвічування залізобетонних конструкцій проводять за допомогою джерел:

– випромінювання рентгенівських апаратів;
– випромінювання гамма-апаратів;
– гальмівного випромінювання бетатронів;
– випромінювання закритих радіоактивних джерел на основі ^{60}Co, ^{137}Cs, ^{192}Ir, ^{170}Tm .

Радіаційний метод з використанням бетатронів, гамма - апаратів, рентгенівських апаратів (ГОСТ 17625-83)

Оцінку товщини захисного шару бетону, розмірів і розташування арматури і закладних деталей проводять шляхом порівняння значень, одержаних за результатами просвічування іонізуючим випромінюванням, з показниками, передбаченими відповідними стандартами, технічними умовами, кресленнями залізобетонних конструкцій або результатами розрахунку

Радіографічний метод з використанням радіоактивних ізотопів використовується для визначення дефектів у бетоні та залізобетоні. Для дослідження різних конструкцій можуть використовуватися радіографічні методи:

– із внутрішнім розташуванням радіоактивних ізотопів;
– із зовнішнім розташуванням радіоактивних ізотопів.

Питання для семінарського заняття

1. Наведіть та охарактеризуйте основні етапи обстеження будівель.
2. Вкажіть, які особи входять до складу комісій з обстеження будівель та споруд.
3. Охарактеризуйте попереднє (загальне) обстеження.
4. Охарактеризуйте детальне обстеження.
5. Охарактеризуйте суцільне обстеження.

6. Поясніть, в чому полягають завдання технічної діагностики.

7. Наведіть та охарактеризуйте основні способи обстеження конструкцій будівель та споруд.

8. Наведіть та охарактеризуйте основні методи і засоби контролю параметрів експлуатаційних якостей будівель та споруд.

9. Поясніть, в чому полягають основні переваги неруйнуючих методів дослідження будівельних конструкцій у порівнянні з руйнуючими.

10. Вкажіть, яким нормативним документом регламентується визначення міцності бетону неруйнуючими механічними методами контролю.

11. Вкажіть, які існують непрямі характеристики міцності бетону залежно від обраного методу контролю.

12. Охарактеризуйте метод пружного відскоку.

13. Охарактеризуйте метод відриву.

14. Наведіть дані, які фіксують та встановлюють при загальних обстеженнях бетонних і залізобетонних конструкцій спеціальних споруд.

15. Наведіть основні зовнішні ознаки категорій станів конструкції на стадії обстеження.

16. Вкажіть, які параметри з'ясовуються при визначенні на стадії загальних обстежень стану арматури і закладних деталей.

17. Вкажіть, які дані визначаються у процесі дослідження бетону в залізобетонних конструкціях.

18. Розкрийте основні положення з обстеження арматури.

19. Дайте основну характеристику методів визначення дефектів у бетонних та залізобетонних конструкціях будівель та споруд.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: навчальний посібник / Васильченко О.В. – Харків, 2007. – 257 с.

2. Васильченко О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник. / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – 372 с.

ЛЕКЦІЯ 12
РЕМОНТ І ПОСИЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

План:

12.1 Види ремонту та посилення будівельних об'єктів

12.2 Технічна експлуатація та посилення основ

12.3 Технічна експлуатація, ремонт і посилення фундаментів

12.4 Технічна експлуатація і посилення стін та елементів фасаду будівель

12.5 Технічна експлуатація дахів та покрівель

12.6 Посилення та відновлення колон

12.7 Посилення та відновлення балок і ферм

12.8 Підсилення плит перекриттів

12.1 Види ремонту та посилення будівельних об'єктів

Якість будівництва характеризується сукупністю показників проектів, використанням будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, а також виконанням будівельних та монтажних робіт у процесі зведення будівель і споруд різного призначення. Недолік, допущений на кожному етапі проектування та будівництва, підсумовується у загальному стані будівлі, споруди і виражається в дефектах окремих конструкцій. Все це вимагає правильного прийняття рішення щодо усунення чи виправлення дефекту та попередження помилок аналогічного характеру.

Ремонт і підсилення конструкцій промислових будівель здійснюється за «ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огороджувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд». Ремонт житлових будинків здійснюється за «ДБН В.3.2-2-2009. Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт».

Ремонтом називають окремі заходи, що проводяться для відновлення міцності та стійкості окремих елементів, цілих конструкцій та споруд. Ремонт має бути заходом профілактичного характеру, який вчасно усуватиме настання значних деформацій і, тим більше, обвалення конструкцій. На характер ремонтних робіт впливають наступні умови:

- фактичний стан конструкцій та ступінь їх деформованості;
- габарити, форма і типи вузлових з'єднань;
- пора року, коли проводяться ремонтні роботи;
- обсяг відбудовних робіт та їх причини;
- особливості методу відновлення.

Посилення (підсилення) – комплекс заходів, які забезпечують нормальні умови експлуатації будівель та конструкцій шляхом збільшення

несучої здатності елементів порівняно з тими, що існували на момент проведення обстеження.

Посилення бувають:

– тимчасовими;
– невідкладно-аварійними;
– постійними;
– перспективними (прогресивними).

Тимчасове посилення повинно бути спрощеним і має своєю метою запобігання аварійній ситуації до початку аварійних робіт. Матеріали, що використовуються при конструктивному посиленні, можуть відрізнятися від застосовуваних (це може бути дерево, тяжі, троси), а їх з'єднання слід виконувати на болтах, що забезпечить можливість їхнього демонтажу.

Невідкладно-аварійне посилення застосовується в екстрених випадках і має ті самі особливості, що й тимчасове.

Головними факторами, що визначають вибір **постійного** посилення, є або вартість, або зручність його здійснення.

Прогресивне (перспективне) посилення характерне здебільшого для промислових будівель, виконаних зі сталевих конструкцій. Воно передбачає можливості збільшення крановим навантаженням у процесі впровадження нових технологій.

Посилення, незалежно від матеріалу конструкцій, може здійснюватися за допомогою наступних основних методів:

1. Посилення шляхом *збільшення перерізу робочого елемента* за допомогою:

– встановлення *обойми*;
– *додавання шарів матеріалу*.

2. Посилення шляхом *зміни конструктивної та розрахункової схем підсилення* за допомогою:

– підведення нових конструкцій;
– постановки додаткових зв'язків (розпірок, діафрагм, ребер та ін.).

3. Посилення шляхом *штучного регулювання напруг*.

Конкретний метод рекомендований залежно від елемента, характеру його роботи, будівельного матеріалу, з якого він виготовлений, умов експлуатації та з техніко-економічних розумінь.

При виборі способу посилення будь-яких несучих конструкцій має бути враховано багато факторів і насамперед забезпечені:

– мінімальна тривалість зупинки технологічного процесу;
– максимальне виконання підготовчих робіт за межами зони ремонту;
– технологічність конструктивних рішень посилення, серійність і

простота виготовлення нових конструкцій;

– необхідні монтажні засоби;

– висока якість ремонтних робіт;

– ремонтопридатність нової конструкції.

Слід врахувати також можливість здійснення профілактичних заходів як тимчасового, так і постійного характеру, зокрема зняття чи зменшення тимчасових і постійних навантажень на конструкції, що ремонтуються (тоді, при завантаженні елементів, посилення краще включаються в роботу), очищення їх від снігу, пилу, збільшення відстані між рухомими навантаженнями (кранами, тельферами), обмеження їхньої вантажопідйомності, а також усунення технологічних впливів шляхом зниження агресивності середовища, перепадів температур і т. под.

Нарощування перерізу елементів є ефективним видом підсилення. При цьому використовують методи встановлення обойми або додавання шарів матеріалу.

Обойма – спеціальна конструкція, яка, обтискуючи конструктивний елемент із двох боків або по периметру перерізу, підвищує його жорсткість. Розрізняють звичайні та попередньо напружені обойми. Обойми виготовляють із залізобетону або сталі та використовують, коли є можливість повного або часткового розвантаження елемента на момент його підсилення. Арматура обойми не зв'язана з арматурою основного перерізу, але частини обойми повинні бути зв'язаними між собою.

Підсилення за рахунок ***додавання шарів матеріалу*** буває одно-, дво-, тришаровим та замкненим. Його роблять з бетону або залізобетону. При цьому арматура підсилення зв'язана з арматурою основного конструктивного елемента. У разі підсилення додаванням шарів матеріалу висуваються такі вимоги:

– міцність бетону підсилення повинна бути вищою за міцність бетону основи;

– вживають заходів щодо покращення сумісної роботи перерізів основи та підсилення.

Дуже ефективним видом реконструкції є ***зміна конструктивної схеми***. Однак такий спосіб виключає всякий шаблон у виборі прийомів посилення і вимагає чітко індивідуального підходу для кожного конкретного випадку. Він є доцільним для будь-якого виду посилення й ефективним для більшості конструкцій: балок, ферм, арок, просторових конструкцій. Принципово такий спосіб посилення може бути класифікований за наступними ознаками:

– без перетворення в нові конструктивні форми;

– з частковим перетворенням у нові конструктивні форми;

– з повним перетворенням у нові конструктивні форми.

Зміну конструктивної схеми може бути здійснено не тільки за рахунок зміни поперечної схеми, але й у деяких випадках – і подовжньої за

рахунок постановки нових зв'язків просторової жорсткості. Основними перевагами такого посилення є:

– можливість посилення всього спорудження, а не його окремих елементів;

– відсутність у більшості випадків необхідності в повному попередньому розвантаженні;

– можливість регулювання зусиль з погляду найбільш сприятливого їхнього розподілу;

– можливість використання попередньої напруги конструкцій;

– мала трудомісткість, технологічність і порівняно невелика витрата металу.

Ефективність обраного способу посилення будь-яких конструкцій, витрати на його проведення, як і на ремонтні роботи в цілому, важко точно визначити заздалегідь за діючими розцінками, через те що погано піддаються розрахунку збитки унаслідок порушення ритму виробництва, непередбачених ускладнень під час проведення ремонту та ін. Та все-таки економічні розрахунки повинні проводитися, тому що вони дають найбільше повне і достовірне уявлення про ефективність посилення чи ремонту конструкції.

12.2 Технічна експлуатація та посилення основ

Технічна експлуатація основ полягає в утриманні прибудинкових ділянок і спостереженні за осіданням будинків. Оберігаючи основи від перезволоження, вертикальне планування ділянки виконують з ухилами від будівлі, що дозволяють відвести паводкову воду. Систематично перевіряють збереження вимощення; тріщини і щілини, що утворилися між стіною і вимощенням, ретельно зашпаровують.

Осідання будівлі перевіряють, якщо на стінах з'являються тріщини. За встановленими реперами досліджують їхній розвиток. У тих випадках, коли різниця осідань між точками перевищує $0{,}002L$ (L – відстань по горизонталі між точками) чи з'являється крен вище $0{,}004H$ (H – висота будівлі), організовують постійне спостереження, результати якого фіксують у спеціальних журналах.

Основи під будівлями підсилюють у двох випадках: коли в результаті реконструкції та капітального ремонту масу будівлі збільшують за рахунок підвищення поверховості, улаштування важких перекриттів чи збільшення корисного навантаження на них, і якщо виявлені деформації стін і фундаментів.

У процесі реконструкції застосовують ті самі методи посилення, що і при влаштуванні штучних основ, але найбільш поширеними у практиці стали *цементація* і *силікатизація* ґрунтів. Деякі інші методи вимагають підвищеної обережності під час провадження робіт. Наприклад, застосовуючи зміцнення ґрунтів зниженням рівня ґрунтових вод, завжди беруть

до уваги, що ущільнення супроводжується просіданнями, тому всі ті будівлі, що закладені у водоносному шарі і потрапили у зону водозниження, перевіряють на міцність з урахуванням можливих нерівномірних просідань. У період виконання робіт за ними встановлюють спостереження. Сусідню забудову обстежують і для того, щоб переконатися у відсутності в зоні проведення робіт будівель на дерев'яних палях. Ці палі швидко згниють, якщо виявляться поза ґрунтовою водою.

Складність виконання робіт під час проведення реконструкції полягає в тім, що підсилювати доводиться основу безпосередньо під існуючими фундаментами, а це викликає значні труднощі. Роботу доводиться виконувати тільки невеликими ділянками й увесь час стежити за технічним станом конструкції будівлі.

Звичайно ґрунти не підсилюють окремо. Розглядають спільну роботу основ і фундаментів. Вивчають не тільки геологію ділянки і стан основи під підошвою, але обстежують схеми передачі навантажень на ґрунти, розміри і форму фундаментів.

12.3 Технічна експлуатація, ремонт і посилення фундаментів

Фундаменти експлуатують, стежачи одночасно за осіданням основ і деформаціями фундаментів. Виявляють дефекти, організовують постійне спостереження. Догляд за конструкціями полягає в запобіганні потраплянню води за стіни фундаментів, ремонті зливальних лійок ринв і зливів на карнизах цоколя.

Найбільш серйозним дефектом фундаментів є *деформації.* Вони можуть бути *локальними*, розповсюдженими на окремі ділянки, і *загальними*, коли дефекти спостерігають по всьому периметру будівлі чи її частини. В основі таких дефектів лежать не тільки нерівномірні осідання ґрунтів основи. Причиною можуть бути прорахунки, допущені при будівництві й експлуатації.

У фундаментах старих будинків достатньо часто відволожуються стіни цоколя. Причина цього – порушення горизонтальної гідроізоляції, що прокладається по обрізі фундаменту, чи збільшення товщини культурного шару настільки, що рівень вимощення виявляється вищим за гідроізоляцію і вона втрачає своє значення. У разі обстеження іноді виявляють порушення монолітності кладки, в основному із зовнішньої поверхні, що відбувається через вилуговування розчину.

Необхідність посилення і ремонту викликають не тільки дефекти, вказані вище – це може бути наслідком збільшення навантаження при ремонті будівель.

Залежно від причин, які призвели до стану, коли несуча здатність фундаментів не задовольняє висунутим вимогам, конструкції підсилю-

ють одним з методів, поданих нижче. Ці методи умовно поділяють на *локальні* і *загальні*.

До *локальних* відносять усі види «лікування» деформованих ділянок: торкретування, цементацію, улаштування обойм, розширення підошви, заміну дерев'яних частин, перекладку і поглиблення фундаментів. До *загальних* заходів зараховують улаштування фундаментних плит і напружених поясів.

Торкретування – нанесення на поверхню будівельних виробів шару бетону під тиском стиснутого повітря. Його застосовують для зміцнення кладки, ослабленої по поверхні через вилуговування розчину. Цей спосіб дозволяє не тільки усталити конструкцію, але і зробити її менш водопроникною.

Цементація фундаментів **–** нагнітання цементного розчину у фундаментну стіну. Її виконують, якщо монолітність кладки порушена по всій товщі. Цей спосіб є простішим, ніж заміна кладки на нову. Процес цементації є аналогічним процесу цементації ґрунтів. Його виконують, якщо марка каменю, з якого викладено фундамент, не нижча 100. У стіни нагнітають розчин, розведений у пропорції 1:1 (цемент до води). Звичайно цей спосіб поєднують із улаштуванням залізобетонної сорочки-обойми.

Бетонні й залізобетонні обойми використовують для посилення кладки, монолітність якої порушена через вилуговування розчину, або якщо потрібно збільшити товщину стін на 0,2...0,3 м. У таких випадках, коли простінок не вдається обхопити навкруги, сталеві елементи кріплять до стіни анкерами.

Збільшення ширини підошви фундаментів досягають шляхом виконання з однієї чи двох сторін *банкетів*-припливів. Навантаження на залізобетонні припливи передають за допомогою *штраб*. Усю конструкцію армують за розрахунком.

Перекладку існуючих фундаментів виконують в окремих місцях невеликою довжиною. Стіни перекладають ділянками довжиною не більше 2 м. Нову кладку ретельно підклинюють під стару. Шви обробляють твердим розчином.

Заглиблюють фундаменти, підводячи нову кладку, – бутобетонну чи з бетонних блоків. Це є одним із найбільш складних заходів, виконуваних у виняткових випадках, коли необхідно поглибити підвал або забезпечити стійкість будівлі у зв'язку з прибудовою по сусідству нових підземних споруд.

Поширеними є способи підсилення фундаментів з використанням паль. Для цього ефективні *буроінжекційні коренеподібні палі*, для влаштування яких через тіло фундаменту пробурюють нахильні шпури, встановлюють арматуру і заповнюють бетоном. Також для підсилення мо-

жуть використовуватися додаткові палі, які разом із залізобетонними або сталевими розподілювальними балками утворюють рамну систему.

Виносні палі влаштовують з метою передачі частини навантаження на ґрунти, що розташовані нижче. Палі розміщають з однієї чи двох сторін фундаменту. Щоб уникнути струсів при забиванні заздалегідь заготовлених паль і пов'язаних з цим можливих ушкоджень конструкцій, застосовують набивні палі, які бетонуються на місці. Для передачі навантаження на палі по них укладають обв'язувальні балки, які сприймають тиск від поперечних консолей, що закладають у тіло фундаменту.

Фундаментні плити застосовують при слабких ґрунтах чи за великих додаткових навантажень. Плити заводять у штраби, що пробиваються по периметру стін фундаментів, і роблять суцільними чи з отворами, забезпечуючи умову, щоб площа загальної опори (подушки) будівлі займала не менше 65% площі забудови. Тільки в цьому випадку є можливим розрахунок фундаментів як плит.

Напружені пояси встановлюють для того, щоб зменшити наслідки нерівномірних осідань будівлі. Їх ставлять по усій висоті будівлі, на стінах на рівні кожного поверху.

Додаткові опори встановлюють, коли хочуть розвантажити окремі ділянки фундаментів. Ці опори підводять під балки перекриттів, зменшуючи їхні прольоти і, отже, навантаження, що передаються на старі фундаменти.

12.4 Технічна експлуатація і посилення стін та елементів фасаду будівель

Стіни будівель виконують різноманітні функції, залежно від конструктивних схем будівель. Функціональне призначення стін будівель полягає в захисті приміщень будівель від впливу природно-кліматичних факторів, передачі тимчасових та постійних навантажень на фундаменти, а також підтриманні всередині приміщень встановленого температурно-вологісного режиму.

Завданням технічної експлуатації стін будівель є збереження їхньої несучої здатності та захисно-огороджувальних властивостей протягом всього терміну служби. Утрата несучої здатності може статися внаслідок зміни фізико-механічних характеристик матеріалу стін при впливі на них факторів навколишнього середовища або збільшення навантажень, вище допустимих проектом.

Важливе функціональне значення для стін будівель мають *цоколі*. Постійний вплив на цю частину будівлі зволоження у взаємодії з випадковими механічними пошкодженнями вимагає для цоколя будівель найбільш міцних та морозостійких матеріалів. Тому цоколі й захищають морозостійкими матеріалами, а іноді покривають металевими зливами.

Від безпосереднього впливу вологи на стіни, який виникає в результаті танення снігу на покрівлі, а також у період зливових дощів, поверхні стін захищають *карнизи.*

Парапети влаштовуються на покрівлях будівель для забезпечення безпечних умов праці робітників під час виконання ремонтних робіт та при очищенні покрівель, а також дозволяють закрити вентиляційні шахти. На верх парапету накладається бетонна парапетна плита, або його верх покривається оцинкованою сталлю з нахилом на покрівлю. Примикання покрівель до елементів парапетних огороджень повинні бути герметичними, зручними для оглядів та наступних ремонтів. У панельних будівлях парапети часто виконують із залізобетонних плит.

У процесі експлуатації стіни та їх елементи часто зазнають деформацій та ушкоджень, які впливають на їх подальше функціонування. Причинами цього можуть бути:

– конструктивні помилки при розрахунках та виборі матеріалу стін;
– помилки проектування;
– виробничі помилки при зведенні стін;
– незадовільна експлуатація стін.

1. Конструктивні помилки:

– нерівномірне осідання частин будівель, внаслідок чого в цегельній кладці з'являються напруги, що призводять до розриву кладки й утворення тріщин;

– невідповідність несучої здатності матеріалу стін діючим навантаженням;

– застосування "теплих" розчинів зі шлаковими добавками і підвищеною зольністю;

– порушення просторової твердості стінового каркасу, особливо в будівлях, які було збудовано в середині 20-х – на початку 30-х років, у слабко перев'язаних місцях примикання поперечних несучих стін до зовнішніх самонесучих, що особливо проявляється при слабких ґрунтах, які сприяють виникненню сколюючих напруг.

2. Помилки проектування:

– перерозподіл діючих навантажень, що призводить до перенапруги основ або цегельних простінків малого перерізу;

– збільшення поверховості будівель без урахування дійсної несучої здатності стін і фундаментів;

– розташування запроектованої будівлі в безпосередній близькості до існуючої будівлі без розробки особливих заходів, спрямованих на зниження впливу додаткового навантаження від новозбудованої будівлі на роботу ґрунту під існуючими фундаментами.

3. Виробничі помилки:

– пробивання прорізів у цегельній кладці з порушенням технологі-

чної послідовності;

– бокове випучування кладки внаслідок однобічного розпору зводу перекриття (рис. 12.1);

– оштукатурювання поверхні кладки цементним або жирним складним розчином, а також фарбування цегельної поверхні олійними фарбами, що мають малу повітро- та паропроникність, що порушує нормальний вологісний режим стін;

– неякісне закладення раніше пробитих гнізд чи штраб для монтажу балок і плит перекриттів;

– розбирання перекриттів з порушенням технології, що призводить до порушення монолітності цегельної кладки;

– укладання балок і прогонів перекриттів без розподільних плит або пластин, що також може порушити кладку.

4. Незадовільна експлуатація:

– осідання фундаментів через незадовільний технічний стан підземних інженерних комунікацій;

– систематичне перезволоження кладки стін внаслідок несправного стану карнизних зливів покрівель зі сталевих листів, ринв, вимощення навколо будівель;

– порушення шарнірного зв'язку стін із диском перекриття при значному порушенні перетину дерев'яних балок перекриттів, що призводить до відхилення стін від вертикальної осі за рахунок нахилу всієї стіни або випучення її окремих ділянок;

– вивітрювання розчину на значну глибину кладки.

Визначення дійсного фізичного зношування стінового кістяка на період розробки проектно-кошторисної документації та проведення модернізації не становить особливої складності для фахівців, оскільки діюча методика визначення фізичного зношування будівлі має інтервали зношування в 10 %.

Технічна експлуатація кам'яних стін складається з комплексу заходів щодо технічного обслуговування і ремонту, завданнями яких є відновлення міцності та захисних властивостей конструктивних елементів зовнішніх і внутрішніх стін, а також ліквідація дефектів, виявлених під час оглядів у процесі експлуатації. Під час зовнішнього огляду визначають стан стін, що експлуатуються, звертаючи особливу увагу на:

– наявність і характер тріщин у стінах та в місцях сполучення конструктивних елементів;

– руйнування і вивітрювання матеріалу стін, архітектурних елементів, відшарування зовнішнього фактурного шару фасаду;

– наявність сирих місць, висолів з виявленням їх причин.

Оглядом стін із внутрішньої сторони встановлюють стан сполучень внутрішніх і зовнішніх стін, звертаючи увагу на наявність і характер тріщин, сирих плям та інших дефектів.

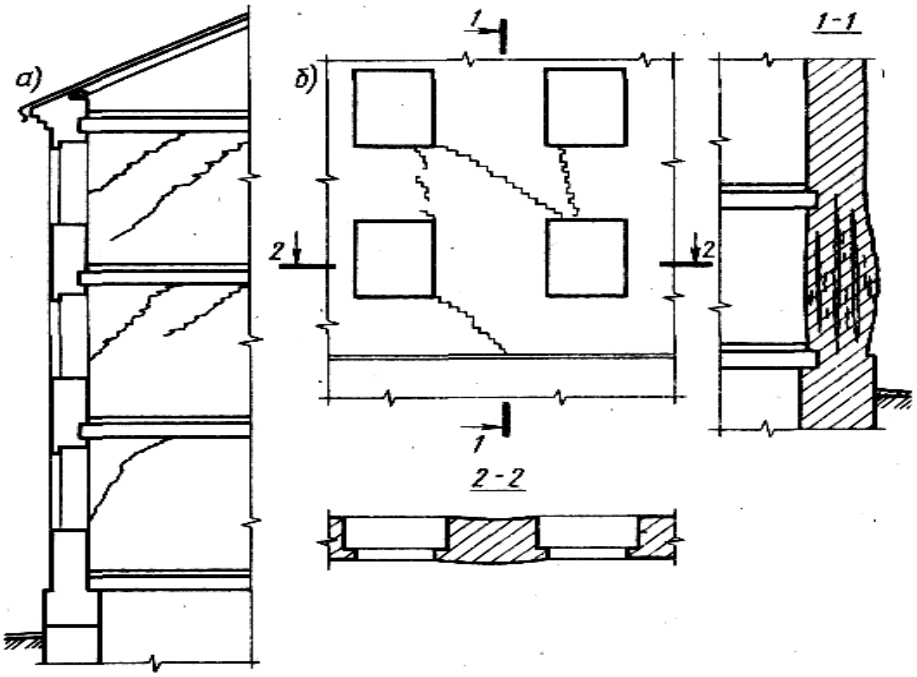


Рисунок 12.1 – Деформація цегляних стін:

а) у місцях примикання внутрішніх стін до зовнішніх; б) у випадку перевантаження простінка

На виявлені у стінах чи їхніх сполученнях тріщини необхідно поставити маяки та встановити постійне спостереження за їх станом з реєстрацією даних спостереження у спеціальному журналі, викликати фахівців для обстеження конструкцій, що деформуються, і видачі рекомендацій щодо усунення причин деформацій. За маяками ведуть спостереження до початку виконання робіт з усунення причин деформацій чи до моменту стабілізації тріщин. Тріщини, що стабілізувалися, а також тріщини, що з'явилися в результаті температурних деформацій, слід ретельно зашпарувати, а потім відновити експлуатаційні властивості ділянок, що ремонтуються (міцність, водонепроникність).

Ліквідація ушкоджень (дрібних тріщин) – достатньо складний процес. До способів їхнього усунення можна віднести:

– перетирання тріщин цементно-піщаним розчином;

– цегельне облицювання в 1/2 чи 1/4 цегли;

– облицювання штукатуркою по металевій сітці, закріпленій на металевих стрижнях;

– облицювання листовими матеріалами;

– облицювання полімерними матеріалами.

Це підвищує теплоізолювальні властивості огороджувальних стін та забезпечує необхідну гідроізоляцію.

У випадку експлуатації повнозбірних будівель слід перевіряти:

– стан горизонтальних і вертикальних стиків елементів стін;

– надійність і стан місць сполучення внутрішніх стін із зовнішніми, стан сполучення стін з перекриттями, балконами, а також елементами сходових кліток;

– щільність сполучень віконних і дверних заповнень зі стінами;

– стан зовнішнього фактурного шару елементів фасаду;

– стан покриття виступаючих частин будівель і підвіконних зливів.

Стан елементів фасаду контролюють весною та восени шляхом огляду, а також перед призначенням будівлі на черговий плановий або вибірковий ремонт. Під час огляду балконів, лоджій, еркерів, крім щільності примикань цих частин до будівлі, слід перевіряти стан несучих конструкцій: консольних плит і балок, кронштейнів та підкосів. Тріщини у плитах, балках, кронштейнах необхідно очистити від бруду, визначити їх глибину та перевірити стан *арматури* або *закладних деталей*. За наявності підтікань, ржавих плям необхідно перевірити простукуванням щільність захисного шару, а також, шляхом розкриття, стан гідроізоляції.

У місцях ушкодження кам'яної кладки мережами дрібних або одиночними глибокими тріщинами ремонт та посилення стін здійснюють перекладкою ділянок стін із використанням розчинів більшої міцності.

Посилення простінків між прорізами у стінах під час реконструкції будівлі виконують одним з наступних способів:

– збільшенням перерізів простінків за рахунок зменшення ширини прорізів прикладкою до простінків нової кам'яної кладки;

– повною або частковою перекладкою простінків;

– влаштуванням залізобетонних обойм металевих корсетів;

– заміною кам'яних стовпів на залізобетонні колони.

Посилення кам'яних перемичок у будівлях, які реконструюються, здійснюють:

– виконанням часткової або повної перекладки перемичок (за зниження їх несучої здатності через велику кількість наскрізних тріщин);

– заміною кам'яних перемичок на збірні залізобетонні чи металеві перемички (рис. 12.2).

Підвищення стійкості кам'яних стін, що відхилилися від вертикалі, досягається влаштуванням спеціальних сталевих тяжів і зв'язуючих накладок у площинах міжповерхових перекриттів паралельних стін, одна з яких відхилилася від вертикального положення чи втратила стійкість.

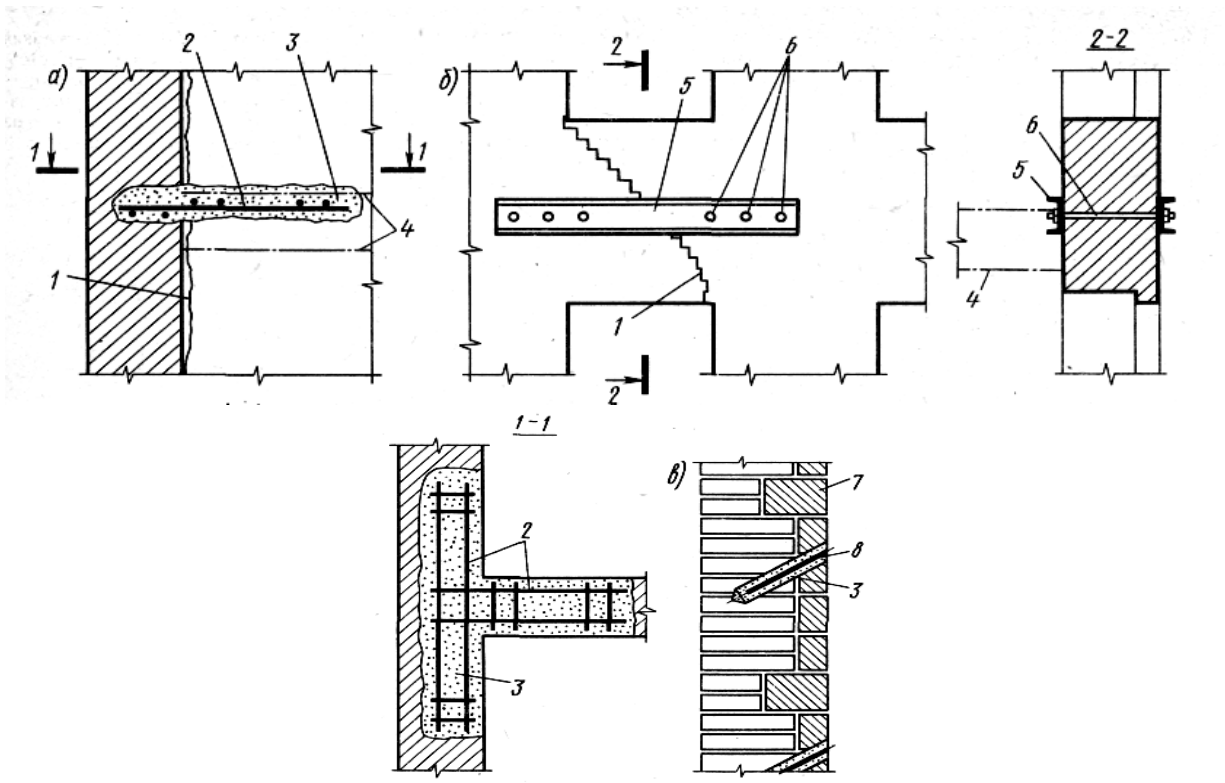


Рисунок 12.2 – Методи зміцнення цегляних стін:

а) улаштуванням зв'язків між зовнішньою та внутрішньою стінами; б) установкою накладних стяжок для запобігання розшаруванню в місцях тріщин; в) закріпленням облицювання, що відшарувалося;

1 – тріщини; 2 – арматурний каркас; 3 – закарбування розчином на цементі, що розширюється; 4 – габарити перекриття; 5 – планки зі швелера; 6 – стяжні болти; 7 – облицювання з керамічних каменів; 8 – анкер із круглої сталі

У разі втрати стійкості кам'яних стін будівель, тобто при їхньому відхиленні від вертикального положення, роблять *об'ємне зміцнення* стін системою накладок зі швелерної сталі й тяжів з округлої, квадратної чи смугової сталі (рис. 12.3). Для цього на кожнім поверсі чи через поверх (залежно від діючих розрахункових навантажень і технічного стану кам'яних стін) під перекриттями встановлюють горизонтальні тяжі, кінці яких із гвинтовою нарізкою пропускають у заздалегідь просвердлені в кам'яних стінах наскрізні отвори. Після цього з кожного боку будівлі встановлюють накладки зі швелерів, звернених вертикальними полками до посилюваних стін. Одночасно з установкою швелерів починають попередній натяг затягувань гайками, розташованими на їхніх кінцях. Остаточний натяг виконують талрепами (спеціальними муфтами із внутрішнім подвійним різьбленням) у середній третині довжини тяжів за допомогою динамометричного ключа. Після установки кріплень і остаточного натягу всі ушкодження і дефекти в кам'яних стінах зашпаровують

цементним розчином, а сильно ослаблені чи ушкоджені ділянки перекладають.

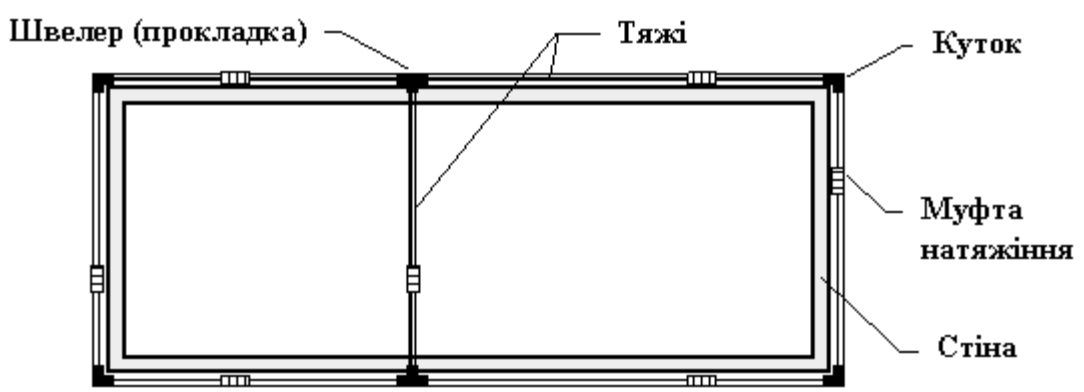


Рисунок 12.3 – Підсилення стін об'ємним обтисненням

Ще одним варіантом посилення кам'яних стін будівлі під час їхньої реконструкції є влаштування на рівні кожного поверху поясів із напруженої арматурної сталі.

12.5 Технічна експлуатація дахів та покрівель

Конструкцію *дахів* розділяють на елементи огородження і несучі частини. До елементів огородження відносяться *покрівля* і *основа* під покрівлю; до несучої частини – *крокви, ферми, панелі.* Несучі частини сприймають навантаження від вітру, маси огороджувальних елементів, а також маси снігу на покрівлі. Крім того, конструкції дахів слід розрахувати на сприйняття навантажень від робітників, що виконують технічне обслуговування і ремонт покрівель з інструментом і матеріалами для цих робіт.

За побудовою дахи бувають *горищні* і *безгорищні*.

З усіх конструктивних елементів будівель *дах* і його верхній шар – *покрівля* – виконують найбільш відповідальну роль у забезпеченні експлуатаційних якостей і довговічності. Захищаючи будівлю зверху від усіх впливів, самі вони піддаються багатьом сильним механічним, тепловим, фізико-хімічним та іншим впливам, що можуть багаторазово повторюватися навіть протягом однієї доби.

У практиці зведення будівель застосовуються:

— суміщені невентильовані дахи – без горищні дахи, у яких несуча частина покриття і перекриття сполучена;

— суміщені вентильовані дахи – безгорищні дахи, у яких між несучим покриттям і перекриттям розташований шар утеплювача, що вентилюється через підкарнизні продухи;

— дахи з холодним горищем – горищний простір вентилюється

зовнішнім повітрям через отвори у фризових панелях, слухові вікна, вентиляційні отвори в парапетах і гребеневій частині. Покрівельне покриття не утеплюється, горищне покриття утеплюється;

— дахи з теплим горищем – горищний простір даху використовується як збірна вентиляційна камера, що обігрівається повітрям витяжної вентиляції, тому до його огороджувальних конструкцій висуваються вимоги з теплозахисту.

У дахах горищного типу, щоб уникнути фільтрації холодного повітря, зверху утеплювача улаштовують вапняну чи глиняну корку і не допускають її руйнування у процесі експлуатації.

Сильно прискорює зношування конструкцій і погіршує стан покрівель процес льодоутворення на покрівлях і танення снігу під впливом теплоти, що надходить з нижчерозташованого приміщення. За умов значного надходження тепла з боку горищного приміщення сніг тане на покрівельному покритті в межах горища; тепла вода, стікаючи вниз, замерзає на звисах покрівлі, у жолобах, де температура нижче нуля. Оскільки зледеніння звису обмежує чи повністю перешкоджає стоку талих вод, то в напрямку до гребеня виникає зворотний потік вологи, що веде до капілярного підсмоктування її через стики покрівельних покриттів і протікання спочатку в горищне приміщення, а потім у розташовані нижче житлові та службові приміщення.

У процесі планових та позачергових оглядів і виконання заходів щодо технічного обслуговування і ремонту покрівель слід усувати всі дефекти і несправності, що можуть стати причиною незадовільного стану покрівель.

Під час проведення ремонтних робіт необхідно відновлювати теплозахист горищних перекриттів, особливо в зонах переохолоджень перекриття, що спостерігаються часто в місцях сполучення його із зовнішніми стінами.

Щоб уникнути перезволоження стель верхніх поверхів, слід підтримувати у працездатному стані пароізоляцію горищних перекриттів. Один зі способів відновлення експлуатаційних властивостей пароізоляції полягає в нанесенні не менш ніж дворазової гідрофобної шпаклівки. Прошпакльовану поверхню ґрунтують вапняним молоком і покривають крейдяною сумішшю.

12.6 Посилення та відновлення колон

Колони, балки перекриття й покриття, ферми, поряд зі стінами і дахами, є основними несучими елементами будівель та споруд. А тому їх справному стану повинна приділятися постійна увага. Вони відрізняються матеріалами і різноманітними конструктивними рішеннями. Їхній знос, а також збільшення корисних навантажень у процесі реконструкції

споруджень і установки нового технологічного обладнання, виявлення дефектів, допущених у проекті та під час зведення, призводять до необхідності ремонту чи посилення.

Ремонт і посилення колон доводиться робити дуже часто, що викликається, з одного боку, їх ушкодженням, а з іншого боку – додатковими навантаженнями на колони при зміні призначення приміщень.

Основними причинами деформації є:

– зміни режиму експлуатації;

– початкові конструктивні дефекти;

– дефекти проектування, виготовлення, монтажу;

– недостатня міцність і стійкість конструкції;

– експлуатаційне зношування від впливу динамічних і вібраційних навантажень, впливу агресивних середовищ;

– випадкові ушкодження;

– ушкодження стихійного характеру.

Особливу увагу в ході проведення обстежень залізобетонних і кам'яних конструкцій необхідно приділяти місцям сполучення конструкцій, таких як колони і підкранові балки, колони та кроквяні конструкції, вузли сполучення вертикальних зв'язків з колонами. Основними ознаками ушкоджень є:

— руйнування захисного шару бетону;

— корозія металевих арматурних стержнів;

— корозія закладних деталей;

— утворення вертикальних і похилих тріщин унаслідок прогинів елементів.

Посилення колон здійснюється, головним чином, збільшенням перерізу для забезпечення спільної роботи існуючого і додаткового перерізу.

Звичайне посилення виконується, як правило, з розвантаженням конструкції; посилення під навантаженням з використанням зварювання не проводиться, якщо напруга в посилюваній конструкції є вищою за припустиму.

Залізобетонні й кам'яні конструкції часто доводиться захищати від ушкоджень транспортними засобами. Так, у нижніх частинах колон установлюють корсети з металевих куточків, скріплених накладками, або колони додатково бетонують. Якщо ж треба відновити чи збільшити несучу здатність колон, то встановлюють каркаси по всій їх висоті, додаткову арматуру, скріплену з основною арматурою, і повторно їх бетонують. Найбільш ефективне посилення колон – шляхом регулювання напруг попередньо-напружених каркасів.

Великого поширення набув метод посилення, коли його проводять додатковими стержнями-кутиками, вгорі та внизу скріпленими з опорними кутиками у вигляді хомутів. Додаткові кутики виконують ламани-

ми посередині; стягаючи ці кутики стяжними болтами, їх випрямляють, напружують і фіксують приваренням планок. Зусилля, яке виникло при випрямленні стержнів, розвантажує колону.

Підсилення залізобетонних колон здійснюється шляхом *нарощування перерізу* за рахунок:

1) встановлення *обойми* (рис. 12.4, а);

2) *додавання шарів матеріалу* (див. рис. 12.4, б).

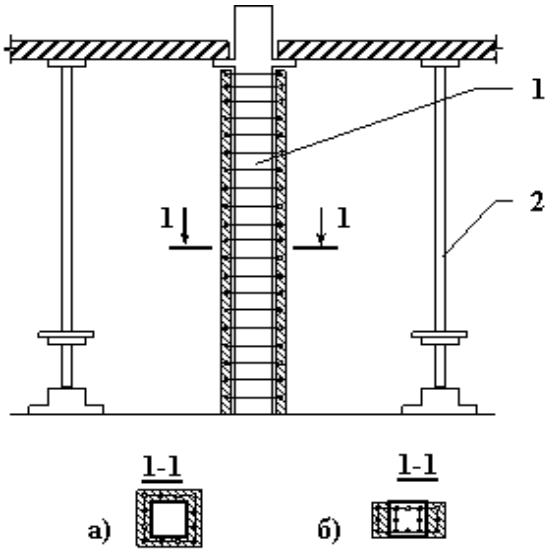


Рисунок 12.4 – Підсилення залізобетонної колони методами:

а) встановлення обойми; б) нарощуванням перерізу

1 – колона; 2 – домкрат

Металеві колони виготовляються із прокатних профілів і труб. Колони звичайно мають великі приховані запаси несучої здатності, тому що їх підбирають (зокрема, для промислових будівель) за найбільш невигідним сполученнням навантажень, одночасна дія яких є малоймовірною. Проте у ході експлуатації металоконструкцій в агресивних середовищах вони уражаються корозією, зумовленою відкладенням пилу, зволоженням, зіткненням із ґрунтом підлогою, відсутністю захисту від атмосферних впливів, впливом високих температур та ін. Найбільше піддаються корозії опорні частини, вузли башмаків, горизонтальні елементи решіток, ураження яких згодом зростає.

Причиною зниження несучої здатності металевих конструкцій може бути:

а) корозія – внаслідок дії підвищеної вологості або агресивних хімічних випаровувань;

б) крихке руйнування – внаслідок дії низьких температур;

в) старіння;

г) ушкодження у процесі експлуатації, серед яких характерними є:

– розриви несучих конструктивних елементів;
– тріщини в конструктивних елементах і зварювальних швах;
– скривлення конструктивних елементів, місцеві вигини;
– порушення цілісності або руйнування захисних покриттів.

Для відновлення експлуатаційних характеристик металевих конструкцій застосовуються заходи:

а) зміна умов експлуатації;
б) зміна конструктивної схеми;
в) регулювання зусиль у конструкціях;
г) підсилення окремих елементів:
– збільшення перерізу;
– встановлення ребер жорсткості.

Перелічені методи реалізуються з демонтажем або без демонтажу конструкції, з повним або частковим їх розвантаженням.

Підсилення металевих колон здійснюють за допомогою способів:

А. Збільшення перерізу.

Б. Підсилення за допомогою зміни конструктивної та розрахункової схем (рис. 12.5), де використовуються:
– нові зв'язки та розпірки;
– підкоси;
– відтяжки;
– шпренгель.

12.7 Посилення та відновлення балок і ферм

Розглянемо способи посилення балок перекриттів, ферм із металу, залізобетону і дерева.

Металеві балки можна посилити декількома способами:

– установкою додаткових опор;

– збільшенням перерізу накладками, особливо на високоміцних болтах; шпренгельними системами;

– зміною опорних з'єднань за допомогою переводу розрізних балок у нерозрізні;

– регулюванням напруг натяжними і розпірними пристроями.

Підвищення несучої здатності згинальних елементів досягається при симетричному розташуванні елементів посилення чи створенні симетрії відносно нейтральної осі. При цьому повинна бути забезпечена надійна спільна робота нового перерізу з балкою, а конструкція захищена від корозії.

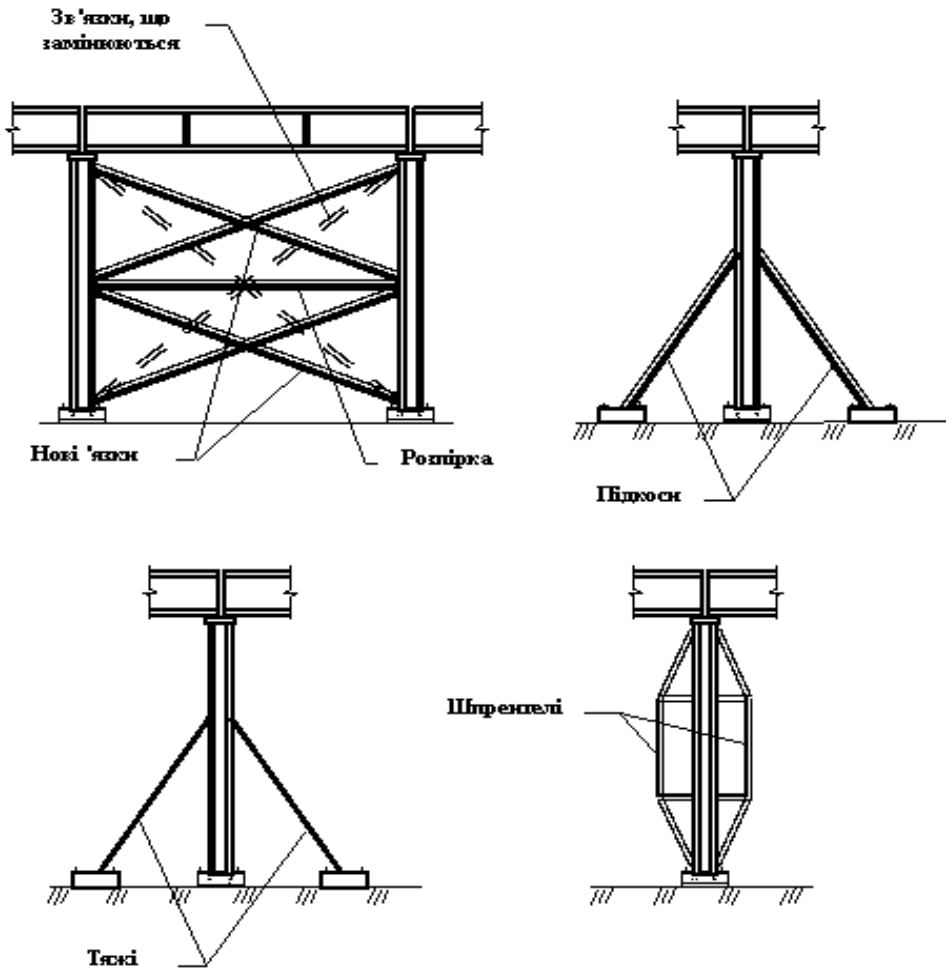


Рисунок 12.5 – Підсилення сталевих колон методами зміни конструктивної та розрахункової схем

<u>Посилення металевих балок</u> може бути *місцевим* (шляхом установлення накладок і ребер) чи *загальним* (за допомогою шпренгелів, зміною опорного з'єднання).

Найбільш ефективне – затягування уздовж нижнього поясу, при якому несуча здатність балки може бути збільшена до 80 % за мінімальних витрат матеріалу. Дуже ефективним і перспективним посиленням балкових систем є зміна їхньої розрахункової схеми шляхом створення нерозрізної системи й опорних підкріплень, а також регулювання напруг натяжними і розпірними пристроями. Ці пристрої мають важливі переваги в умовах реконструкції діючих об'єктів, зокрема відрізняються простотою і доступністю прийомів та контролю регулювання зусиль, виключенням громіздкого устаткування у ході виконання робіт, використанням домкратів, муфт й ін.

<u>Посилення металевих ферм</u> для підвищення їхньої жорсткості й несучої здатності може бути також місцевим (окремих стержнів) чи загальним (головним чином, шляхом посилення нижнього поясу). Для посилення використовуються накладки з метою збільшення перерізів і мо-

ментів опору окремих елементів решітки, додаткового поясу, шпренгелі, що скорочують довжину розтягнутих чи стиснутих елементів.

З розглянутих способів посилення металевих конструкцій є найбільш трудомістким і металомістким за сукупним ефектом збільшення перерізів посилюваних елементів, тому що воно вимагає суцільного чи переривчастого скріплення їх по довжині, точного припасування й т.п.

Посилення залізобетонних балок є набагато складнішим, ніж металевих, унаслідок їхньої монолітності та наявності схованої арматури. Можна виділити два основних способи посилення чи відновлення несучої здатності залізобетонних балкових конструкцій: посилення без зміни початкової конструктивної схеми; посилення з її зміною.

Перший спосіб полягає у збільшенні поперечного перерізу посилюваного елемента, що досягається установкою хомутів чи улаштуванням спеціальних сорочок, обойм, накладок, нарощувань з додаванням арматури, розширенням опор; усе це призводить до зменшення прольоту (рис. 12.6).

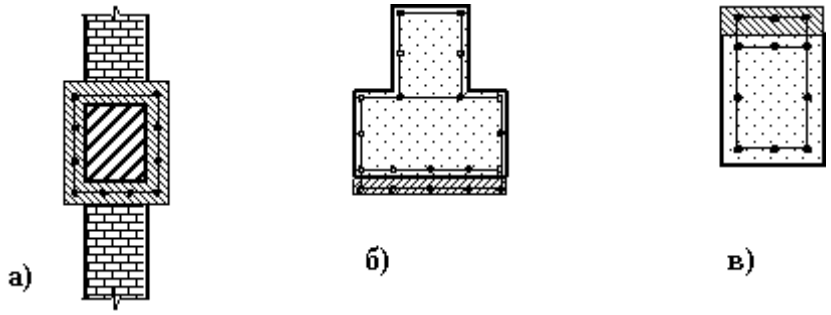


Рисунок 12.6 – Підсилення залізобетонних балок методами збільшення перерізу:

а) встановленням обойми; б) нарощуванням перерізу в розтягнутій зоні; в) нарощуванням перерізу у стиснутій зоні

Другий спосіб полягає в установці додаткових горизонтальних чи шпренгельних затягувань із попереднім натягом або комбінованими затягуваннями, що поєднують ці способи (рис. 12.7).

Обидва способи посилення мають істотні переваги, оскільки використовувані при цьому елементи є конструктивно простими, виготовляються з арматури чи фасонного прокату поза об’єктом, що реконструюється, установлюються з мінімальними трудовими витратами, відразу ж включаються в роботу після установки і натягу чи збільшення перерізу без застосування інших пристосувань, у 2…2,5 рази підвищують первісну несучу здатність елементів, що згинаються, не порушуючи інтер’єрів приміщень, можуть бути сховані підвісною стелею і т.п., займають мало місця і у незначній мірі збільшують переріз чи висоту конструкції.

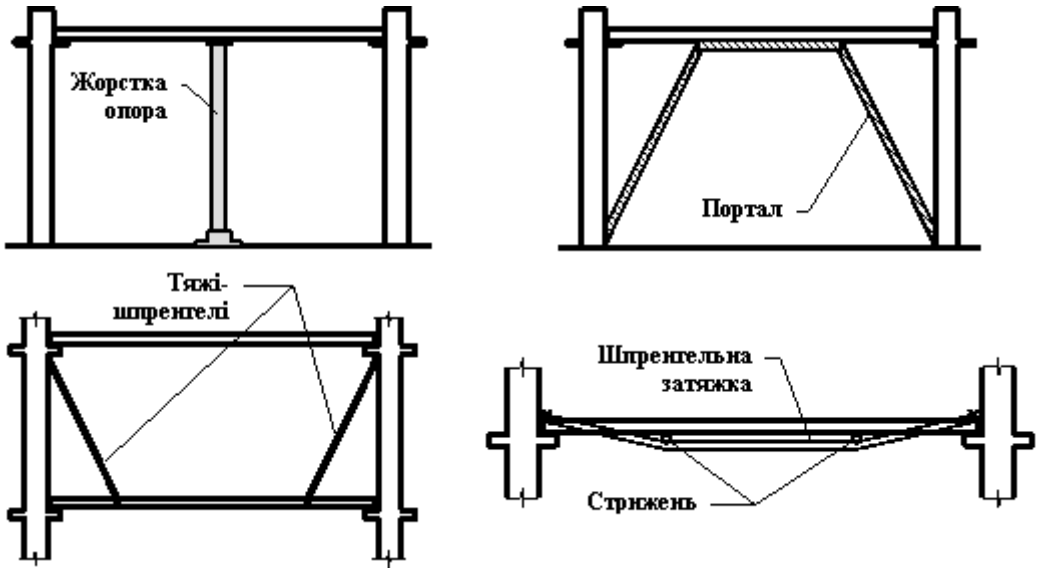


Рисунок 12.7 – Підсилення залізобетонних балок методами зміни конструктивної та розрахункової схем

<u>Підсилення металевих балок</u> здійснюють за допомогою способів:

А. Збільшення перерізу (рис. 12.8).

Б. Підсилення стінки балки ребрами жорсткості.

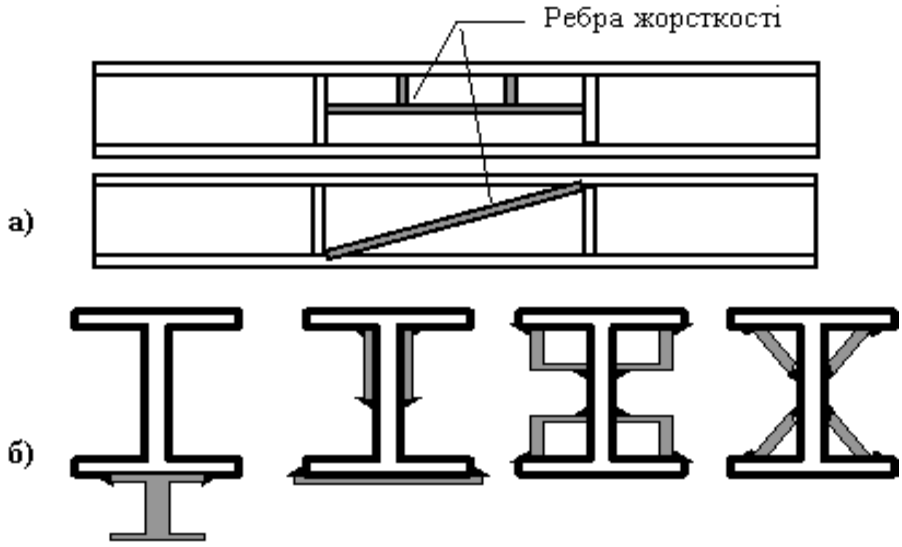


Рисунок 12.8 – Підсилення сталевих балок додатковими ребрами жорсткості (а) та нарощуванням перерізу (б)

В. Підсилення за допомогою зміни конструктивної та розрахункової схем (рис. 12.9), де використовуються:

– додаткові балки;

– додаткові опори;

– підкоси;

– кронштейни;

– підвіски;
– шпренгелі;
– затяжки.

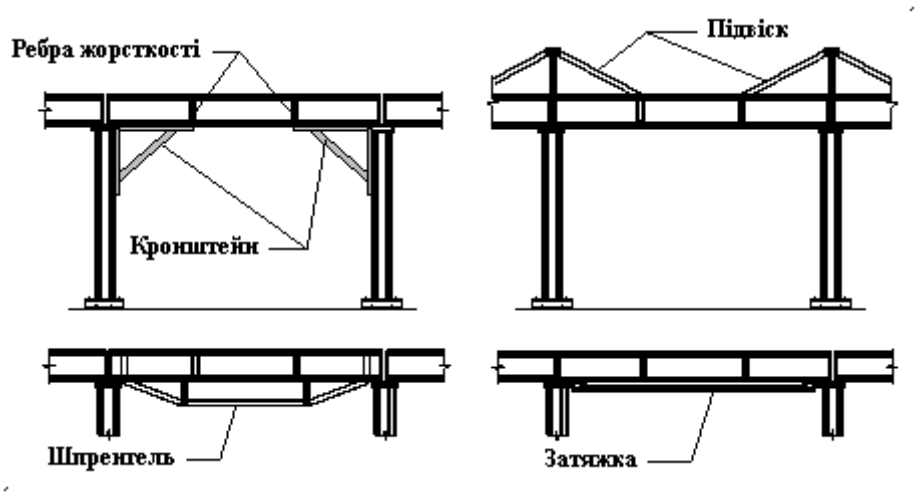


Рисунок 12.9 – Підсилення сталевих балок методами зміни конструктивної та розрахункової схем

<u>Підсилення металевих ферм</u> здійснюють за допомогою способів:

А. Збільшення перерізу.

Б. Підсилення за допомогою зміни конструктивної та розрахункової схем, де використовуються:

– додаткові опори;
– підкоси;
– шпренгелі;
– підтримуючі тросові системи;
– включення в роботу ліхтарних конструкцій.

12.8 Підсилення плит перекриттів

Підсилення залізобетонних плит перекриттів здійснюють за допомогою таких способів:

1. Нарощування перерізу у розтягнутій або стиснутій зоні (рис. 12.10).

Для нарощування перерізу у розтягнутій зоні оголюють арматуру основи в нижній частині плити та приварюють до неї арматуру підсилення.

При нарощуванні перерізу у стиснутій зоні у верхній частині плити наносять шар цементної стяжки, ретельно забезпечуючи спряження шарів, для чого: роблять насічку поверхні, промивають її водою та наносять шар цементної стяжки, використовуючи адгезійні добавки.

2. Зміна конструктивної та розрахункової схем підсилення (рис. 12.11).

3. Встановлення каркаса по нахильному перерізу.

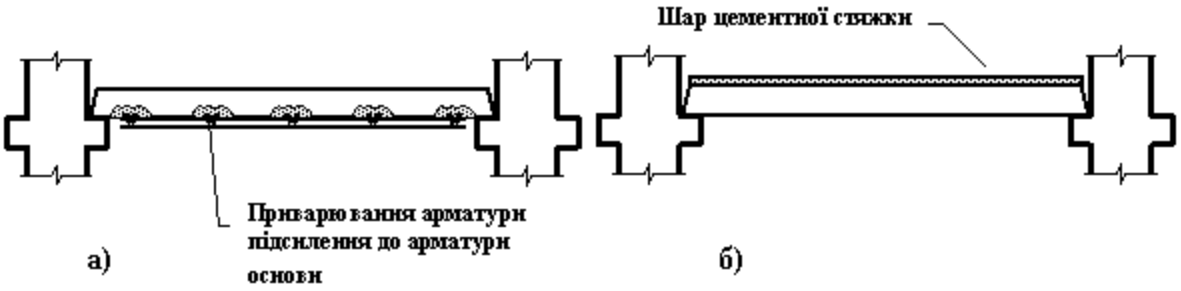


Рисунок 12.10 – Підсилення залізобетонних плит нарощуванням перерізу:

а) у зоні розтягнення; б) у зоні стиску

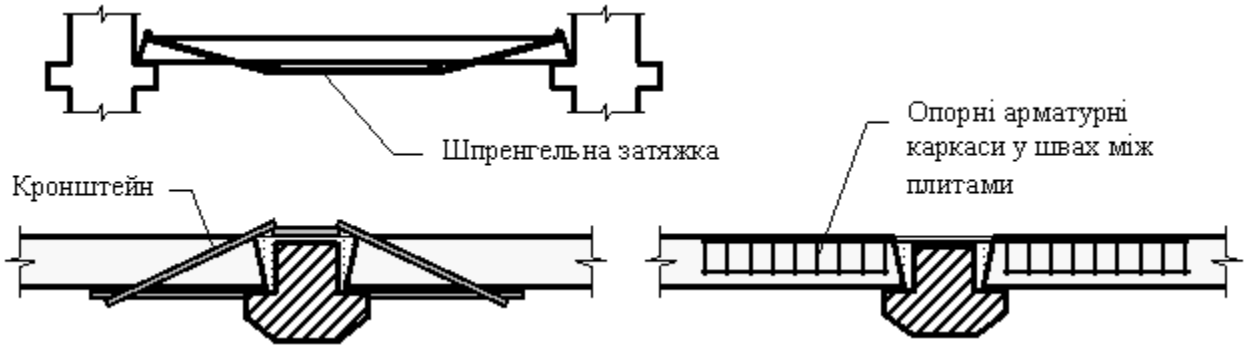


Рисунок 12.11 – Підсилення залізобетонних плит методами зміни конструктивної та розрахункової схем

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть, у чому полягають причини зношування стін будівель?
2. Охарактеризуйте механізм зношування стін будівель.
3. Наведіть та охарактеризуйте основні причини деформацій та ушкодження стін.
4. Вкажіть способи підсилення стрічкових або стовбурних фундаментів.
5. Вкажіть способи підсилення пальових фундаментів.
6. Розкрийте принцип підсилення залізобетонних колон шляхом нарощування перетину.
7. Розкрийте принцип використання обійми для підсилення залізобетонних колон.
8. Опишіть принцип підсилення залізобетонних балок нарощуванням їх перетину.
9. Опишіть принцип підсилення залізобетонних балок за допомогою зміни їх конструктивної та розрахункової схеми.

10. Опишіть принцип підсилення залізобетонних плит перекриттів нарощуванням їх перетину.

11. Опишіть принцип підсилення залізобетонних плит перекриттів за допомогою зміни їх конструктивної та розрахункової схеми.

12. Дайте оцінку причин пошкоджень цегляних стін за виглядом тріщин.

13. Назвіть способи підсилення цегляних стін.

14. Причини зниження несучої здатності металевих конструкцій.

15. Вкажіть способи підсилення сталевих балок.

16. Вкажіть способи підсилення сталевих колон.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильченко О.В. Основи архітектури і архітектурних конструкцій: навчальний посібник / О.В. Васильченко – Харків, 2007. – 257 с.

2. Васильченко О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій: навчальний посібник / Васильченко О.В., Квітковський Ю.В., Луценко Ю.В., Миргород О.В. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – 372 с.

3. Строительные материалы для эксплуатации в экстремальных условиях: учебное пособие / А.М. Гридчин, Ю.М. Баженов, В.С. Лесовик, Л.Х. Загороднюк, А.С. Пушкаренко, О.В. Васильченко. – М.: Изд-во АСВ; Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 595 с.

ЛЕКЦІЯ 13
ХАРАКТЕРИСТИКА, КОНСТРУКТИВНІ ТА ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ СПОРУД КОЛЕКТИВНОГО ЗАХИСТУ. ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СПОРУД КОЛЕКТИВНОГО ЗАХИСТУ

План:

13.1 Захисні споруди цивільної оборони: їх класифікація і основні складові елементи

13.2 Сховища цивільної оборони. Вимоги та класифікація

13.3 Будова і устаткування сховищ

13.3.1 Об'ємно-планувальні рішення захисних споруд

13.3.2 Основні елементи сховищ

13.3.3 Правила використання сховищ

13.4 Швидкозбудовані сховища

13.5 Протирадіаційні укриття

13.6 Найпростіші укриття

13.1 Захисні споруди цивільної оборони: їх класифікація і основні складові елементи

У сучасних умовах проблема захисту населення і територій від надзвичайних ситуаціях природного і техногенного характеру, а також від небезпек, що виникають під час ведення військових дій, набуває особливої значущості, що обумовлено щорічним стійким зростанням кількості і масштабів катастроф, істотним зростанням людських і матеріальних втрат.

Враховуючи зростання виникнення потенційних небезпек у сучасному світі, забезпечення безпеки по всіх напрямах є для держави головною метою, а захист населення і територій від катастроф природного і техногенного характеру – пріоритетним напрямом у забезпеченні національної безпеки країни.

Захисна споруда (ЗС) – це інженерна споруда, призначена для укриття людей, техніки і майна від небезпек, що виникають в результаті аварій і катастроф на потенційно небезпечних об'єктах (ПНО) або небезпечних природних явищ в районах розміщення цих об'єктів, а також від дії сучасних засобів ураження (СЗУ). До таких споруд відносять сховища і протирадіаційні укриття (ПРУ). Крім того, для захисту людей можуть застосовуватися і найпростіші укриття.

<u>Захисні споруди класифікуються:</u>

1. За захисними здатностями:

– сховища;

– протирадіаційні укриття;

– найпростіші укриття.

2. За призначенням:

– для захисту людей;

– для розміщення органів управління і медичних установ;

– з метою укриття техніки і майна.

3. За місцем розташування:

– вбудовані;

– що окремо розташовано;

– пристосовані (метро, гірські виробки).

4. За термінами будівництва:

– збудовані завчасно;

– швидкозбудовані.

5. За конструкцією:

– відкритого типу (щілини траншеї);

– закритого типу (сховища, ПРУ);

– з колективним захистом (сховища з ФВУ, режимом ізоляції та регенерації);

– з індивідуальним захистом;

– сховища без ФВУ і ПРУ.

До захисних споруд закритого типу з колективним захистом від ОР (ОХР), РР і БЗ відносяться сховища, в яких захист забезпечується подачею у приміщення очищеного зовнішнього повітря за допомогою фільтровентиляційних установок або регенерацією внутрішнього повітря.

До ЗС закритого типу з індивідуальним захистом відносяться протирадіаційні укриття (ПРУ), повітря в які подається неочищеним від ОР (ОХР) і БЗ, а, у разі появи їх у зовнішньому повітрі, люди використовують для захисту засоби індивідуального захисту.

Укриття персоналу об'єктів економіки і населення в ЗС – головний і найбільш надійний спосіб захисту людей в надзвичайних ситуаціях.

Для укриття людей, в основному, використовуються сховища і протирадіаційні укриття, які забезпечують розміщення і життєзабезпечення людей. Проте для їх короткочасного захисту можуть використовуватися і прості укриття.

За тривалістю будівництва захисні споруди підрозділяються на побудовані завчасно, тобто в мирний час, і швидкозбудовані, які споруджуються в очікуванні яких-небудь надзвичайних ситуацій (подій) або у разі виникнення військової загрози.

13.2 Сховища цивільної оборони. Вимоги та класифікація

Сховища – це захисні споруди, в яких протягом певного часу забезпечуються умови для укриття людей з метою захисту від СЗУ, вражаючих чинників і дій ОР, ОХР, РР і БЗ.

Вимоги до сховищ

Сховища слід розташовувати в місцях найбільшого зосередження тих, що вкриваються. Вбудовані – розташовуються під будівлями найменшої поверховості на даній площі (рис. 13.1). Сховища, що окремо стоять – стоять на відстані від будівель і споруд, рівній і більшій за висоту (рис. 13.2). Будівництво окремо розташованих сховищ допускається тільки в тих випадках, коли неможливе улаштування економічніших вбудованих сховищ.

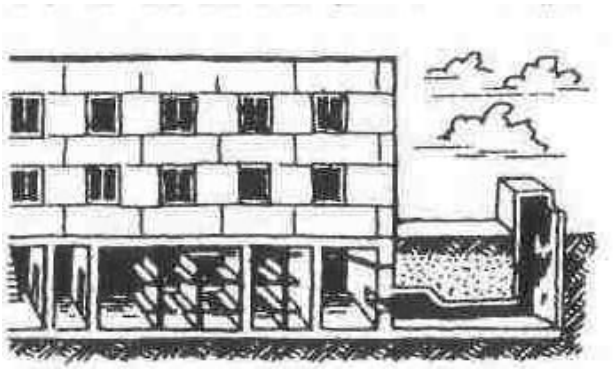


Рисунок 13.1 – Вбудоване сховище

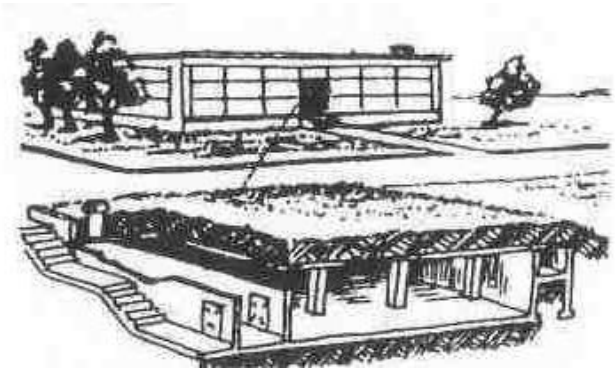


Рисунок 13.2 – Сховище, окремо розташоване

На об'єктах нафтохімічної промисловості, що використовують отруйні, вибухонебезпечні й пожежонебезпечні речовини, будівництво вбудованих сховищ заборонене.

Віддалення окремо розташованих сховищ від місця роботи або проживання осіб, що вкриваються, повинно забезпечувати можливість їх швидкого укриття.

Радіус збору тих, що укриваються у сховищах, повинен бути таким, щоб забезпечувалося своєчасне укриття робочих і службовців за сигналом «Повітряна тривога».

Вбудовані сховища звичайно розміщуються в будівлях 1 і 2-го ступеня вогнестійкості виробництв за пожежною небезпекою категорій Г і Д.

Сховища повинні:

– забезпечувати захист всіх людей, що укриваються, від усіх вражаючих чинників джерел ЧС. Конструкція ПРУ повинна забезпечувати захист від іонізуючих випромінювань, а укриття, розташовані в межах дії повітряної ударної хвилі (в межах зони можливих слабких руйнувань), повинні витримувати надмірний тиск ($\Delta P_ф$) у фронті хвилі не менше 20 кПа;

– забезпечувати підтримання необхідних санітарно-гігієнічних

умов для осіб, що укриваються: температура повітря не вища 27–32 °С (27 °С за вологості 90 %, 32 °С – при 46 %), відносна вологість не більше 90 %, вміст вуглекислоти – не більше 3 %, вміст кисню – не менше 18–20 %;

– забезпечувати безперервне перебування в них людей не менше двох діб;

– будуватися на ділянках місцевості, що не піддаються затопленню;

– бути віддаленими від ліній водостоку і напірної каналізації. Не допускається прокладання транзитних інженерних комунікацій через сховища;

– мати рівень підлоги не менше ніж на 0,2 м вище за рівень ґрунтових вод або надійну гідроізоляцію;

– мати висоту основних приміщень не менше 1,7 м (звичайно від 1,85 м і вище);

– мати входи і виходи з тим же ступенем захисту, що і основні приміщення, а на випадок їх завалу – аварійні виходи;

– мати підходи, які вільні від матеріалів, які при згоранні є сильно задимляючими матеріалами.

Підтримання у приміщенні необхідного мікроклімату і газового складу забезпечується за допомогою систем повітропостачання, засобів очищення повітря від ОР, ОХР, РР і БЗ, водопостачання, каналізації, електропостачання і санітарно-технічних пристроїв. Фільтровентиляційне устаткування сховища повинно очищати повітря від усіх шкідливих домішок, забезпечувати подачу чистого повітря в межах встановлених норм і створювати в ньому підпір, що перешкоджає проникненню зараженого повітря через різні тріщини і нещільності.

Сховища в містах, населених пунктах і на промислових мають, як правило, подвійне призначення: у мирний час вони використовуються як складські приміщення, гаражі, кафе, їдальні, кінотеатри, тири, спортзали і т.п., а у військове – за прямим призначенням.

Використання сховищ у мирний час для потреб народного господарства не повинно порушувати їх захисних властивостей. Переведення таких приміщень на режим укриттів у НС повинен здійснюватися в мінімально короткі терміни (не більше 12 годин). Сховища, розташовані поблизу від радіаційно небезпечних об’єктів (РНО) та хімічно небезпечних об’єктів (ХНО), використовуються тільки за прямими призначенням.

Класифікація сховищ

1. За ступенем захисту:

1-го класу ($K_{зах}$>5000, $\Delta P_ф$ до 500кПа);

2-го класу ($K_{зах}$>3000, $\Delta P_ф$ до 300кПа);

3-го класу ($K_{зах}$>2000, $\Delta P_ф$ до 200кПа);
4-го класу ($K_{зах}$>1000, $\Delta P_ф$ до 100кПа).

2. За місткістю:

- малі (на 150–600 чол);
- середні (на 600–2000 чол);
- великі (більше 2000 чол).

$$K_{зах} \equiv K_{осл} = \prod_{i=1}^{n} 2^{\frac{h_i}{d_i}}$$

де $K_{зах} \equiv K_{осл}$ – коефіцієнт ослаблення перешкоди; h – товщина шару матеріалу перешкоди, см; $d = 13/\rho$ – товщина шару матеріалу, що забезпечує половинне ослаблення енергії γ-випромінювання, см; ρ – густина матеріалу перешкоди, г/см^3.

13.3 Будова і устаткування сховищ

13.3.1 Об'ємно-планувальні рішення захисних споруд

Приміщення сховищ підрозділяються на ***основні*** та ***допоміжні***.

До **основних** приміщень відносяться:

– приміщення для осіб, що укриваються (відсіки);
– пункти управління;
– медпункти.

До **допоміжних** відносяться:

– фільтровентиляційні приміщення;
– санвузли;
– захищені дизельні електростанції (ДЕС);
– електрощитова;
– приміщення для зберігання продовольства;
– станція перекачування;
– балонна;
– шлюзи тамбура, тамбури.

Приміщення, призначене для розміщення осіб, що укриваються, розраховується на певну кількість людей. На одну людину передбачається не менше 1,5 м^3 внутрішнього об'єму (не враховується об'єм приміщення для ДЕС, тамбурів і розширювальних камер).

Приміщення великої площі розбивається на відсіки місткістю 50–75 чоловік, кожен обладнується дво- або триярусними нарами: за висоти приміщення від 2,15 м до 2,9 м – двох'ярусними, а за висоти приміщення 2,9 м і більше – триярусними нарами. На одну людину, що укривається, повинно припадати, площі підлоги 0,5 м^2 при двох'ярусному і 0,4 м^2 – при триярусному розташуванні нар.

На першому ярусі роблять місця для сидіння розміром 0,45 х 0,45 м^2, висота лав першого яруса повинна бути 0,45 м.

На другому і третьому ярусах роблять місця для лежання 0,55×1,8 м.

Висота нар другого яруса 1,4 м і третього яруса 2,15 м від підлоги. Відстань від верхнього яруса до перекриття або виступаючих конструкцій повинна бути не менше 0,75 м.

Кількість місць для лежання повинна складати 20 % місткості приміщення при двох'ярусному і 30 % при триярусному розташуванні нар.

Приміщення для пункту управління підприємства передбачається в одному зі сховищ з найбільшою працюючою зміною не менше 600 чоловік. На менших підприємствах замість пункту управління належить обладнати телефонну і радіотрансляційну точки для зв'язку з місцевим відділом ГОНС.

Число осіб, що працюють на пункті управління – до 10 чоловік, з нормою площі підлоги 2 м^2 на одного працюючого.

У сховищах слід передбачати медичний пункт площею 9 м^2 за числа 900–1200 чоловік, що укриваються (на кожні 100 чоловік, що вкриваються понад 1200 чоловік його площа збільшується на 1 м^2). У захисних спорудах передбачається на кожні 500 людей один санітарний пост площею 2 м^2, але не менше одного на споруду (незалежно від наявності медичного пункту).

13.3.2 Основні елементи сховищ

1. Входи і аварійні виходи.

Один з вирішальних чинників захисту – час заповнення сховища за сигналом «Повітряна тривога». Щоб максимально скоротити цей час, передбачається не менше двох входів. При їх проектуванні враховують необхідність захисту отворів від вражаючих факторів і зброї масового ураження (ЗМУ) і пропуску розрахункового числа людей в мінімальний час.

Для захисту від дії ударної хвилі біля входів встановлюють міцні металеві захисно-герметичні двері. Конструкцію входу розраховують на навантаження, що перевищує в 1,5–2 рази нормативну для перекриттів. Це не випадково, оскільки входи – найвразливіше місце в захисній споруді: ударна хвиля, проникаючи через сходові клітки, коридори та іншими шляхами унаслідок багатократного віддзеркалення і ущільнення може різко збільшити надмірний тиск. Є також тупикові входи з отворами (отворами) перед тамбурами із захисними і захисно-герметичними дверима для скидання надмірного тиску ударної хвилі.

Захист від проникаючої радіації та радіоактивного зараження забезпечується улаштуванням одного-двох поворотів на 90°, що значно ослабляє радіацію.

Раціональна конструкція входів і зручне їх розташування на шляхах підходу людей, що укриваються, дозволяють швидко заповнити сховище. Проте обстановка, що склалася, може змусити закрити споруду до того, як до неї увійде розрахункова кількість людей.

Для забезпечення безперервного заповнення сховища і одночасного захисту від проникнення ударної хвилі встановлюють входи спеціальної конструкції з одно- і двокамерними тамбур-шлюзами. Чергуючи послідовне заповнення і розвантаження тамбурів, можна майже безперервно заповнювати сховище, не порушуючи його захисту.

До входу в сховища звичайно веде сходовий спуск або похилий майданчик (пандус). Ширина сходових маршів і коридорів повинна бути в 1,5 рази більше ширини дверного отвору. Щоб запобігти завалу зовнішніх дверей, перекриття перед входом (передтамбур) посилюється на навантаження від обвалення вищерозміщених елементів будівлі.

У тамбурі встановлюють двоє дверей: захисно-герметичні і герметичні, які відкриваються назовні. Розміри тамбурів визначають з таким розрахунком, щоб при відкритих дверях пропускна спроможність входів не знижувалася. У сховищах старої споруди при установці плоских металевих полотен, що перекривають дверний отвір шириною 0,8 м, мінімальні розміри тамбура 2–2,5 м^2. У нових сховищах площа камери тамбур-шлюзу за ширини дверного полотна 0,8 м складає 8 м^2, а за ширини 1,2 м – 10 м^2. У тамбурах можуть стояти також дерев'яні або ґратчасті металеві двері для природного провітрювання замкнутої споруди.

Кількість входів і ширину отворів встановлюють залежно від місткості сховища, його розташування та інших чинників, що впливають на час заповнення. Найбільш поширені двері на отвір 0,8×1,8 м і 1,2×2 м. Дверний отвір шириною 0,8 м в середньому розрахований на 200 чол., а шириною 1,2 м – на 300 чол.

Для сховищ великої місткості на головних входах отвори влаштовують ширші: розміром до 3,0×2,4 м. Це пов'язано, перш за все, зі зручністю експлуатації в мирний час. Наприклад, для сховищ, використовуваних під гаражі-стоянки, склади, ширина проїзду для машин повинна бути не менше 2,2 м. Перекриваються такі отвори спеціальними воротами.

Від дії ударної хвилі будівля може руйнуватися, внаслідок чого виявляться заваленими входи у сховища, розташовані на сходовій клітці. Характер завалу залежить від надмірного тиску ударної хвилі. Встановлено, що за надмірного тиску у фронті ударної хвилі 500 кПа зона завалу становитиме близько половини висоти будівлі. Зі збільшенням тиску розліт уламків будівлі збільшуватиметься, створюючи суцільні завали вулиць і проїздів. При цьому висота завалу зменшуватиметься.

Для того, щоб вийти (евакуюватися) із заваленої споруди, влаштовують аварійний вихід у вигляді заглибленої галереї, шахтою, що закінчується, з оголовком.

Для вбудованих сховищ важливою частиною є аварійний вихід, який влаштовується у вигляді тунелю, що виводить на незавалювану територію і закінчується вертикальною шахтою з оголовком. Вихід зі сховища в тунель обладнується захисно-герметичними і герметичними віконницями, що встановлюються, відповідно, із зовнішньої та внутрішньої сторін стіни. Оголовки аварійних виходів віддаляються від навколишніх будівель на відстань, що становить не менше половини висоти будівлі плюс 3 м (0,5Н+3 м). У стінах оголовка заввишки 1,2 м влаштовуються отвори, які обладнуються жалюзійними решітками, що відкриваються всередину. За висоти оголовка менше 1,2 м влаштовуються металеві ґрати, що відкриваються вниз.

У окремо розташованих сховищах допускається один із входів, розміщених поза зоною завалів, проектувати як аварійний вхід.

Всі сховища позначаються спеціальними знаками, розмір яких 0,5 х 0,6 м. Розташовуються на видному місці біля входу і на зовнішніх дверях. Маршрути руху до сховища позначаються покажчиками. Знаки і покажчики забарвлюються в білий колір, написи робляться чорною фарбою. На знаку указується номер сховища, кому належить, у кого ключі (посада, місце роботи, телефон).

2. Система постачання повітря

Система повітропостачання повинна забезпечувати людей у сховищах необхідною кількістю повітря відповідної температури, вологості й газового складу в умовах, якими характеризується складний осередок ураження.

Повітропостачання сховищ здійснюється за рахунок зовнішнього повітря за умови його попереднього очищення. Система повітропостачання не тільки подає у сховища необхідну кількість повітря, але і захищає від попадання всередину споруди радіоактивного пилу, ОР, бактерійних засобів, диму і окислу вуглецю у разі виникнення пожежах.

Залежно від конкретних умов і вимог спеціальні пристрої в системі повітропостачання виконують і додаткові функції, наприклад, підігрівають або охолоджують повітря, осушують або зволожують його.

Система повітропостачання повинна забезпечувати три режими роботи:

1) режим чистої вентиляції;

2) режим фільтровентиляції;

3) режим регенерації внутрішнього повітря.

Система повітропостачання, як правило, працює у двох режимах: чистої вентиляції (перший режим) і фільтровентиляції (другий режим). Якщо сховище розташоване в пожежонебезпечному районі (нафтопереробне підприємство) або в районі можливої загазованості небезпечними

хімічними речовинами, додатково передбачають режим регенерації внутрішнього повітря (тобто відновлення газового складу, як це робиться на підводних човнах) і створення підпору (режим 3).

У режимі чистої вентиляції (режим 1) зовнішнє повітря очищається тільки від пилу (зокрема радіоактивного). Подається воно з урахуванням необхідності видалення тепловиділень і вологи, тому кількість повітря залежно від кліматичного поясу може коливатися у вельми широких межах. На одну людину, що укривається, подається 8–13 м^3/ч залежно від кліматичної зони. У цьому режимі кількість повітря, що видаляється, повинна складати 0,9 від об'єму припливного повітря.

У режимі фільтровентиляції (режим 2) повітря додатково пропускають через фільтри-поглиначі, де воно очищається від ОР і бактеріальних засобів. Фільтри-поглиначі мають певну пропускну спроможність. Тому в режимі фільтровентиляції подача повітря скорочується, але і при цьому необхідно забезпечити необхідний температурно-вологісний режим усередині споруди і підпор повітря.

На одну людину подається 2 м^3/ч повітря, працює на ПУ – 5 м^3/ч і що працює у фільтровентиляційній камері з електровентилятором – 10 м^3/ч.

У 3-й і 4-й кліматичних зонах об'єм повітря, що подається, збільшується до 10 м^3/ч на особу, що укривається, або застосовується пристрій для охолоджування повітря.

У режимі 2 повинен бути забезпечений підпір повітря не менше 5 мм вод. стовпа (як і при інших режимах повітропостачання сховища).

Система повітропостачання включає повітрозабірні пристрої, протизапорошені фільтри, фільтри-поглиначі, вентилятори, розвідну мережу, повітро-регулюючі й захисні пристрої, а також, за необхідності, засоби регенерації, тепломісткі фільтри (повітроохолоджувачі), фільтр для очищення повітря від окислу вуглецю.

Повітрозабір для режиму чистої вентиляції звичайно суміщають із галереєю аварійного виходу, другий прокладають окремо. Кожен повітрозабір повинен бути обладнаний противибуховим пристроєм.

У разі виходу з ладу повітрозабору фільтровентиляції можна використовувати повітрозабір чистої вентиляції, для чого між повітрозаборами прокладають перемичку у вигляді металевої труби з герметичним клапаном.

Для повітропостачання в сучасних сховищах застосовують фільтровентиляційні комплекти ФВК-1 і ФВК-2, які розміщуються в окремому приміщенні сховища у фільтровентиляційній камері. Один комплект ФВК-1 або ФВК-2 розрахований на 150 чол.

Одночасно з цим включають регенеративну установку РУ-150/6, яка забирає повітря з приміщень сховища, очищає від вуглекислого газу і збагачує киснем. Зовнішнє повітря після проходження через фільтр ФГ-

70 і внутрішнє повітря після регенерації в установках РУ-150/6 охолоджується в повітроохолоджувачах і електроручним вентилятором ЭРВ-600/300 подається у приміщення сховища.

В режимі регенерації повітря (режим 3) подача зовнішнього повітря повністю припиняється. Для регенерації повітря можна використовувати регенеративний патрон, що поглинає вуглекислоту, в поєднанні з кисневим (повітрям) балоном. При цьому на одну людину потрібний в 1 годину поглинути 20 л вуглекислоти і подати 25 л кисню.

Мережі повітроводів, розташовані у сховищах, зафарбовуються: режиму чистої вентиляції – в білий колір, режиму фільтровентиляції та рециркуляції – в червоний колір.

3. Система забезпечення сховищ

Система опалювання укриттів повинна бути загальною з опалювальною системою будівлі або у вигляді окремої гілки і мати пристрої для відключення. У холодний час температура повітря у приміщеннях сховищ повинна підтримуватися на рівні 10 °С.

Система опалювання – радіатори або гладкі труби, прокладені уздовж стін. Працює вона від опалювальної мережі будівлі, під якою її розташовано.

Система водопостачання і каналізації сховищ і дизель-електричних станцій працює від зовнішньої водопровідної мережі. У сховищах передбачається запас питної води в ємностях з розрахунку 3 л/доби на одну особу, що укривається, а для санвузла – 5 л/доба. Ємності запасу питної води, як правило, повинні бути проточними, із забезпеченням повного обміну води протягом двох діб. Передбачається також створення запасів ДТС ГК з розрахунку 4–5 г на 1 м^3 води на випадок виникнення необхідності знезараження її у разі пошкодження водопровідної мережі. Для постачання водою повітроохолоджуючих установок і дизель-генераторів передбачається запас води в резервуарах об'ємом, що забезпечує роботу протягом розрахункового терміну.

Система каналізації дозволяє відводити фекальні води. Санвузол розміщують у приміщенні, ізольованому перегородками від відсіків сховища, і обов'язково влаштовують витяжку.

Електропостачання необхідне для живлення електродвигунів системи повітропостачання, артезіанських свердловин, перекачування фекальних вод, освітлення. Здійснюється воно від міської мережі або мережі підприємства, а також від захищеного джерела електроенергії. Захищене джерело електроенергії – *дизельна електростанція (ДЕС)* розташовується усередині сховища і може бути використана для електропостачання декількох сховищ. В цьому випадку кабельні лінії прокладаються у траншеї завглибшки не менше 0,7 м.

Для розміщення ввідних пристроїв, розподільних щитів і щитів управління дизель-генераторами у сховищі обладнується приміщення електрощитової, що ізольоване від ДЕС і має вихід із приміщення для людей, що укриваються.

Перемикання електроживлення від зовнішніх вводів на ДЕС здійснюється вручну. У приміщенні ДЕС і електрощитової встановлюються аварійні світильники, живлення яких здійснюється від акумуляторних батарей, стартерів.

У сховищах без ДЕС передбачаються місцеві джерела освітлення від переносних електричних ліхтарів, акумуляторних світильників та ін.

Запас продуктів харчування створюється з розрахунку не менше ніж на дві доби для кожного, що укривається. За кількості людей у сховищі понад 150 чоловік площа приміщення збільшується на 3 м^2 (на кожну людину). Кількість приміщень для зберігання продовольства слід приймати з розрахунку одне приміщення на 600 чол.

Приміщення балонної слід передбачати у сховищах із трьома режимами вентиляції.

Кожне сховище повинно мати телефонний зв'язок із пунктом управління підприємства і гучномовці, підключені до міської та місцевої радіотрансляційних мереж. Резервним засобом зв'язку може бути радіостанція, що працює в мережі ЦО і НС об'єкта (району).

13.3.3 Правила використання сховищ

Сховище вводиться в експлуатацію тільки після приймання комісією, що діє відповідно до «Інструкції по прийому і експлуатації сховищ цивільної оборони». На кожне сховище складається *паспорт, план, картка прив'язки і схема шляхів евакуації людей зі сховища, а також правила утримання і табель оснащення.*

На картці прив'язки показується місце знаходження сховища і розташовані близько незавалювані орієнтири, по яких можна швидко відшукати завалене сховище.

На схемі евакуації людей намічаються декілька можливих маршрутів виходу з району розташування сховища за межі міста.

Один екземпляр документації зберігається безпосередньо у сховищі, другий – у відділі ЦЗ об'єкта.

На плані сховища указуються:

- вентиляційні канали у стінах і повітрозабірні системи;
- мережі водопроводу, каналізації, опалювання, електроосвітлення;
- місця розташування відключаючих пристроїв;
- аварійний вихід;
- товщина і матеріали стін та перекриттів сховища;
- площа і внутрішня кубатура приміщень;
- таблиця гранично допустимого часу перебування людей, що ук-

риваються,за постійного (без вентиляції) об'єму повітря залежно від заповнення людьми.

Періодичний огляд стану сховища проводять не рідше одного разу у квартал.

Негайно після заповнення людьми, що укриваються, сховище перевіряється на герметичність. Ступінь герметичності визначається за величиною підпору повітря.

Перевірка проводиться в послідовності:

– закриваються всі вхідні двері, віконниці й люки, стопоряться клапани надмірного тиску;

– закриваються герметичні клапани і заглушки на витяжній системі вентиляції;

– припливна система повітропостачання включається в роботу в режимі чистої вентиляції;

– визначається кількість повітря, що подається у сховище;

– заміряється підпір повітря у сховищі похилим манометром типу ТНЖ-1 (не менше 5 мм вод. стовпа при всіх режимах вентиляції).

За недостатнього підпору повітря визначення місць витоку повітря визначають за відхиленням полум'я свічки.

Організація обслуговування сховищ покладається на службу сховищ і укриттів ЦЗ об'єкта.

На кожне сховище виділяється ланка (група) обслуговування у складі 4–7 чоловік.

Командир ланки (групи) є комендантом сховища.

За сигналом сповіщення органів управління ЦЗ ланка (група) прибуває у сховище і організовує роботу з прийому людей, що укриваються.

По сигналу «Закрити захисні споруди» або після заповнення сховища двері і віконниці закриваються, і сховище забезпечується повітрям у режимі чистої вентиляції.

Ланка сховища діє в наступній послідовності:

– пост № 1 – двозмінний цілодобовий при кожному вході. Одна людина знаходиться зовні, інша – біля входу усередині сховища, розподіляє людей, що укриваються, по відсіках. За сигналом «Закрити захисну споруду» закривають двері, один з них залишається у тамбурі, інший спостерігає за порядком у сховищі;

– пост № 2 готує і перевіряє фільтровентиляційний агрегат (за наказом командира ланки включає ФВА);

– пост № 3 перед заповненням сховища включає освітлення, закриває двері лазів і регулювальні заглушки витяжної вентиляції; якщо є потреба – перекриває пристрої транзитних комунікацій, стежить за розміщенням укритих і дотриманням ними порядку і правил поведінки.

Для підготовки сховища необхідно:

розчистити підходи до сховища і включити світловий сигнал «Вхід»;

– встановити гучномовець і телефон;
– встановити нари і лавки;
– перевірити систему фільтровентиляції, водопостачання, каналізації та енергопостачання;
– провести дезинфекцію;
– створити запас продуктів харчування, води і медикаментів;
– поповнити сховище інструментами до табельної норми;
– провести перевірку сховища на герметичність.

Документація захисної споруди цивільної оборони (ЗС ЦЗ)

1. Паспорт сховища (ПРУ) із планами поверхів і експлікацією приміщень.
2. Журнал перевірки стану сховища (ПРУ).
3. Сигнали сповіщення цивільної оборони.
4. План переходу ЗС ЦЗ на режим сховища (ПРУ).
5. План ЗС ЦЗ із зазначенням всіх приміщень і устаткування, що знаходиться в них, і шляхів евакуації.
6. Плани зовнішніх і внутрішніх інженерних мереж із зазначенням відключаючих пристроїв.
7. Список особового складу групи (ланки) з обслуговування ЗС ЦЗ.
8. Експлуатаційна схема систем вентиляції ЗС ЦЗ.
9. Експлуатаційна схема водопостачання і каналізації ЗС ЦЗ.
10. Експлуатаційна схема електропостачання ЗС ЦЗ.
11. Інструкція з техніки безпеки під час обслуговування устаткування.
12. Інструкції по використанню засобів індивідуального захисту.
13. Інструкції з експлуатації фільтровентиляційного та іншого інженерного устаткування, правила користування приладами.
14. Інструкція з обслуговування ДЕС.
15. Інструкція з протипожежної безпеки.
16. Правила поведінки осіб, що укриваються в ЗС ЦЗ.
17. Журнал реєстрації показників мікроклімату і газового складу повітря у сховищі (ПРУ).
18. Журнал обліку звернень осіб, що укриваються, по медичну допомогу.
19. Журнал обліку роботи ДЕС.
20. Журнал реєстрації демонтажу, ремонту і заміни устаткування.
21. Схема евакуації осіб, що укриваються, з осередку ураження.
22. Список телефонів.

Перевірка захисної споруди цивільної оборони

Керівники організацій і органи управління у справах цивільної оборони та надзвичайних ситуацій планують і здійснюють періодичні перевірки стану ЗС ЦО не рідше одного разу у квартал.

До складу комісій з перевірки стану ЗС ЦО повинні включатися: представники органів управління у справах цивільної оборони і надзвичайним ситуаціям, підготовлені інженерно-технічні працівники і фахівці об'єктів економіки і служб, представники територіальних комітетів з управління державним майном. Головами комісій можуть бути: об'єктової – заступник керівника об'єкта, головний інженер, головний енергетик; районної – заступник голови адміністрації району; міської (обласної) – заступник керівника міської (обласної) адміністрації.

Результати перевірки стану ЗС ЦЗ оформляються актом. У разі виявлення несправностей і дефектів будівельних та захищаючих конструкцій, устаткування технічних систем або їх окремих елементів складається відомість дефектів. Крім того, недоліки, виявлені в ході оглядів і перевірок, пропозиції з їх усунення відображаються в журналі перевірки стану сховища (ПРУ).

З результатами перевірок повинні бути ознайомлені керівники організацій, що експлуатують ЗС ЦЗ, з метою вживання заходів з усунення недоліків і поліпшення їх змісту та використання.

На підставі акта і відомості дефектів складаються річні плани планово-запобіжних ремонтів технічних засобів і будівельних конструкцій.

13.4 Швидкозбудовані сховища

Швидкозбудовані сховища (ШБС) будуються у разі загрози нападу супротивника. Будуються вони в містах і на об'єктах, коли немає достатньої кількості завчасно побудованих сховищ. Зводяться такі споруди в короткі терміни (протягом декількох діб).

Місткість ШБС, як правило, становить 50–350 чол. Будівництво ШБС планується на вільних ділянках між виробничими будівлями на відстані 20–25 м від будівель і одне від одного.

Для будівництва ШБС застосовуються:

– збірний залізобетон промислового виготовлення для промислового і цивільного будівництва, а також елементи колекторів інженерних споруд міського підземного господарства:

– елементи і деталі військових фортифікаційних споруд;

– цеглина, бетонні блоки, природний камінь, лісоматеріали.

У ШБС робиться 2 входи із протилежних сторін із розрахунку: вхід шириною 0,8 м для 200 чол., вхід шириною 0,6 м для 100 чол. За місткості до 100 чол. допускається 1 вхід, в цьому випадку із протилежного боку

робиться аварійний лаз 0,8×0,8 м. На входах ставляться захисно-герметичні двері.

У ШБС повинні бути: приміщення для людей, що укриваються, для розміщення ФВУ, санвузла, їжі, переносної печі, ємності з помиями.

Спрощене внутрішнє устаткування включає засоби повітроподачі, вентилятори, шлако-гравійні (піщані), матерчаті фільтри, ємності для води, фекалій і помиїв (розміщуються в тамбурі, а баки з водою – у приміщенні для людей що укриваються), прилади освітлення. Обов'язково повинен бути противибуховий пристрій.

Вентиляція ШБС виконує роботу у двох режимах. Для цього використовуються різні конструкції механічних і ручних вентиляторів.

Приміщення для людей обладнується за висоти не менше 1,9 м двох'ярусними нарами, за висоти не менше 1,7 м – одноярусними. Місця для лежання повинні складати 20 % від місткості приміщення.

13.5 Протирадіаційні укриття

Протирадіаційне укриття (ПРУ) – захисна споруда, призначена для укриття населення від уражаючої дії джерела випромінювання і для забезпечення його життєдіяльності в період перебування в ньому.

Частина з них будується заздалегідь в мирний час, інші зводяться (пристосовуються) тільки в передбаченні надзвичайних ситуацій або у разі виникнення загрози озброєного конфлікту.

Всі протирадіаційні укриття в містах залежно від коефіцієнта ослаблення поділяються на 7 груп:

П1 ($K_{зах}$>200, $\Delta P_ф$ до 20 кПа);

П2 ($K_{зах}$>200);

П3 (200>$K_{зах}$>100, $\Delta P_ф$ до 20 кПа);

П4 (200>$K_{зах}$>100);

П5 (100>$K_{зах}$>50);

П6 (50>$K_{зах}$>20);

П7 (20>$K_{зах}$>10).

Будівництво ПРУ здійснюють із промислових (збірні залізобетонні елементи, цеглина) або місцевих (дерево, камінь, хворост) будівельних матеріалів. Починається воно з розбиття і трасування. Потім відривається котлован завглибшки 1,8–2,0 м, завширшки по дну 1,0 м при однорядному і 1,6 м – при дворядному розташуванні місць. У слабких ґрунтах влаштовується одяг крутостей (стін). Входи розташовують під кутом 90° до подовжньої осі укриття. Лави роблять із розрахунку 0,5 м на людину. У протилежному від входу торці роблять вентиляційний короб або пристосовують простий вентилятор. На перекриття насипають ґрунт завтовшки не менше 60 см.

Розміщують ПРУ у приміщеннях, розташованих у підвальних і цокольних поверхах будівель (рис. 13.3), на перших поверхах цегляних будівель, а також льохів, підпіллів, овочесховищ та інших придатних для цієї мети заглиблених просторів (рис. 13.4). Пристосування таких приміщень полягає у виконанні робіт з підвищення їх захисних властивостей, герметизації та улаштуванні простої вентиляції.

Підвищення захисних властивостей ПРУ, які розташовані у підвалах, під підлогами надземних житлових, громадських та інших будівель або споруд, слід передбачати шляхом:

– влаштування пристінних екранів із каменю або цегли;

– укладання мішків із ґрунтом та ін. біля зовнішніх стін надземних приміщень на висоту 1,7 м від відмітки підлоги;

– обвалування виступних частин стін підвалів (льохів) на повну висоту;

– укладання додаткового шару ґрунту на перекриття та встановлення у зв'язку з цим підтримувальних прогонів (балок) та стояків;

– закладання зайвих прорізів в огороджувальних конструкціях та встановлення стінок-екранів у входах (в'їздах).

<u>До приміщень, пристосованих ПРУ, вісуваються наступні вимоги:</u>

– зовнішні захисні конструкції будівель (споруд) повинні забезпечувати необхідну кратність ослаблення радіоактивних випромінювань;

– прорізи та отвори повинні бути підготовлені для закладення їх у разі введення приміщення в режим укриття;

– приміщення повинні розташовуватися поблизу місць перебування більшості осіб, що укриваються.

У складі ПРУ передбачають основні приміщення для розміщення осіб, що укриваються, і допоміжні приміщення для санвузла, вентиляційної, зберігання забрудненого верхнього одягу.

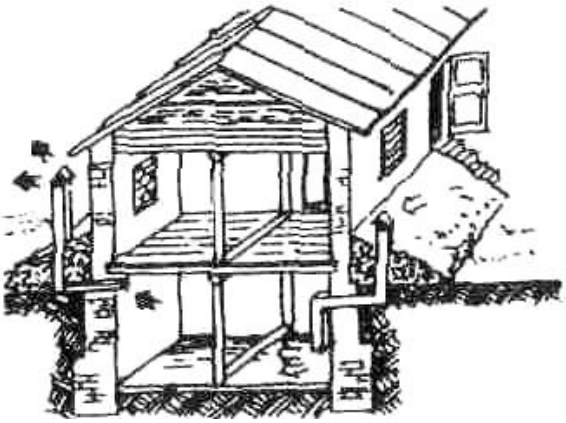


Рисунок 13.3 – ПРУ в підвалі

Рисунок 13.4 – ПРУ в льосі

Норми площі підлоги приміщень для розміщення осіб, що укриваються, відповідають нормам для сховищ, за винятком приміщень заввишки 1,9 м, де норма площі підлоги на одну людину становить 0,6 м^2.

Висота приміщень повинна бути не менше 1,9 м – при одноярусному, 2,2–2,4 м – при двох'ярусному і 2,8–3,0 м – при триярусному розташуванні нар. Місця для лежання повинні складати не менше 15 % при одноярусному, 20 % – при двох'ярусному і 30 % – при триярусному розташуванні нар від загальної кількості місць в укритті.

У входах встановлюються звичайні двері, але обов'язково з ущільнюванням у місцях примикання полотна до дверних коробок. Кількість входів у ПРУ залежить від місткості, але повинна бути не менше двох шириною 0,8 м.

За місткості укриття до 50 чоловік допускається улаштування одного входу за наявності евакуаційного виходу з люком розміром 0,7×1,5 м.

У ПРУ передбачається вентиляція — природна або примусова з механічним спонуканням. Природна вентиляція в основному використовується в ПРУ місткістю до 50 чоловік. Природна здійснюється через повітрозабірні й витяжні шахти. Отвори для подачі припливного повітря розташовуються в нижній зоні приміщень, витяжні – у верхній зоні. Для цього обладнуються припливний і витяжний короби (з дощок або у вигляді труб) перерізом 200–300 см^2. Короби повинні мати зверху козирки, а у приміщеннях – щільно підігнані засувки (або заслінки, що повертаються). У припливному коробі нижче за засувку (заслінки) роблять кишеню для осадження пилу. У будівлях можуть використовуватися наявні вентиляційні канали і димарі.

Природна вентиляція у ПРУ, розміщуваних на перших поверхах будівель, повинна здійснюватися через отвори, що влаштовуються у верхній частині вікон або у стінках, з урахуванням збільшення повітроподачі в 1,5 рази проти норм для чистої вентиляції сховищ.

У протирадіаційних укриттях місткістю більше 50 чоловік повинна бути примусова вентиляція, хоча б простого типу. Кількість повітря, що подається, повинна розраховуватися стосовно режиму чистої вентиляції сховищ. Повітрозабірний пристрій повинен розміщуватися на висоті не менше 2 метрів.

У ПРУ із примусовою вентиляцією загальнопромисловими вентиляторами слід передбачати резервну вентиляцію з розрахунку 3 м^3/ч на одну людину, що укривається (за рахунок ручних вентиляторів). При використанні електроручних вентиляторів ЭРВ-72 резерв не передбачається.

Очищення від пилу повітря, що подається у ПРУ механічною системою вентиляції, слід передбачати у фільтрах із коефіцієнтом очищення не менше 0,8.

Система опалювання ПРУ повинна бути загальною із системою будівлі та мати пристрої для відключення. Температура в холодну пору року повинна бути до заповнення людьми 10 °С.

Водопостачання ПРУ слід передбачати від зовнішньої або внутрішньої водопровідної мережі з розрахунком добової витрати на одну людину у 25 л, що укривається. За відсутності водопроводу в ПРУ треба передбачати місця для розміщення переносних баків для питної води з розрахунку 2 л в добу на одну людину у сховищі.

В укриттях, розташованих у будівлях із каналізацією, встановлюють нормальні туалети з відведенням стічних вод у зовнішню каналізаційну мережу. У малих укриттях до 20 чол., де такої можливості немає, для прийому нечистот використовують виносну тару, що щільно закривається.

Електропостачання ПРУ здійснюється від мережі міста.

На кожне ПРУ місткістю більше 50 чоловік призначаються комендант і ланка обслуговування, а за місткості менше 50 чоловік – старший (звичайно з числа осіб, що перебувають у сховищі).

Після заповнення ПРУ людьми засувки у вентиляційних коробах повинні бути закриті. Протягом 3–5 годин після початку випадання радіоактивних осадів із хмари ядерного вибуху вентиляційні пристрої повинні бути закриті. Після цього і через кожні наступні 5–6 годин укриття вентилюють, для чого витяжні короби відкривають на 15–20 хвилин.

У разі вентиляції люди у сховищі повинні надягати засоби захисту органів дихання. В цей час забороняється влаштовувати протяги, двері мають бути щільно закриті. При вході й виході людей засувка вентиляційного короба тримається закритою, а за недостатнтої кількості обладнаних приміщень ПРУ можуть додатково будуватися окремо розташовані швидкозбудовані ПРУ.

ПРУ, як і сховища, позначаються знаками, а маршрути руху до них – покажчиками.

13.6 Найпростіші укриття

Найпростіші укриття призначаються для масового укриття людей від вражаючих чинників джерел НС. Це – захисні споруди відкритого типу. До них відносяться відкриті й перекриті щілини (рис. 13.5).

Щілини (траншеї) відривають землерийними машинами (траншейними екскаваторами) або вручну.

У слабких ґрунтах для оберігання від руйнування крутостей щілин їх одягають дошками або іншими місцевими матеріалами.

Щілини відривають ламані у плані із довжиною фасів (прямолінійних ділянок) 10–15 м, відстань між сусідніми щілинами повинні бути не менше 10 м.

Відкриті щілини викопують завглибшки до 1,5 м, завширшки зверху 1,1–1,2 м і завширшки по дну 0,5–0,6 м.

У разі улаштування перекритої щілини з відкритої її глибину збільшують на 0,2–0,3 м. Довжину щілини визначають з розрахунку 0,5 м на одну людину.

Вхід у щілину обладнують під кутом 90°, роблять у вигляді похилого ступінчастого спуску із дверима. По торцях щілини встановлюють вентиляційні короби з дощок. У разі укриття в щілині 10 і більше людей обладнують два входи.

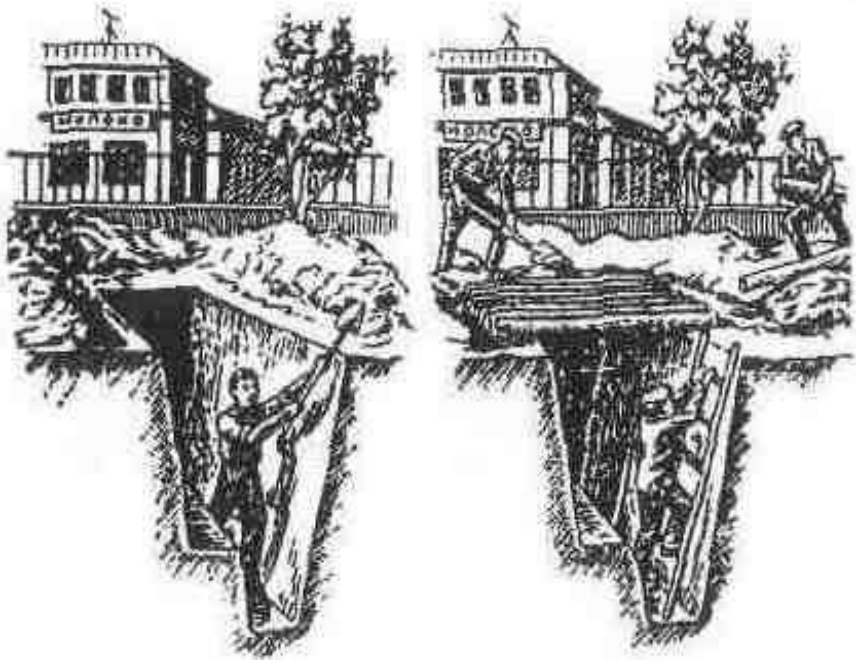


Рисунок 13.5 – Влаштування простого укриття (щілини)

Стіни щілини роблять похилими. Кут нахилу залежить від міцності ґрунту. У слабких ґрунтах стіни щілини укріплюють одягом з жердин, обаполків, товстих дощок, хворосту, залізобетонних конструкцій та інших матеріалів. Уздовж однієї зі стін влаштовують лаву для сидіння, а у стінах – ніші для зберігання продуктів і ємностей з питною водою. Під підлогою щілини влаштовують дренажну канавку з водозбірним колодязем.

Порядок улаштування щілин передбачає спочатку риття відкритих щілин за 10–15 год., а потім протягом 10–15 год. дообладнання відкритих щілин одягом крутостей і перекриттям їх колодами (плитами, елементами хвилястої сталі і т.д.), укладанням по перекриттю якого-небудь водонепроникного матеріалу і обсипанням ґрунтом.

Щілини слід розташовувати поза зонами можливих завалів при вибухах, тобто на відстанях від будівель, не менших половини їх висоти (але не ближче 7 м), а за наявності вільної території – ще далі. Разом із тим їх слід розташовувати по змозі ближче до місць перебування людей, які користуватимуться щілинами.

Перекриті щілини оберігатимуть, крім того, від безпосереднього попадання на одяг і шкіру людей радіоактивних, отруйних речовин і ба-

ктеріальних засобів, а також від ураження уламками будівель, що руйнуються. Разом з тим, навіть перекриті щілини не забезпечують повного захисту від отруйних речовин і бактерійних засобів. Тому слід використовувати захист органів дихання, а у відкритих щілинах і засоби захисту шкіри.

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть, що таке «захисна споруда». Наведіть класифікацію захисних споруд. Наведіть вимоги до захисних споруд.
2. Поясніть, що таке «сховище». Наведіть вимоги до сховищ та їх класифікацію.
3. Наведіть об'ємно-планувальні рішення сховищ. Наведіть вимоги до входів та аварійних виходів сховищ.
4. Охарактеризуйте систему постачання повітря до сховищ.
5. Поясніть, що таке «протирадіаційне укриття». Наведіть класифікацію протирадіаційних укриттів.
6. Наведіть основні вимоги до протирадіаційних укриттів.
7. Поясніть, у чому полягає різниця між сховищем та протирадіаційним укриттям. Наведіть основні шляхи підвищення захисних властивостей протирадіаційних укриттів.
8. Наведіть основні правила використання сховищ ЦЗ.
9. Наведіть основні види перевірок сховищ ЦЗ та вимоги до їх обслуговування.
10. Розкрийте вимоги до організації обслуговування сховищ ЦО, послідовності дій ланки сховища та підготовки сховища до використання.
11. Розкрийте вимоги до підготовки сховища до використання, вкажіть основні види документів захисних споруд та особливості перевірок захисних споруд.

ЛІТЕРАТУРА

1. Депутат О.П. Цивільна оборона: навчальний посібник / Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. – Львів: Афіша, 2001. – 336 с.

2. Шоботов В.М. Цивільна оборона: навчальний посібник / Шоботов В.М. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.

3. ДБН А.3.1-9-00. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом захисних споруд цивільної оборони та їх утримання.

4. ДБН Б.1.1-5:2007. Склад, зміст, порядок розроблення, погодження та затвердження розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) у містобудівній документації.

5. ДБН В.1.2-4-2006. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони).

ЛЕКЦІЯ 14
ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ

План:

14.1 Визначення вимог до коефіцієнта захисту органів дихання від навколишнього середовища

14.2 Залежність ТТХ ЗІЗОД від кількісних показників дихання

14.2.1 Резервуарний дихальний апарат

14.2.2 Регенеративний дихальний апарат

14.2.3 РДА із хімічно пов'язаним киснем

14.1 Визначення вимог до коефіцієнта захисту органів дихання від навколишнього середовища

Відповідно до вимог, виконання яких забезпечує безпечну працю, небезпечні продукти горіння у повітрі, яким дихає газодимозахисник, не повинні перевищувати ***гранично допустимих концентрацій (ГДК)***, кількісні показники яких наведені у відповідних стандартах з безпеки праці. В таблиці 14.1 наведені ГДК найбільш поширених на пожежі газів та їх максимальний склад, який може бути під час пожежі. Як бачимо, що без ізолюючих апаратів працювати не можна.

Таблиця 14.1 – Гранично допустимі концентрації небезпечних продуктів горіння

Газ	ГДК		Максимальний склад під час пожежі	
	мг/м^3	% за об'ємом	% за об'ємом	$K_{тн}$
Окис вуглецю (CO)	30	$2{,}61\cdot10^{-3}$	10	$3{,}83\cdot10^{3}$
Сірчистий газ (SO_2)	10	$0{,}37\cdot10^{-3}$	1	$2{,}70\cdot10^{3}$
Сірководень (H_2S)	10	$0{,}71\cdot10^{-3}$	1	$1{,}41\cdot10^{3}$
Окиси азоту (в перерахунку на NO_2)	5	$0{,}26\cdot10^{-3}$	1	$3{,}85\cdot10^{3}$

ГДК шкідливих речовин – це їх концентрація, яка за постійної роботи протягом усього трудового стажу не здатна викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я працюючого. Під час короткочасового епізодичного дихання повітрям, яке містить шкідливі речовини, їх допустимі концентрації можуть бути дещо вищими. Підвищена ГДК (у півтора рази) може бути тільки за короткочасного (не більше 4 годин) впливу повітря з домішками окису вуглецю.

Внаслідок пожежі склад шкідливих речовин у повітрі може підвищитись у сотні та тисячі разів по відношенню до ГДК, внаслідок чого атмосфера стає не тільки непридатною, але й небезпечною для життя лю-

дей з незахищеними органами дихання. Відношення фактичної концентрації $C_{шк}$ шкідливого газу до його ГДК:

$$K_{ТН} = \frac{C_{шк}}{C_{ГДК}}$$

називають коефіцієнтом токсичної небезпеки середовища.

При одночасному вмісті в повітрі декількох шкідливих газів однонаправленої дії коефіцієнт токсичної небезпеки дорівнює сумі коефіцієнтів для окремих компонентів (усі гази, наведені в табл. 14.1, мають однонаправлену дію).

На практиці доцільніше характеристику токсичної небезпеки середовища, яке містить суміш шкідливих газів, давати через еквівалентний склад у ньому окису вуглецю. Для цього фактичну концентрацію кожного газу помножують на коефіцієнт, який отримують від ділення ГДК окису вуглецю на ГДК газу який розглядається, а потім визначають суму еквівалентних концентрацій.

Апарат на стисненому повітрі цілком ізолює органи дихання людини від навколишнього середовища. Проте ступінь ізоляції системи «апарат – органи дихання людини» від навколишнього середовища або ж герметичність цієї системи не може бути абсолютною.

У повітропостачальній системі апарата або в її частині в періоди вдихів створюється розрідження, яке залежить від типу дихального апарата й інтенсивності фізичного навантаження. Під дією різниці тисків зовні й усередині системи навколишнє повітря, що містить шкідливі домішки, може проникати двома шляхами:

– через недостатньо затягнуті з'єднання повітропровідної системи або через ушкодження цілісності її оболонки;

– через нещільне з'єднання лицьової частини апарата з органами дихання людини.

Проникнення у повітропровідну систему шкідливих газів у результаті дифузії через гумові стінки є незначним.

Ступінь герметичності характеризується коефіцієнтом проникнення в систему «апарат–органи дихання» навколишнього повітря, що містить шкідливі домішки. Фізичний зміст зазначеного коефіцієнта подібний до такого для коефіцієнта токсичної небезпеки середовища $K_{ТН}$. Тобто коли коефіцієнт захисту $K_З$ дорівнює коефіцієнту токсичної небезпеки $K_{ТН}$, людина, яка знаходиться в апараті, вдихає повітря з концентрацією шкідливої речовини, що дорівнює гранично допустимій.

Для найгірших умов, в яких дозволяється працювати в ізолюючих автономних ЗІЗОД (а це повітря, яке містить 10 % окису вуглецю *CO*), масова концентрація *CO* в навколишньому середовищі дорівнює

116,7·10³ мг/м³. З урахуванням того, що для дихання протягом не більше 4 годин гранично допустима концентрація дорівнює 30 мг/м³, маємо наступний показник коефіцієнта токсичної небезпеки середовища:

$$K_{\text{ТН}} = \frac{C_{\text{m}}}{C_{\text{ГДК}}} = \frac{116{,}7 \cdot 10^3}{30} = 3890 .$$

Це означає, що в середовищі із зазначеною концентрацією окису вуглецю допускається робота в апараті, у якого коефіцієнт захисту більше 3890.

Внаслідок цього як нормований розмір приймається значення коефіцієнта захисту:

$$K_З \geq 5 \cdot 10^3,$$

що забезпечує надійний захист органів дихання на пожежі.

Проте треба мати на увазі, що під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин в епіцентрі вибуху, наприклад, ракетного палива, $K_{\text{тн}} \approx 385000$. Це зумовлює відповідні зміни вимог як до показників, що контролюються під час другої перевірки безпосередньо самого апарата, так і до лицевих частин.

14.2 Залежність ТТХ ЗІЗОД від кількісних показників дихання

14.2.1 Резервуарний дихальний апарат

Використання положення “Відкрита схема дихання” зумовлює можливість використання відомого у фізиці закону Бойля–Маріотта, який встановлює залежність тиску повітря від його об’єму. Враховуючи те, що весь запас повітря Q в балонах АСП витікає в атмосферу в процесі дихання, для випадку, який розглядається, закон Бойля–Маріотта має вид:

$$P_{\text{б}} \cdot V_{\text{б}} = Q \cdot P_{\text{а}} ,$$

де $P_{\text{б}}$ – тиск повітря в балоні (балонах) АСП, МПа;

$V_{\text{б}}$ – об’єм балона (балонів) АСП, л;

$P_{\text{а}} \approx 0{,}1$ МПа – атмосферний тиск.

В той же час кількість повітря Q, що циркулює в легенях за одиницю часу t, визначає легеневу вентиляцію:

$$\omega_{\text{л}} = \frac{Q}{t}, \ [\text{л/хв}].$$

Зрозуміло, що витрати повітря суттєво різняться тоді, коли людина відпочиває, коли вона просто рухається або рухається з вантажем. У зв'язку з цим для орієнтовної оцінки конкретних експлуатаційних характеристик ізолюючих апаратів Система стандартів з безпеки праці рекомендує відповідні показники легеневої вентиляції. Проте для забезпечення єдиного підходу в чинних керівних документах, а серед них і в Настанові з ГДЗС, рекомендується для оцінки прогнозних часових показників, які характеризують роботу в апаратах на стисненому повітрі в непридатному для дихання середовищі, розглядати роботу середнього ступеня важкості ($\omega_л$=30 л/хв.). Проте в Західній Європі та Сполучених Штатах Америки, як правило, приймається $\omega_л$=40 л/хв., оскільки там вважають, що під час роботи в апаратах на стисненому повітрі відбувається природне чергування важкої роботи (згідно із Системою стандартів з безпеки праці $\omega_л$=60 л/хв.), враховуючи вагу апаратів та завдання, які постають перед газодимозахисниками під час роботи в непридатному для дихання середовищі та відпочинку (у спокої $\omega_л$=12÷20 л/хв.).

Таким чином, для АСП із конкретними технічними характеристиками (об'ємом балонів $V_б$ та тиском повітря $P_б$ в них) можна визначити час захисної дії:

$$t_з = \frac{V_б \cdot P_б}{P_а \cdot \omega_Л}.$$

Однак необхідно відмітити, що це розрахункова характеристика, яка на практиці може досить сильно відрізнятись від реальної.

Зрозуміло, що аналогічний підхід використовується і для визначення технічних характеристик апаратів, наприклад об'єму балонів:

$$V_б = \frac{t_з \cdot \omega_л \cdot P_а}{P_б}.$$

При цьому розрахунковий об'єм балонів фактично визначає тип того апарата, який доцільно використовувати. Так, якщо вимагається забезпечити час захисної дії 90 хвилин (наприклад, для захисту спеціальних об'єктів), то, враховуючи сучасний рівень техніки, за яким у повітряних балонах можна забезпечити знаходження повітря під тиском в 30,0 МПа, і рекомендований для оцінки вітчизняних апаратів рівень легеневої вентиляції ($\omega_л$=30 л/хв.), об'єм балонів повинен бути:

$$V_б \geq \frac{90 \cdot 30 \cdot 0{,}1}{30} = 9\,л.$$

Аналіз апаратів, які виробляються в Україні та пропонуються закордонними виробниками, показує, що в цьому випадку доцільно вибрати АВІМ, у якому на одній рамі розміщена система із двох балонів по чотири з половиною літри.

Аналогічно проводиться оцінка робочого тиску повітря в балонах:

$$P_{б} = \frac{t_{з} \cdot \omega_{л} \cdot P_{а}}{V_{б}}.$$

Але більш важливою та цікавою характеристикою, яка застосовується у практичній роботі підрозділів ГДЗС, є швидкість падіння тиску. Так, для АСП-2 з об'ємом балонів у шість літрів:

$$\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta Q \cdot P_{а}}{\Delta t \cdot V_{б}} = \left| АСП-2: \begin{array}{c} V_{б} = 6\,л \\ \omega_{л} = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t} = 30\,л/хв \end{array} \right| =$$

$$= \frac{30 \cdot 0{,}1}{6} = 0{,}5 \frac{МПа}{хв.}$$

Крім того, якщо розглядати АСП «Драгер» з об'ємом балонів у 8 літрів, то, враховуючи, що легенева вентиляція у Західній Європі визначена у розмірі 40 л/хв., також можна використовувати швидкість падіння тиску 5 бар/хв.

Легенево-автоматична подача повітря означає подачу повітря тільки на вдих. В той же час подати повітря з балона, в якому воно знаходиться під тиском 20–30 МПа, безпосередньо до органів дихання не можна. Аналіз того, як повітря під тиском впливає при диханні на людину, результати якого наведено в Системі стандартів з безпеки праці, показує, що між балоном і легеневим автоматом необхідно розмістити редуктор, тиск у камері якого, як правило, знаходиться в діапазоні 0,4–0,8 МПа.

Без редуктора апарати А.І. Лодигіна та А. Хотинського мали час захисної дії всього кілька хвилин. Винахідником АСП вважається Ж. Кусто, який першим розмістив редуктор між повітряним балоном і легеневим автоматом, хоча на той час повністю ідентичне технічне рішення (вся різниця полягає в тому, що балон був кисневим) існувало і використовувалось у регенеративних дихальних апаратах.

Якою ж є основна вимога до інших вузлів повітроподавальної системи, основу якої складають клапанні пари постійного та перемінного перерізу? В першу чергу наступна – в найгіршому випадку через клапанні пари повинна проходити така кількість повітря, щоб забезпечити максимально можливу легеневу вентиляцію. Оскільки легеневу вентиляцію можна розглядати як результат множення частоти дихання на дихальний об'єм, то

$$\omega_{\text{л max}} = f_{\max} \cdot V_{\text{д max}} ,$$

де $f_{\max}$ – максимальна частота дихання, хв$^{-1}$;

$V_{\partial \max}$ – максимальний дихальний об'єм, л.

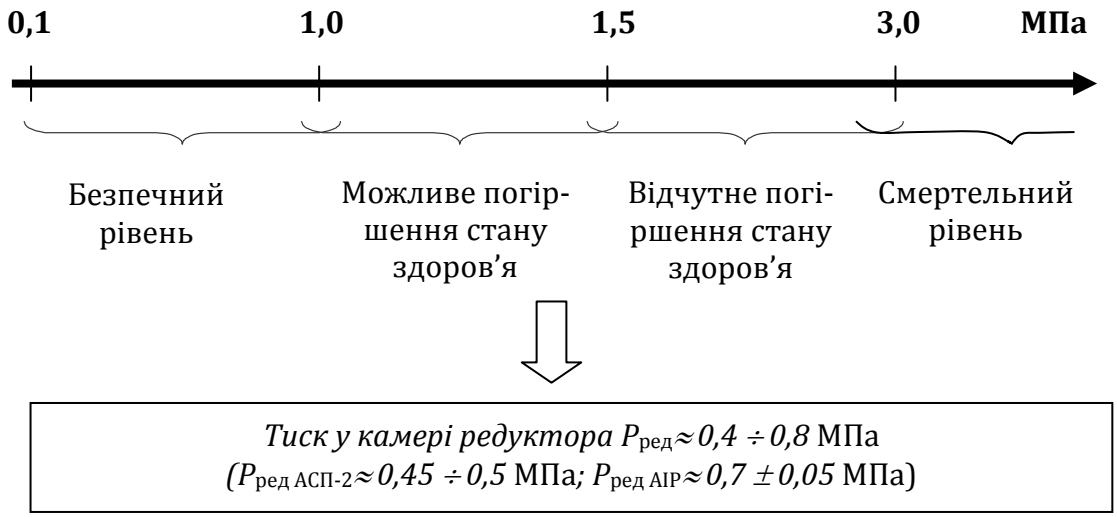


Рисунок 14.1 – Вимоги до вузлів повітроподавальної системи

При цьому, з одного боку, відомо, що загальна місткість легень V_{Σ} складається із суми резервного об'єму вдиху $V_{\text{рез вд}}$, дихального об'єму $V_{\text{д}}$, резервного об'єму видиху $V_{\text{рез вид}}$ та остаточного об'єму $V_{\text{остат}}$ (кількість повітря, що залишається в легенях після максимального видиху):

$$V_{\Sigma} = V_{\text{резвд}} + V_{\partial} + V_{\text{резвид}} + V_{\text{остат}} .$$

Ця сума коливається в діапазоні 4,5–6 л. В той же час навіть після максимального видиху в легенях залишається 1–1,5 л. Тобто максимальний дихальний об'єм буде приблизно дорівнювати 5 літрам.

З іншого боку, ССБП рекомендує вважати для найгірших умов роботи (виконання дуже важкої роботи) частоту дихання такою, що дорівнює 30 дихальним циклам у хвилину. Тобто видно, що клапанні пари АСП повинні забезпечити проходження через них 150 літрів повітря за хвилину.

Підтвердженням отриманого показника є і результати досліджень, які виконувались в Академії цивільного захисту України. Так, під час пожежно-тактичних навчань на станції метро «Радянська» в м. Харкові при підйомі потерпілого по нерухомому ескалатору в кількох курсантів легенева вентиляція була більше 120 л/хв.

Пульсуюча подача повітря на вдих називається легенево-автоматичною через те, що її забезпечує легеневий автомат. Умовою

спрацьовування легеневого автомата є досягнення заданого рівня дихального зусилля в камері легеневого автомата. При цьому необхідно звернути увагу на те, що дихальне зусилля може виникнути тільки тоді, коли в камері л/а має місце нульовий, але й тоді, коли тиск є негативним (активний видих) або позитивним (такий випадок має місце при використанні легеневих автоматів зі збитковим тиском у підмасочному просторі). Тобто дихальне зусилля характеризується створюваним перепадом тиску, а не тільки розрідженням.

Внаслідок цього під час другої перевірки сучасних легеневих автоматів, які забезпечують збитковий тиск в підмасочному просторі (наприклад, основний легеневий автомат АВІМ), не використовується реометр-манометр у тому вигляді, як це робиться під час перевірки звичайних легеневих автоматів. Застосовується спеціальне обладнання – так званий Fantom.

Які ж показники характеризують дихальне зусилля? Це, в першу чергу, чутливість системи і затримка часу.

Чутливість системи – це перепад тиску (розрідження), який необхідно мати для переключення на вдих. При цьому потрібно мати на увазі, що, з одного боку, якщо розрідження буде менше 50 Па (5 мм водяного стовпа), то клапан вдиху легеневого автомата може відкритись під впливом навколишнього середовища (наприклад, від коливань апарата або відкривання дверей у приміщенні). З іншого боку, якщо перепад тиску більше 400 Па, то це викликає відчутні підсоси до лицевої частини (див.14.2). Все це і зумовлює ті показники, які контролюються при перевірці № 2, коли ми перевіряємо легеневий автомат у зборі з лицевою частиною.

Інша характеристика – *затримка часу*, яка дорівнює часу між досягненням заданого рівня перепаду тиску в камері легеневого автомата та початком потрапляння повітря до легень.

Показники, які характеризують дихальне зусилля

Чутливість системи $P_{вд}$ **–** перепад тиску (розрідження), який необхідно мати для переключення на вдих

$P_{вд}$**<50 Па –** клапан л/а може відкритися під впливом навколишнього середовища

$P_{вд}$**>400-500 Па –** відчутні підсоси до лицьової частини

50 Па < $P_{вд}$ **< 400-700 Па**

Затримка часу $t_{затр}$ – час між досягненням заданого рівня перепаду тиску в камері л/ата початком потрапляння повітря до легень

$t_{затр}$ >0,1с – суб'єктивно неприємні відчуття

Для підвищення швидкодії:
- надійна герметизація;
- найменша розтяжність

Рисунок 14.2 – Показники дихального зусилля

Дослідження, які проводились під час створення апаратів для штучного дихання, показали, що якщо затримка часу буде більше 0,1 с, то людина почуває себе неприємно. Тобто необхідно підвищити швидкодію легеневого автомата. Для цього, в першу чергу, потрібно забезпечити надійну герметизацію корпуса легеневого автомата, а також найменшу розтяжність. Остання вимога викликає необхідність збільшення діаметра мембрани, що відразу впливає на її розміри та вагу.

Таким чином, можна в цілому відмітити, що використання відкритої схеми подиху впливає на технічні характеристики, які здебільшого пов'язані з балонами АСП (об'єм, робочий тиск, час роботи). В той же час принцип легенево-автоматичної подачі впливає на характеристики як самого легеневого автомата, так і редуктора.

14.2.2 Регенеративний дихальний апарат

Прототипом усіх сучасних регенеративних дихальних апаратів (РДА), у тому числі кисневих ізолюючих апаратів (типу КИП-8), є ізолюючий протигаз «Аерофор» зі стиснутим киснем, створений у 1853 році в Бельгії в Л'єжському університеті професором Сваном. Відтоді багаторазово змінювалися тенденції розвитку таких апаратів і поліпшувалися їх технічні дані. Проте принципова схема апарата «Аерофор» збереглася дотепер (див. рис. 14.3). Сучасний РДА складається з повітропровідної та киснепостачальної систем.

Повітропровідна система включає лицьову частину, слинозбірник, дихальні шланги і клапани, регенеративний патрон, холодильник, дихальний мішок і збитковий клапан.

У киснепостачальну систему входять контрольний прилад (індикатор), що показує запас кисню в апараті, пристрій для додаткової подачі кисню, пристрій основної подачі кисню, запірний пристрій та ємність для зберігання кисню (як правило, кисневий балон).

Лицьова частина служить для приєднання повітропровідної системи РДА до органів дихання людини. Спільно з легенями вона складає єдину замкнуту систему «апарат – органи дихання», яка ізольована від навколишнього середовища. В цій замкнутій системі під час дихання деякий об'єм повітря здійснює перемінний за напрямком рух між двома еластичними елементами: самими легенями та дихальним мішком 9. Завдяки клапанам 5 та 6, цей рух йде по замкнутому колу: видихуване з легень повітря проходить у дихальний мішок по гілці видиху (1, 3, 5, 7), а вдихуване повітря повертається в легені по гілці «вдиху» (8, 6, 4, 1). Така схема циркуляції повітря отримала назву «кругова».

При створенні РДА, які мають невеликий час захисної дії (близько 30 хвилин), застосовується маятникова схема дихання, яка відрізняється

від кругової тим, що в ній гілки вдиху та видиху об'єднані в одне ціле. Внаслідок цього:

1) збільшується об'єм шкідливого простору і, відповідно, склад вуглекислого газу у вдихуваному повітрі;

2) покращується сорбція вуглекислого газу в регенеративному патроні за рахунок використання додаткового поглинання вуглекислого газу під час вторинного проходження повітря через патрон.

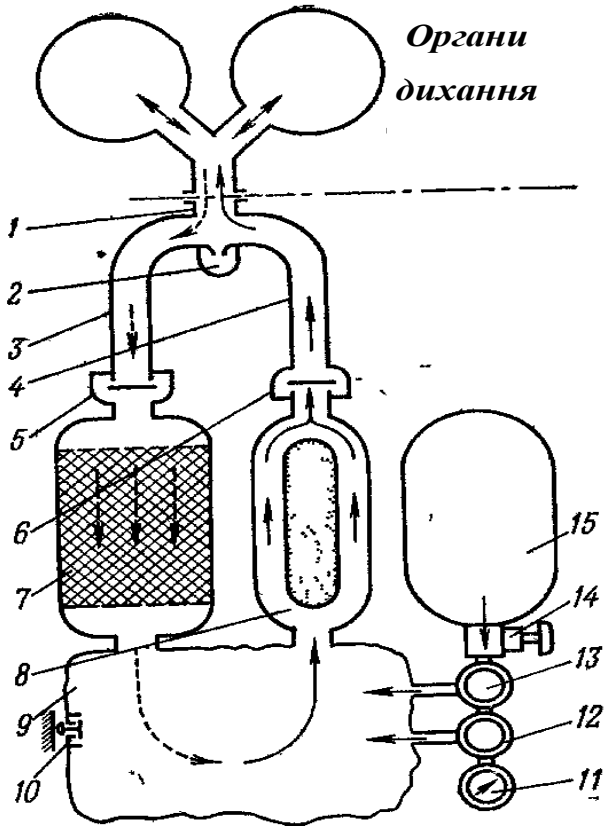


Рисунок 14.3 – Схема регенеративного дихального апарата

Використання маятникової схеми спрощує конструкцію апарата. Крім неї, ще може бути напівмаятникова схема, яка відрізняється від кругової відсутністю клапана видиху 5. Її дія пояснюється тим, що опір гілки видиху, до складу якої входить регенеративний патрон із сорбентом, більше, ніж гілки вдиху. Тобто у зворотному напрямку пройде менший об'єм повітря, ніж по гілці вдиху.

У повітропровідній системі відбувається регенерація видихуваного повітря, тобто газовий склад його відновлюється до такого, який мало вдихуване повітря до потрапляння в легені. Процес регенерації складається із двох фаз:

1) очищення видихуваного повітря від вуглекислого газу;
2) додавання до нього кисню.

Перша фаза регенерації повітря відбувається в регенеративному патроні (до речі, назва "регенеративний патрон" недостатньо точно вказує на його функції, оскільки в патроні процес регенерації не завершується). Видихуване повітря очищується в регенеративному патроні, внаслідок реакції хемосорбції вуглекислого газу тим чи іншим видом сорбенту. Оскільки реакція поглинання вуглекислого газу, екзотермічна, з патрону в дихальний мішок потрапляє нагріте повітря. Залежно від виду сорбенту повітря, яке проходить по регенеративному патрону, або осушується, або стає вологим. В останньому випадку під час руху в елементах повітропровідної системи випадає конденсат.

Друга фаза регенерації повітря відбувається в дихальному мішку, куди з киснепостачальної системи надходить кисень в об'ємі дещо більшому від того, який споживає людина. Те, яким чином кисень потрапляє до дихального мішка, визначається способом киснепостачання конкретного РДА.

У повітропровідній системі відбувається також кондиціювання регенеративного повітря. Воно включає до себе приведення його температуро-вологових параметрів до рівня, який є придатним для вдихування повітря людиною. Як правило, кондиціювання повітря зводиться до його охолодження.

Дихальний мішок в РДА виконує ряд функцій і являє собою еластичну ємність для прийому видихуваного з легень і очищеного в регенеративному патроні повітря, яке потім надходить на вдих. Дихальний мішок виготовляють із гуми або газонепроникної прогумованої тканини. Для того, щоб забезпечити глибоке дихання під час тяжкого фізичного навантаження та окремі глибокі вдихи, як було відмічено у першому розділі, мішок повинен мати корисний об'єм не менше 5 л. В мішку до повітря, що виходить з регенеративного патрона, додається кисень. Мішок є збірником конденсату (за його наявності). В ньому також затримується пил сорбенту, який в невеличкій кількості може проникнути з регенеративного патрона. Крім того, там відбувається первинне охолодження гарячого повітря, яке надходить з регенеративного патрона, за рахунок тепловіддачі через стінки мішка до навколишнього середовища. І, нарешті, дихальний мішок керує роботою збиткового клапана 10 та легеневого автомата (якщо він є в апараті).

Це управління може бути як прямим, так і непрямим. За прямого управління стінка дихального мішка безпосередньо або через механічну передачу впливає на збитковий клапан або клапан легеневого автомата.

За непрямого управління ці клапани відкриваються внаслідок впливу на їх особисті сприймальні елементи (наприклад, мембрани) тиску або розрідження, яке створюється в дихальному мішку під час його заповнення або спорожнення.

Збитковий клапан 10 служить для видалення з повітропровідної системи надлишкової газоповітряної суміші та діє в кінці видихів. У випадку, коли робота збиткового клапана управляється непрямим способом, виникає небезпека втрати частини газоповітряної суміші РДА через клапан в результаті натискання на стінку дихального мішка. Щоб запобігти цьому, мішок захищають жорстким корпусом.

Холодильник 8 служить для пониження температури видихуваного повітря. Відомі повітряні холодильники, дія яких базується на віддачі тепла через їх стінки в навколишнє середовище, але більш ефективні холодильники з хладоагентом. Їх дія спирається на використання захованої теплоти фазового перетворення (водяний лід, фосфорнокислий натрій, вуглекислий(сухий) лід та ін.). Холодильник не є обов'язковим елементом конструкції РДА. Багато дихальних апаратів не мають його, а охолодження нагрітого в регенеративному патроні повітря відбувається в дихальному мішку і шлангу вдиху, а також, як це має місце у КІП-8, у звуковому сигналі.

Варіанти і модифікації принципової схеми киснепостачальної системи РДА визначаються, в першу чергу, засобом резервування кисню, реалізованим у даному апараті. За засобами резервування кисню РДА поділяються на три групи:

– зі стиснутим киснем;

– із рідким киснем;

– з хімічно пов'язаним киснем.

Будова повітропровідних систем у них можуть бути однаковою, проте киснепостачальні системи істотно відрізняються одна від одної.

В РДА (КІП) зі стиснутим киснем як резервуар для його зберігання використовується балон із запірним вентилем.

Робочий тиск у балоні становить, як правило, 20 МПа, але треба мати на увазі, що в балонах, ємність яких менше 1 л, і початковий тиск буде здебільшого менше. Так, в апараті КІП-5, який мав балон ємністю 0,7 л, початковий тиск не повинен був перевищувати 15 МПа.

В сучасних РДА застосовуються два способи для основної подачі кисню:

– постійна подача з витратами об'єму кисню близько 1,5 л/хв.;

– легенево-автоматична подача, яка здійснюється короткими імпульсами з витратою об'єму кисню 60–150 л/хв в моменти спорожнення дихального мішка і створення в ньому відповідного розрідження.

Пристрій для основної подачі кисню включає редукційний клапан, що знижує тиск кисню до 0,3–0,6 МПа і підтримує його на постійному рівні незалежно від тиску в балоні, сполучений із редукційним клапаном дозуючий штуцер (дюзу), призначений для постійної подачі кисню, і легеневий (дихальний) автомат, що працює на редукованому тиску кисню.

Роботою легеневого автомата керує дихальний мішок прямим або непрямим способом.

Відомі моделі РДА без легеневого автомата зі збільшеною, а тому менш економічною подачею кисню (2–3 л/хв).

Крім того, є моделі РДА, в яких кисень подається тільки через легеневий автомат. У деяких подібних конструкціях легеневий автомат заповнюється киснем високого тиску, який подається безпосередньо від балона.

Додаткова подача кисню здійснюється пристроєм, який приводиться в дію за необхідності вручну. Даний пристрій називається ще «аварійним клапаном» або байпасом (By-pass – обвідний канал). Оскільки ним користуються для продування повітропровідної системи від азоту, що зібрався, і в аварійних випадках при порушенні нормальної дії пристрою основної подачі кисню, то аварійний клапан може заповнюватись киснем від балона по окремому каналу.

Для контролю запасу кисню в балоні служать звичайний манометр, який розміщають у полі зору людини за допомогою металевої капілярної трубки. Оскільки ця трубка при роботі може бути ушкоджена, щоб уникнути швидкої втрати запасу кисню передбачено (у більшості сучасних конструкцій) перекривний пристрій капіляра, який приводиться в дію вручну або автоматично.

Переваги КІП зі стиснутим киснем:

– достатньо ощадлива витрата кисню;

– високий питомий час захисної дії;

– постійна готовність до застосування;

– можливість роботи в апараті окремими періодами, із вимиканням і наступним умиканням, без утрати загального часу захисної дії;

– мала вага та невеликі габарити.

Під час роботи в таких апаратах значно змінюється нормальне дихання у результаті:

– підвищеного відсоткового вмісту у вдихуваному повітрі вуглекислого газу і кисню, причому кількість останнього протягом роботи підвладна значним коливанням;

– підвищення відсоткового вмісту азоту в системі протигаза;

– підвищення температури і вологості вдихуваного повітря;

– збільшеного опору дихання за замкнутим циклом протигаза.

До ***недоліків*** слід віднести також:

– складність будови та обслуговування;

– обов’язковий процес навчання особового складу щодо поводження з апаратом;

– залежність часу роботи від якості хімічного поглинача;

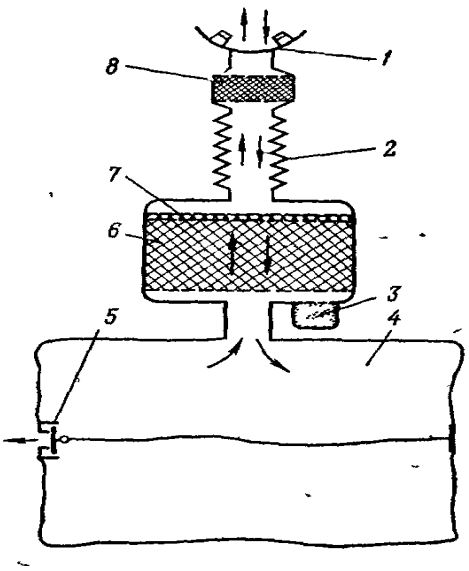
– відносно висока вартість.

Перші вітчизняні протигази регенеративного типу були виготовлені на Орлово-Єленівській станції гірничорятувального устаткування в 1925 році. У 1930 році був створений КІП-1, у 1939 році на основі модернізації КІП-3 був створений КІП-5, що одержав широке застосування під час гасіння пожеж. У 1947 році створюється КІП-7, а також РКК-2 (респіратори Ковшова і Кузьменко). У 1949 році був сконструйований новий тип протигаза Урал-1. З 1967 року промисловістю випускалися КІП-8. На озброєнні МНС зараз знаходиться декілька типів ізолюючих протигазів(КІП-8, Р-12, Р-30, РВЛ, Луганськ 2М, Р-34, Р-35).

У рятівників найбільш широке застосування одержали протигази регенеративні з подачею стиснутого кисню в систему через систему клапанів і редукторів із поглинанням вуглекислого газу, що працюють за круговою (замкнутою) схемою дихання. У протигазах цього типу видихуване повітря, що містить велику кількість кисню, не викидається в атмосферу, а відновлюється і повторно використовується для дихання. У регенеративному протигазі дихання проводиться за замкнутим циклом, ізольованим від зовнішнього середовища. Час роботи в агрегаті залежить від кількості і властивостей хімпоглинача регенеративного патрона, запасу кисню у балончику.

14.2.3 РДА із хімічно пов'язаним киснем

В РДА з хімічно пов'язаним киснем останній міститься у гранульованому продукті на базі супероксидів лужних металів і виділяється під час реакції поглинання продуктів вуглекислого газу і водяних парів, які мають місце у видихуваному повітрі. Зазначеним продуктом, що містить кисень, споряджується регенеративний патрон РДА, при проходженні через який видихуване повітря цілком регенерується. Процес регенерації включає дві фази: поглинання вуглекислого газу (і вологи) з одночасним додаванням кисню, що виділився. В регенеративному патроні відбувається екзотермічна реакція, у результаті якої продукт при важкому фізичному навантаженні розігрівається до 400 ^{0}С. Внаслідок того, що виділення кисню продуктом є пропорційним поглинанню ним вуглекислого газу, апарат забезпечує ощадливу витрату наявного запасу кисню.



1 *– лицева частина;*
2 *– дихальний шланг;*
3 *– пусковий пристрій;*
4 *– дихальний мішок;*
5 *– збитковий клапан;*
6 *- регенеративний патрон;*
7 *– фільтр;*
8 *– тепловологообмінник*

Рисунок 14.4 – РДА із хімічно пов'язаним киснем

Киснепостачальна система відсутня. Замість неї в більшості апаратів є пусковий пристрій для подачі у повітропровідну систему невеличкої порції додаткового кисню, коли продукт не розігрівся, і кисневиділення відбувається недостатньо активно.

Позитивні риси:

– простота конструкції;
– мала вага;
– ощадлива витрата кисню.

Недоліки:

– відсутність надійної конструкції індикатора ступеня відпрацьованості продукту, що містить кисень (фактичний час захисної дії встановлюють на 20 відсотків вище гарантованого);
– неможливість здійснення тривалих перерв під час роботи;
– великий опір дихання;
– висока вартість експлуатації.

Питання для семінарського заняття

1. Вкажіть, який коефіцієнт захисту використовується в захисних апаратах та як він визначається.
2. Розкрийте принцип роботи резервуарних ЗІЗОД .
3. Поясніть, що визначає легенева вентиляція та її значення згідно з нормами Системи стандартів з безпеки праці.
4. Вкажіть. за яким принципом визначається об'єм балонів у сучасних АСП.
5. Поясніть, як визначається швидкість падіння тиску повітря в балонах.

6. Поясніть, за яким принципом налаштовується вторинний тиск у камері редуктора.

7. Вкажіть, якою може бути максимальна легенева вентиляція у людини.

8. Вкажіть. яка повинна бути чутливість в АСП.

9. Вкажіть. яка повинна бути затримка часу роботи вузлів АСП.

10. Розкрийте принцип роботи РДА.

11. Вкажіть, за яким принципом визначається об'єм дихального мішка.

12. Вкажіть джерела накопичування азоту в РДА.

13. Надайте характеристику вапняного хімпоглинача в РДА.

14. Надайте характеристику лужного хімпоглинача в РДА.

15. Вкажіть способи кисне постачання в РДА.

16. Дайте оцінку рівня постійної подачі кисню.

17. Розкрийте принцип роботи РДА із хімічно пов'язаним киснем.

18. Поясніть, як визначається придатність препарату, що містить хімічно пов'язаний кисень?

ЛІТЕРАТУРА

1. Перепечаев В.Д. Газодымозащитная служба пожарной охраны / Перепечаев В.Д., Береза В.Ю. – Черкассы, 2000. – С. 5–23.

2. Грачев В.А. Газодымозащитная служба: ученик / Грачев В.А., Поповский Д.В.; под общ.ред. д.т.н., профессора Е.А. Мелашчина. – М.: Пожкнига, 2004. – 384 с.

3. Ковальов П.А. Основи створення та експлуатація апаратів на стисненому повітрі: Навчальний посібник/ Ковальов П.А., Стрілець В.М., Єлізаров О.В., Безуглов О.Є. – Х., АЦЗУ, 2005. – С. 3–25.

4. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації: навчальний посібник / Стрілець В.М. – Х.: АПБУ, 2001.

5. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах. Оперативно-рятувальної служби МНС України (Наказ МНС України № 1342 від 16.12.2011 р.).

6. Настанова з організації професійної підготовки та післядипломної освіти осіб рядового та начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту (Наказ МНС України № 444 від 01.07.2009).

7. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України (Наказ МНС України від 05.07.07. № 312).

ЛЕКЦІЯ 15
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПЛЕКСУ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ, ЯКІ Є ГІРШИМИ, ВІД НАЙГІРШИХ УМОВ ПОЖЕЖІ

План:

15.1 Токсичні продукти горіння та їхній вплив на організм людини

15.2 Особливості забезпечення робіт по ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами НХР

15.3 Основні хімічні продукти, їх небезпека та засоби захисту від їх впливу

15.3.1 Аміак

15.3.2 Хлор

15.3.3 Азотна кислота та її суміші

15.3.4 Олеум (кислота сірчана, яка димить)

15.3.5 Сірчана кислота

15.3.6 Соляна кислота (хлорводнева, хлористоводнева)

15.3.7 Фосфорна кислота (розчин)

15.1 Токсичні продукти горіння та їхній вплив на організм людини

При повному згоранні органічних речовин утворюються, як правило, вуглекислий газ і вода. При неповному згоранні (що сталося за нестачі повітря), крім вуглекислого газу і парів води, утворюються й інші сполуки типу окису вуглецю (CO), складних органічних сполук (спиртів, кетонів, альдегідів, кислот та ін.).

Дим являє собою дисперсну систему, що складається з дрібних незгорілих твердих, рідких або газоподібних часток речовини, що горить, величиною не менше 0,1 мкм, що знаходяться у зваженому стані. Дим здатний адсорбувати на своїй поверхні не тільки гази, але й пари рідини: при цьому він ускладнює видимість і задушливо діє на органи дихання людини. Дим має велику стійкість. Це пояснюється тим, що частинки диму, внаслідок тертя між собою, несуть на собі електричні заряди.

Властивості димових продуктів і ступінь задимлення багато в чому залежать від температури диму. З підвищенням температури збільшується токсичність димових газів і зменшується їхня середня щільність. Дим, що утворився при пожежі в будівлях, може поширюватися із приміщень до приміщень через прорізи, щілини і дрібні отвори в конструкціях. Найбільша небезпека задимлення приміщень створюється у випадку, якщо димом заповнені сходові клітки, коридори, вентиляційні канали і шахти ліфтів. Характеристика диму залежить від виду продуктів, що горять. За кольором диму можна визначити основний вид матеріалів, які горять, що має істотне значення при оцінці обстановки на пожежі й ор-

ганізації її гасіння. В умовах пожежі продукти згорання і теплового розкладання, що входять до складу диму, діють на організм людини комбіновано, тому їхня загальна токсичність є небезпекою для життя навіть за незначних концентрацій. За значних концентрацій продуктів згорання у складі диму знижується відсотковий уміст кисню, що також небезпечно для життя людини.

За характером впливу на організм людини всі хімічні речовини, що входять до складу диму, розділяють на п'ять груп:

1) до першої групи входять речовини, що мають припікальну, подразнювальну дію на шкірні покрови і слизові оболонки. Наслідки таких впливів – кашель, печіння, сверблячка. З речовин, що входять до складу диму, до цієї групи відносяться: сірчистий газ, пари багатьох органічних сполук – продуктів неповного згорання (мурав'їної й оцтової кислот, формальдегіду, парів дьогтю і т.д.);.

2) до другої групи входять речовини, що подразнюють органи дихання: хлор, аміак, сірчистий і сірчаний ангідрид, хлорпікрин, окисли азоту, фосген і т.п. Вони викликають розлад дихання, параліч дихальних м'язів, ураження органів дихання. До таких порушень веде і збільшення концентрації в повітрі вуглекислого газу вище 8–10 %. Речовини (хлор, аміак, сірчистий газ), розчинні у воді, а, отже, і у слизу, уражають верхній відрізок дихального шляху, покритий слизом. Це призводить до розвитку ларингіту, трахеїту, бронхіту. Гази, малорозчинні у воді (фосген, окисли азоту), не затримуються вологою слизу верхніх дихальних шляхів і досягають альвеол. Вони сприяють розвитку пневмонії й ускладненню цього захворювання – набряку легенів, утворення якого пов'язано із затриманням тканинної рідини в організмі та застоєм крові в легенях. При набряку з'являються задишка, кашель, у важких випадках наступає смерть від ядухи. Слід врахувати, що дія деяких токсичних речовин (фосгену, миш'яковистого водню) виявляється не відразу, а через певний період (від 2 до 8–10 годин) від моменту надходження отрути до організму;

3) до третьої групи входять токсичні речовини, що діють переважно на кров. До цієї групи відносяться: бензол і його похідні – ксилол, толуол, аміно- і нітросполуки, а також миш'яковистий водень, свинець, окис вуглецю та ін., які у разі потрапляння у кров викликають руйнацію і загибель червоних кров'яних тілець (еритроцитів), що призводить до швидкого розвитку різко вираженого недокрів'я, зниження доставки кисню і кисневого голодування;

4) до четвертої групи входять отрути, що впливають на нервову систему (бензол і його похідні, сірководень, сірковуглець, метиловий спирт, анілін, тетраетилсвинець та ін.);

5) до п'ятої групи відносяться ферментні або обмінні отрути (синильна кислота, сірководень та ін.), що діють на функцію дихання.

Внаслідок цього тканини позбавляються спроможності використовувати кисень, доставлений кров'ю.

Велика кількість отрут, що входять до складу всіх цих груп, потрапляє в організм через органи дихання, а тому від час роботи в осередках пожежі є необхідність у їх надійному захисті. За ступенем впливу на організм людини всі шкідливі речовини підрозділяються на 4 класи небезпеки (див. табл.15.1):

1-й – речовини надзвичайно небезпечні;
2-й – речовини високонебезпечні;
3-й – речовини помірковано небезпечні;
4-й – речовини малонебезпечні.

Таблиця 15.1 – Класи небезпеки речовин

Показники	**Норми для класу небезпеки**			
	1	**2**	**3**	**4**
Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин	менше 0,1	0,1–1,0 (окису азоту)	1,1–10	більше 10
Середня загибельна доза у разі введення у шлунок, мг/кг	менше 15,0	15–150	151–5000	більше 5000
Те ж саме у разі нанесення на шкіру, мг/кг.	менше 100	100–500	501–2500	більше 2500
Середня загибельна концентрація в повітрі, мг/кг.	більше 500	500–5000	5001–50000	більше 50000
Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КМІО).	більше 300	300–30	29–3	менше 3

Відповідно до вимог, виконання яких забезпечує безпечну працю, небезпечні продукти горіння у повітрі, яким дихає газодимозахисник, не повинні перевищувати *гранично допустимих концентрацій (ГДК)*.

Таблиця 15.2 – Гранично допустимі концентрації небезпечних продуктів горіння

Газ	**ГДК**		**Максимальний склад під час пожежі**	
	мг/м³	**% за об'ємом**	**% за об'ємом**	$K_{тн}$
Окис вуглецю (CO)	30	$2{,}61 \cdot 10^{-3}$	10	$3{,}83 \cdot 10^{3}$
Сірчистий газ (SO_2)	10	$0{,}37 \cdot 10^{-3}$	1	$2{,}70 \cdot 10^{3}$
Сірководень (H_2S)	10	$0{,}71 \cdot 10^{-3}$	1	$1{,}41 \cdot 10^{3}$
Окиси азоту (в перерахунку на NO_2)	5	$0{,}26 \cdot 10^{-3}$	1	$3{,}85 \cdot 10^{3}$

ГДК шкідливих речовин – це їх концентрація, яка за постійної роботи протягом усього трудового стажу не здатна викликати захворювання або відхилення у стані здоров'я працюючого. Під час короткочас-

ного епізодичного дихання повітрям, яке містить шкідливі речовини, їх допустимі концентрації можуть бути дещо вищими. Підвищена ГДК (у півтора рази) може бути тільки за короткочасного (не більше 4 годин) впливу повітря з домішками окису вуглецю.

Внаслідок пожежі, склад шкідливих речовин у повітрі може підвищитись у сотні та тисячі разів по відношенню до ГДК, внаслідок чого атмосфера стає не тільки непридатною, але й небезпечною для життя людей з незахищеними органами дихання. Відношення фактичної концентрації $C_{шк}$ шкідливого газу до його ГДК:

$$K_{ТН} = \frac{C_{шк}}{C_{ГДК}}$$

називають коефіцієнтом токсичної небезпеки середовища.

При одночасному вмісті в повітрі декількох шкідливих газів односпрямованої дії коефіцієнт токсичної небезпеки дорівнює сумі коефіцієнтів для окремих компонентів (усі гази, наведені в табл. 15.3, мають односпрямовану дію).

На практиці доцільніше характеристику токсичної небезпеки середовища, яке містить суміш шкідливих газів, давати через еквівалентний склад у ньому окису вуглецю. Для цього фактичну концентрацію кожного газу помножують на коефіцієнт, який отримують від ділення ГДК окису вуглецю на ГДК газу, що розглядається, а потім визначають суму еквівалентних концентрацій.

Під час пожеж найбільш поширеним та шкідливим газом є окис вуглецю (CO) – газ без кольору, смаку та запаху. Легко поєднуючись із гемоглобіном крові (в 250–300 разів активніше, ніж кисень), вуглекислий газ зменшує здатність крові поглинати кисень, викликаючи, внаслідок цього, кисневий голод організму.

Таблиця 15.3 – Токсичні концентрації окису вуглецю

Ступінь отруєння	Час впливу газу	Об'ємна концентрація CO при +10 ^{0}С, %
1-ша, слабкі симптоми отруєння	після декількох годин	0,016
2-га, слабке отруєння	до 1 години	0,048
3-тя, тяжке отруєння	після 0,5–1 години	0,128
4-та, смертельно небезпечне отруєння	після короткочасного впливу	0,4
Смерть	після декількох вдихів	> 1

Сірчистий газ (SO_2) – газ без кольору, має різкий смак та запах, є досить отрутним. Створюється у випадках, коли вибухові або горючі речо-

вини вміщують сірку. Цей газ подразнює дихальні шляхи та очі, створюючи на їх поверхні сірчисту кислоту, в тяжких випадках викликає запалення бронхів, набряк гортані та легень. Об'ємна концентрація вже в 0,05 % є небезпечною для життя навіть при короткочасних диханнях.

Сірководень (H_2S) – газ без кольору, зі сладкуватим смаком та запахом. Утворюється як під час пожеж, так і у випадках загнивання органічних речовин. Дуже отрутний, має подразнювальну дію на очі та дихальні шляхи. Смертельно небезпечний навіть за короткочасного впливу концентрації H_2S, яка дорівнює 0,1 %.

Окиси азоту (NO, NO_2, N_2O_4, N_2O_5) – отрутні червоно-бурі гази з різким запахом. Утворюються під час вибухів. Вони подразнюють дихальні шляхи та очі, внаслідок створення на їх поверхні азотної кислоти; в тяжких випадках викликає набряк легенів. Смертельна концентрація окисів азоту при короткочасних диханнях – 0,025 %.

В окремих випадках склад шкідливих газів може перевищити значення, наведені в таблиці. Так, наприклад, під час ізоляції підземних пожеж у просторі за перешкодою склад окису вуглецю може перевищувати 10 %. Проведення будь-яких робіт у цьому випадку, як правило, забороняється.

Склад кисню в повітрі під час пожежі також різко знижується. Особливо це характерно для пожеж у закритих приміщеннях, де він витрачається на окислення горючих матеріалів, але не поповнюється. Штучне зменшення кисню під час гасіння може здійснюватися генераторами інертного газу, запуском азоту або вуглекислого газу.

Дихання повітрям зі зниженим складом кисню призводить до неповного насичення ним крові в легеневих капілярах. Здоровою людиною при диханні повітрям, яке містить 14–15 % кисню, суб'єктивно не відчувається недостатність останнього, оскільки падіння парціального тиску кисню в альвеолах компенсується підвищенням легеневої вентиляції. Подальше зменшення вмісту кисню викликає гіпоксію (недостачу кисню у крові), що призводить до кисневого голоду. Граничне значення парціального тиску кисню у вдихуваному повітрі, нижче якого в організмі людини відбуваються функціональні розлади, становить 13 кПа, що відповідає вмісту кисню у вдихуваному повітрі близько 13 % за нормального атмосферного тиску.

Ознаками гіпоксії є підвищення частоти дихання та пульсу, зниження здатності продуктивно мислити, порушення чіткості у роботі деяких м'яз. Головна небезпека полягає в її суб'єктивній безсимптомності. Людина при цьому не відчуває загрожуючу їй небезпеку та не вживає заходів до того, щоб сповістити про своє самопочуття.

Таким чином, необхідно забезпечити не тільки відповідний захист органів дихання від проникнення до них продуктів горіння, але й ізолювати їх.

15.2 Особливості забезпечення робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами НХР

У повітропостачальній системі апарата, або її частині, в періоди вдихів створюється розрідження, яке залежить від типу дихального апарата й інтенсивності фізичного навантаження. Під дією різниці тисків зовні й усередині системи навколишнє повітря, що містить шкідливі домішки, може проникати двома шляхами:

1) через недостатньо затягнуті з'єднання повітропровідної системи, або через ушкодження цілісності її оболонки;

2) через нещільне з'єднання лицьової частини апарата з органами дихання людини.

Проникнення у повітропровідну систему шкідливих газів у результаті дифузії через гумові стінки є незначним.

Ступінь герметичності характеризують коефіцієнтом проникнення в систему «апарат-органи дихання» навколишнього повітря, що містить шкідливі домішки (коефіцієнтом підсосу або коефіцієнтом захисту, який однозначно характеризує ефективність ізоляції ЗІЗОД і органів дихання від навколишнього середовища, а його числове значення показує, у скільки разів вміст шкідливого газу в повітрі, яке вдихується під час перебування в ЗІЗОД, нижче, ніж у навколишньому повітрі. Фізичний зміст зазначеного коефіцієнта подібний такому для коефіцієнту токсичної небезпеки середовища $K_{\text{ТН}}$. Тобто коли коефіцієнт захисту $K_{\text{з}}$ дорівнює коефіцієнта токсичної небезпеки $K_{\text{ТН}}$, людина, яка знаходиться в апараті, вдихає повітря з концентрацією шкідливої речовини, що дорівнює гранично допустимій.

Для найгірших умов, в яких дозволяється працювати в ізолюючих автономних ЗІЗОД (а це повітря, яке містить 10 % окису вуглецю *CO*), масова концентрація *CO* в навколишньому середовищі дорівнює $116{,}7 \cdot 10^3$ мг/м^3. З урахуванням того, що для дихання протягом не більше 4 годин гранично допустима концентрація дорівнює 30 мг/м^3, маємо наступний показник коефіцієнта токсичної небезпеки середовища

$$K_{\text{ТН}} = \frac{C_{\text{m}}}{C_{\text{ГДК}}} = \frac{116{,}7 \cdot 10^3}{30} = 3890 .$$

Це означає, що в середовищі із зазначеною концентрацією окису вуглецю допускається робота в апараті, у якого коефіцієнт захисту більше 3890.

Внаслідок цього як нормований розмір приймається значення коефіцієнта захисту:

$$K_З \geq 5 \cdot 10^3,$$

що забезпечує надійний захист органів дихання на пожежі.

Проте, треба мати на увазі, що під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин в епіцентрі вибуху, наприклад, ракетного палива, $K_{тн} \approx 385000$. Це зумовлює відповідні зміни вимог як до показників, що контролюються під час другої перевірки безпосередньо самого апарата, так і до лицевих частин.

15.3 Основні хімічні продукти, їх небезпека та засоби захисту від їх впливу

15.3.1 Аміак

Основні властивості та небезпечні фактори

Безбарвний газ із задушливим різким запахом, поріг сприйняття запаху – 0,50–0,55 мг/м^3. Димить під час виходу в атмосферу. Добре розчиняється у воді. Вступає в хімічну реакцію з алюмінієм, лужними та лужноземельними металами.

Таблиця 15.4 – Властивості аміаку та його розчинів

Найменування речовини	Номер ООН	Ступінь токсичності	Клас небезпечного вантажу
Аміак безводний	1005	2	2
Аміаку розчин у воді з відносною щільністю менше 0,880 за температури 15 ^oC, яка містить більше 50 % аміаку	3318	2	2
Аміаку розчин у воді з відносною щільністю 0,880, за температури 15 ^oC, яка містить більше 35 %, але не більше 50 % аміаку	2073	2	2
Аміаку розчин у воді з відносною щільністю від 0,880 до 0,957 за температури 15 ^oC, містить більше 10 %, але не більше 35 % аміаку	2672	4	8

Подавання води на поверхню рідкого аміаку призводить до його інтенсивного закипання і утворення аерозольної суміші. Аерозольна хмара рухається над поверхнею землі, по низинах і рівчаках, може рухатись проти вітру. Небезпечна концентрація аміаку може бути далеко за межами хмари. У зрідженому стані температура близько мінус 33 ^0C, за умови інтенсивного випаровування температура може знизитися до мінус 65 ^0C. На металевих поверхнях особистих засобів захисту, що мають контакт з аміаком, можуть утворюватися раковини та інші пошкодження. ГДК$_{р.з.}$ – 20 мг/м^3.

Рідкий аміак – важкогорюча речовина, газоподібний горючий газ, концентраційні межі поширення полум'я у повітрі 15–28 % (об.), мінімальна енергія запалювання – 680 мДж; МВВК – 6,2 % (об.); Контакт аміаку зі ртуттю, хлором, йодом, бромом, кальцієм і деякими іншими речовинами призводить до утворення вибухових сполук.

Дії щодо забезпечення захисту під час ліквідації наслідків аварії

Гасити пожежу з максимально можливої відстані, за якої забезпечується гасіння пожежі. Охолоджувати ємності водою, не допускати потрапляння води в ємності. Не припиняти гасіння, поки є витікання. Для розсіювання (осадження, ізоляції) парів слід використовувати розпилену воду. Небезпечна зона розташована в радіусі не менше 800 м. Розміри зони хімічного забруднення уточнюються за результатами хімрозвідки. Повідомити СЕС. У небезпечну зону входити лише в засобах індивідуального захисту. Триматися навітряного боку. Уникати низьких місць. Не торкатися пролитої речовини. Потерпілим слід надати першу допомогу. Задіяти відповідні служби для усунення витікання, перекачування аміаку до справної ємності, огородження місць розливів ґрунтовим валом, нейтралізації розливів. Проливання ізолювати піною. Не допускати потрапляння у водойми, підвали, каналізацію.

Вогнегасні речовини – тонкорозпилена вода, повітряно-механічна піна.

Засоби індивідуального захисту, які рекомендуються

Ізолювальний термогазозахисний костюм ІК-ТГЗ. Ізолювальні газохімзахисні костюми КІ-АР «Іній», «Рятувальник ЗУ», КІ-К-М «Юпітер – М», «Рятувальник 2МУ».

Ізолювальні захисні дихальні апарати типу АСВ, АІР, АВХ.

Ознаки ураження

Сильнотоксичний, викликає хімічні опіки шкіри та очей. Рідкий аміак спричинює обмороження. При вдиханні газоподібного аміаку – сльозотеча, біль в очах, задуха, сильні напади кашлю, запаморочення, біль у шлунку, блювота. У разі потрапляння на шкіру – хімічний опік шкіри. Потрапляння в очі – різкий біль, може призвести до втрати зору.

Заходи першої допомоги

Викликати швидку медичну допомогу. Особи, які надають першу допомогу, повинні використовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання та шкіри. Вивести потерпілого із забрудненої зони, звільнити від забрудненого одягу, розстебнути одяг, який утруднює дихання. Забезпечити тепло та спокій. Шкіру та очі промити водою або 2 % розчином борної кислоти не менше 15 хвилин. Дати зволожений кисень. В очі

30 % розчин альбуциду по 2–3 краплі. На шкіру примочки – 2 % розчин оцтової кислоти. При зупинці дихання і кровообігу реанімаційні заходи – штучне дихання і зовнішній масаж серця.

Нейтралізація

Місце розливу слід обвалувати. Невеликі розливи засипати піском. За наявності інтенсивного витоку дати газу випаруватися. Для осадження газу використовувати розпилену воду. Допускається змивання водою невеликих розливів рідкого аміаку за умов співвідношення кількості води та аміаку не менше 10:1, а також нейтралізація невеликих розливів аміаку вуглекислотою.

Змивання та розбавлення водою великої кількості аміаку не дозволяється, тому що може спричинити збільшення концентрації аміаку в повітрі внаслідок випаровування аміаку під дією тепла, яке виділяється під час розчинення аміаку у воді.

Для нейтралізації слід використовувати 1–10 % розчини сірчаної, азотної, соляної кислот, а також воду. Норма витрат – 6–20 літрів на 1 літр аміаку.

15.3.2 Хлор

Основні властивості та небезпечні фактори

Жовтувато-зелений газ із характерним подразнюючим запахом, малорозчинний у воді, відчуття сприймання запаху коливається в межах 0,3–3,8 мг/м^3. Газоподібний хлор у 2,5 рази важчий за повітря, накопичується у низьких ділянках місцевості, підвалах, тунелях. Зріджується за температури мінус 34 ^{0}С. Випаровуючись у повітрі, рідкий хлор утворює з водяними парами білий туман. Хлор у хмарі знаходиться у смертельних концентраціях. Хлор належить до сильних окисників. Вологий хлор спричиняє сильну корозію більшості металів. Наявність хлору в повітрі призводить до зупинки двигунів внутрішнього згоряння та їх пошкодження. ГДК$_{р.з.}$ – 1 мг/м^3.

Негорюча речовина. Підтримує горіння (окисник). Ємкості можуть вибухати при нагріванні. В рідкому хлорі може знаходитися домішка трихлориду азоту (NCl_3), який при об’ємному випаровуванні хлору стає вибухонебезпечним, в разі його концентрації понад 5 %. Багато металів та неметалів (титан, мідь, алюміній, цинк, фосфор тощо) здатні горіти в атмосфері сухого і вологого хлору.

Дії щодо забезпечення захисту під час ліквідації наслідків аварії

Гасити пожежу слід з максимально можливої відстані, за якої забезпечується гасіння пожежі. Охолоджувати ємності водою. Для розсіювання (осадження, ізоляції) парів використовувати розпилену воду. Небезпечна

зона розташована в радіусі не менше 200 м. Розміри зони хімічного забруднення уточнюються за результатами хімрозвідки. Повідомити СЕС. У небезпечну зону слід входити лише в засобах індивідуального захисту. Триматися навітряного боку. Уникати низьких місць. Не торкатися пролитої речовини. Потерпілим необхідно надати першу допомогу. Задіяти служби відповідно до плану локалізації та ліквідації аварії для усунення витікання, перекачування до справної ємності, огородження місць розливів ґрунтовим валом, нейтралізації розливів. Прибрати із зони аварії горючі матеріали. Не допускати потрапляння у водоймища, підвали, каналізацію.

За наявності розлиття необхідно використовувати розпилену воду. Для гасіння пожежі використовувати засоби, найбільш придатні для гасіння речовини, що горить.

Засоби індивідуального захисту, які рекомендуються

Ізолювальний термогазозахисний костюм ІК-ТГЗ. Ізолювальні газохімзахисні костюми КІ-АР «Іній», «Рятувальник ЗУ», КІ-К-М «Юпітер – М», «Рятувальник 2МУ» .Ізолювальні захисні дихальні апарати типу АСВ, АІР, АВХ.

Ознаки ураження

Хлор – сильнодіюча отруйна речовина, яка має загальнотоксичну і подразнювальну дію на організм людини, а також викликає хімічні опіки. Перші ознаки ураження – різкий грудний біль, порушення координації руху, різь в очах, слизотеча, сухий кашель, блювання. Хлор спричинює різке подразнення слизових оболонок очей, верхніх і глибоких дихальних шляхів і легенів.

Заходи першої допомоги

Викликати швидку медичну допомогу. Особи, які надають першу допомогу, повинні використовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання та шкіри. Вивести потерпілого із забрудненої зони, звільнити від забрудненого одягу, розстебнути одяг, який утруднює дихання. Дати потерпілому зволожений кисень. Очі, ніс і рот слід промити розчином питної соди (2 % розчином гідрокарбонату натрію) або 2 % розчином гідросульфату натрію. Місця ураження шкіри негайно промити великою кількістю мильної води, потім змити мильну воду струменем чистої теплої води протягом 10–15 хв. Обережно видалити вологу з уражених ділянок тіла за допомогою м’якого чистого рушника. Штучне дихання слід робити тільки при зупинці дихання і кровообігу.

Нейтралізація

Під час інтенсивного витікання для осадження газу необхідно використовувати розпилену воду. Для нейтралізації використовувати вапняне молочко, розчини соди або каустику (60–80 % та більше). Для нейтралізації 1 т хлору необхідно 1,5 т кальцинованої соди.

15.3.3 Азотна кислота та її суміші

Основні властивості та небезпечні фактори

Безбарвна рідина (азотна червона та суміші для нітрування із вмістом NHO_3 90% і вище – червоно-бурого кольору). Отруйна, $ГДК_{р.з.}$ – 5 мг/м^3 . На повітрі «димить». Добре розчиняється у воді. При взаємодії з водою можливе сильне нагрівання, розбризкування і утворення токсичних газів. Важча за воду. Летка. Пари є важчими за повітря, накопичуються в низьких ділянках земної поверхні, підвалах, тунелях. Сильний окисник. Корозійна для більшості металів. Оксиди азоту, які утворюються в азотній кислоті під час нагрівання та взаємодії з металами, органічними речовинами тощо, мають специфічний запах, токсичні, подразнюють дихальні шляхи (поріг сприймання запаху – 8 мг/м^3).

Таблиця 15.5 – Властивості азотної кислоти

Найменування речовини	Номер ООН	Ступінь токсичності	Клас небезпечного вантажу
Кислота азотна, яка містить понад 70 % чистої азотної кислоти	2031	3	8
Кислота азотна, яка містить не більше 70 % чистої азотної кислоти	2031	3	8
Кислота азотна червона, яка димить	2032	3	8
Суміш для нітрування, яка містить більше 50 % чистої азотної кислоти	1796	3	8
Суміш для нітрування, яка містить менше 50 % чистої азотної кислоти	1796	3	8

Негорюча речовина. Виробництво азотної кислоти є вибухонебезпечним внаслідок використання в ньому горючих та вибухонебезпечних речовин – аміаку та природного газу. При контакті з багатьма горючими матеріалами азотна кислота призводить до їх самозаймання. Нітрує целюлозні матеріали, чим різко підвищує їх пожежну небезпечність. Здатна вибухати в суміші з органічними речовинами. При взаємодії з металами утворює займисті й токсичні гази. Ємкості можуть вибухати при нагріванні. Взаємодія з водою може спричинити займання горючих матеріалів.

Дії щодо забезпечення захисту під час ліквідації наслідків аварії

Гасити пожежу слід з максимально можливої відстані, за якої забезпечується гасіння пожежі. Охолоджувати ємності з кислотою водою

(не допускати потрапляння води в ємності). Гасити пожежі на об'єктах, де може бути азотна кислота, незалежно від задимленості, слід лише в ізолювальному газохімзахисному костюмі та ізолювальному захисному дихальному апараті. Небезпечна зона – в радіусі не менше 800 м. Розміри зони хімічного забруднення уточнюються за результатами хімрозвідки. Повідомити СЕС. У небезпечну зону входити лише в засобах індивідуального захисту. Триматися навітряного боку. Уникати низьких місць. Не торкатися пролитої речовини. Потерпілим надати першу допомогу. Задіяти служби відповідно до плану локалізації та ліквідації аварії для усунення витікання, перекачування кислоти до справної ємності або ємність для зливу, огородження місць розлиття ґрунтовим валом, нейтралізації розливів. Для розсіювання (осадження) парів використовувати розпилену воду, розчин вапна. Евакуювати з місця пожежі горючі матеріали і металеві вироби або захистити від потрапляння на них кислоти. Не допускати потрапляння кислоти у водойми, підвали, каналізацію.

За наявності проливань концентрованої азотної кислоти та сумішей для нітрування використовувати вогнегасні порошки на основі амонійних солей фосфорної та сірчаної кислот (ПФ, П-2АПМ, Вексон-АВС), сильвініту (ПГС-3, ПГС-М), газові вогнегасні речовини. Для гасіння пожеж з наявністю розведеної азотної кислоти можливе застосування розпиленої води. Потрапляння на поверхню концентрованої кислоти та сумішей для нітрування води, водопінних засобів пожежогасіння призводить до розігрівання поверхневого шару кислоти, розбризкування та утворення кислотного туману. Потрапляння на поверхню кислоти хладонів у рідкому стані, діоксиду вуглецю у твердому стані, вогнегасних порошків на основі бікарбонату натрію (зокрема ПСБ-3) може призвести до утворення кислотного туману.

Засоби індивідуального захисту, які рекомендуються

Ізолювальний термогазозахисний костюм ІК-ТГЗ. Ізолювальні газохімзахисні костюми КІ-АР «Іній», «Рятувальник 3У», КІ-К-М «Юпітер -М», «Рятувальник 2МУ» Ізолювальні захисні дихальні апарати типу АСВ, АІР, АВХ.

Ознаки ураження

Туман азотної кислоти подразнює дихальні шляхи. У разі вдихання парів кислоти – дере в горлі, сухий або вологий кашель, ускладнене дихання, задишка, клекотливе дихання, сльозотеча. У разі потрапляння на шкіру – опік шкіри (струп має жовте забарвлення), виразка, в очі – різь, сильне печіння, осліплення, усередину організму – опік слизової оболонки порожнини рота, стравоходу, шлунку, різкий біль.

Заходи першої допомоги

Викликати швидку медичну допомогу. Особи, які надають першу допомогу, повинні використовувати засоби захисту органів дихання та шкіри. Вивести постраждалого із забрудненої зони, звільнити від забруд-

неного одягу. Розстебнути одяг, який утруднює дихання. Прополоскати рот 2 % розчином гідрокарбонату натрію. Шкіру промити великою кількістю води протягом 10–20 хвилин, потім – 2 % розчином гідрокарбонату натрію. Після обробки ураженого місця на нього накладають пов'язку з нейтралізуючим – 2–3 % розчином гідрокарбонату натрію. Очі промивають слабким струменем чистої води, закапують 1–2 краплі 1 % розчину новокаїну чи 0,5 % розчину дикаїну, прикладають примочки з 2–3 % розчином гідрокарбонату натрію. При потраплянні усередину – негайне промивання шлунка через зонд холодною водою, ввести морфін – 1мл 1 % розчину та атропін – 1 мл 0,1 % розчину. Не викликати блювання. При зупинці дихання і кровообігу реанімаційні заходи – штучне дихання і зовнішній масаж серця. Свіже повітря, тепло, спокій, чистий одяг.

Нейтралізація

Для розсіювання (осадження) парів слід використовувати розпилену воду. Місця розливів ізолювати піском. Розлиття азотної кислоти нейтралізують розчином каустичної соди, содовим порошком, вапном, іншими лужними сумішами, розчином гідроксиду натрію 300 г/л. **Нейтралізація каустичною содою концентрованої кислоти може призвести до вибуху**. Орієнтовні норми витрат для нейтралізації територій становлять: сухих речовин – 0,5…1 кг/м^2, водних розчинів – 1…2 л/м^2.

15.3.4 Олеум (кислота сірчана, яка димить)

Основні властивості та небезпечні фактори

Безбарвна рідина з різким подразнювальним запахом. Отруйна, ГДК$_{р.з.}$ – 1 мг/м^3 . На повітрі «димить». Добре розчиняється у воді. При взаємодії з водою можливе сильне нагрівання, розбризкування і утворення токсичних газів. Важча за воду. Летка. Пари є важчими за повітря; накопичуються в низьких ділянках земляної поверхні, підвалах, тунелях. Сильний окисник. Корозійна для більшості металів.

Негорюча речовина. Спричинює займання горючого, органічних розчинників, мастил. Здатна вибухати в суміші з органічними речовинами. Зневоднює деревину, підвищує її здатність до горіння. При взаємодії з металами утворює займисті й токсичні гази. Ємкості можуть вибухати при нагріванні. Взаємодія з водою може викликати займання горючих матеріалів, можлива бурхлива хімічна реакція.

Дії щодо забезпечення захисту під час ліквідації наслідків аварії

Гасити пожежу з максимально можливої відстані, за якої забезпечується гасіння пожежі. Охолоджувати ємкості з кислотою водою (не допускати потрапляння води в ємкості). Не допускати контакту води з речовиною. Для гасіння пожежі в місцях розливу олеуму використовувати лише сухі вогнегасні речовини (вогнегасні порошки, пісок). Небезпечна

зона – в радіусі не менше 50 м. Розміри зони хімічного забруднення уточнюються за результатами хімрозвідки. Повідомити СЕС. У небезпечну зону входити лише в засобах індивідуального захисту. Триматися навітряного боку. Уникати низьких місць. Не торкатися пролитої речовини. Потерпілим необхідно надати першу допомогу. Задіяти служби відповідно до плану локалізації та ліквідації аварії для усунення витікання, перекачування кислоти до справної ємності або ємності для зливу, огородження місць розливів ґрунтовим валом, нейтралізації розливів. Прибрати із зони аварії горючі матеріали і металеві вироби або захистити від потрапляння на них кислоти. Не допускати потрапляння кислоти у водойми, підвали, каналізацію.

За наявності проливань використовувати вогнегасні порошки на основі амонійних солей фосфорної та сірчаної кислот (ПФ, П-2АПМ, Вексон-АВС), хлориду калію (ПХК) та сильвініту (ПГС-3, ПГС-М), газові вогнегасні речовини. Потрапляння на поверхню олеуму води, водопінних засобів пожежогасіння призводить до розігрівання поверхневого шару кислоти, розбризкування та утворення кислотного туману. Потрапляння на поверхню кислоти хладонів у рідкому стані, діоксиду вуглецю у твердому стані, вогнегасних порошків на основі бікарбонату натрію (зокрема ПСБ-3) може призвести до утворення кислотного туману.

Засоби індивідуального захисту, які рекомендуються

Ізолювальний термогазозахисний костюм ІК-ТГЗ. Ізолювальні газохімзахисні костюми КІ-АР «Іній», «Рятувальник ЗУ», КІ-К-М «Юпітер - М», «Рятувальник 2МУ». Ізолювальні захисні дихальні апарати типу АСВ, АІР, АВХ.

Ознаки ураження

При вдиханні – дере в горлі, сухий або вологий кашель, утруднене дихання, задишка, клекотливе дихання, сльозотеча. При потраплянні на шкіру – опік шкіри (струп має біле забарвлення), серозне запалення з пухирями, виразка. У разі потрапляння в очі – різь, можливе осліплення. У разі потрапляння всередину – опіки слизової оболонки порожнини рота, стравоходу, шлунку, різкий біль.

Заходи першої допомоги

Викликати швидку медичну допомогу. Особи, які надають першу допомогу, повинні використовувати засоби захисту органів дихання та шкіри. Вивести потерпілого із забрудненої зони, звільнити від забрудненого одягу, розстебнути одяг, який утруднює дихання. Прополоскати рот 2 % розчином гідрокарбонату натрію. Шкіру промити протягом 10–20 хвилин водою, потім – 2 % розчином гідрокарбонату натрію. Після обробки ураженого місця накласти асептичну пов’язку з нейтралізуючим

2–3 % розчином гідрокарбонату натрію. Очі (при широко розкритих повіках) промити слабким струменем води, примочки з 2–3 % розчином гідрокарбонату натрію. При потраплянні всередину – промивання шлунка через зонд холодною водою. Інгаляція содовим розчином та обережне вдихання парів етилового спирту. У разі зупинки дихання і кровообігу слід вжити реанімаційних заходів – робити штучне дихання і зовнішній масаж серця.

Нейтралізація

Для розсіювання (осадження) парів слід використовувати розпилену воду. Місце розливу ізолювати піском. Нейтралізація олеуму проводиться суспензією вапна, розчином каустичної соди, содовим порошком, лужними сумішами. **Нейтралізація каустичною содою може призвести до вибуху.** Орієнтовні норми витрат для нейтралізації територій складають: сухих речовин – 0,5…1 кг/м^2, водних розчинів – 1…2 л/м^2.

15.3.5 Сірчана кислота

Основні властивості та небезпечні фактори

Сірчана кислота – безбарвна масляниста рідина. Водорозчинна. При взаємодії з водою можливий розігрів, бурхлива хімічна реакція. Корозійна для більшості металів. Поріг сприйняття запаху – 0,6–0,85 мг/м^3. Отруйна, ГДК$_{р.з.}$ – 1 мг/м^3. При концентрації в повітрі 2 мг/м^3 – подразнення слизової оболонки носа та гортані.

Негорюча речовина. При взаємодії з металами може виділяти горючі гази. У разі нагрівання вище 200 ^{0}С виділяє пари сірчаного ангідриду, які з водяною парою утворюють білий туман. Концентрована кислота сприяє займанню горючих речовин (горюче, органічні розчинники, мастила). Зневоднює деревину, підвищує її здатність до горіння. Ємкості з кислотою можуть вибухати при нагріванні.

Дії щодо забезпечення захисту під час ліквідації наслідків аварії

Гасити пожежу слід максимально можливої відстані, за якої забезпечується гасіння пожежі. Охолоджувати ємкості з кислотою водою (не допускати потрапляння води в ємкості). Для розсіювання (осадження, ізоляції) парів використовувати розпилену воду. Для гасіння пожежі в місцях розливів кислоти використовувати лише сухі вогнегасні речовини (вогнегасні порошки, пісок). Небезпечна зона – в радіусі не менше 50 м. Розміри зони хімічного забруднення уточнюються за результатами хімрозвідки. Повідомити СЕС. Не торкатися розлитої речовини. У небезпечну зону входити лише в засобах індивідуального захисту. Триматися навітряного боку. Уникати низьких місць. Потерпілим необхідно надати першу допомогу. Задіяти служби відповідно до плану локалізації та лік-

відації аварії для усунення витікання, перекачування кислоти до справної ємності або ємності для зливу, огородження місць розливів ґрунтовим валом, нейтралізації розливів. Прибрати із зони аварії горючі матеріали та металеві вироби або захистити їх від потрапляння на них речовини. Не допускати потрапляння речовини у водоймища, підвали, каналізацію.

Таблиця 15.6 – Властивості сірчаної кислоти

Найменування речовини	**Номер ООН**	**Ступінь токсичності**	**Клас небезпечного вантажу**
Кислота сірчана, яка містить більше 51 % чистої кислоти	1830	2	8
Кислота сірчана відпрацьована	1832	2	8
Кислота сірчана, яка містить 51 % і менше кислоти)	2796	2	8
Кислота сірчана, регенерована з кислого гудрону	1906	2	8
Кислота сірчана, відходи	1906	2	8

У випадку проливання концентрованої кислоти слід використовувати вогнегасні порошки на основі амонійних солей фосфорної та сірчаної кислот (ПФ, П-2АПМ, Вексон-АВС), хлориду калію (ПХК), та сильвініту (ПГС-3, ПГС-М), газові вогнегасні речовини. Для гасіння пожеж із наявністю розведеної кислоти можливе застосування розпиленої води. Потрапляння на поверхню концентрованої кислоти компактних струменів води, водопінних засобів пожежогасіння призводить до розігрівання поверхневого шару кислоти, розбризкування та утворення кислотного туману. Потрапляння на поверхню кислоти хладонів у рідкому стані, діоксиду вуглецю у твердому стані, вогнегасних порошків на основі бікарбонату натрію (зокрема ПСБ-3) може призвести до утворення кислотного туману.

Засоби індивідуального захисту, які рекомендуються

Ізолювальний термогазозахисний костюм ІК-ТГЗ. Ізолювальні газохімзахисні костюми КІ-АР «Іній», “Рятувальник ЗУ», КІ-К-М «Юпітер - М», «Рятувальник 2МУ».

Ізолювальні захисні дихальні апарати типу АСВ, АІР, АВХ.

Ознаки ураження

При вдиханні парів кислоти – дере в горлі, сухий або вологий кашель, утруднене клекотливе дихання, сльозотеча. При потраплянні на шкіру – опік шкіри (струп має біле забарвлення), виразка. У разі потрапляння в очі – різь, сильне печіння, осліплення. У разі потрапляння всере-

дину – опік слизової оболонки порожнини рота, стравоходу, шлунка, різкий біль.

Заходи першої допомоги

Викликати швидку медичну допомогу. Особи, які надають першу допомогу, повинні використовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання та шкіри. Вивести потерпілого із забрудненої зони, звільнити від забрудненого одягу, розстебнути одяг, який утруднює дихання. Місця ураження шкіри негайно змити великою кількістю води, тривалість змивання – 10–15 хвилин, накласти пов'язку з – 2–3 % розчином гідрокарбонату натрію. Не застосовувати концентровані (> 10 %) лужні розчини тому, що при взаємодії з кислотою виділяється тепло і збільшується ступінь ураження. У разі ураження очей – на місці тривале промивання водою 10–20 хв., накласти примочку з 2–3 % розчином гідрокарбонату натрію. У разі потрапляння кислоти всередину – випити велику кількість рідини (вода, молоко з декількома збитими яйцями), промивати шлунок через зонд холодною водою. Інгаляція содовим розчином та обережне вдихання парів етилового спирту. У разі зупинки дихання і кровообігу слід вжити реанімаційних заходів – робити штучне дихання і зовнішній масаж серця.

Нейтралізація

Для розсіювання (осадження) парів слід використовувати розпилену воду. Місце розливу ізолювати піском. Нейтралізація кислоти, що розлилася, здійснюється суспензією вапна, розчином каустичної соди, содовим порошком, лужними сумішами. **Нейтралізація каустичною содою концентрованої кислоти може призвести до вибуху.** Орієнтовні норми витрат для нейтралізації територій складають: сухих речовин – 0,5…1 кг/м^2, водних розчинів – 1…2 л/м^2.

15.3.6 Соляна кислота (хлорводнева, хлористоводнева)

Основні властивості та небезпечні фактори

Безбарвна або жовтувата рідина з різким запахом. На повітрі «димить», утворює білий туман. Отруйна, ГДК$_{р.з.}$ – 5 мг/м^3. Концентрована кислота містить 37–38 % хлороводню. Вологий хлороводень роз'їдає гуму. Водорозчинна, реагує з водою з виділенням тепла. Корозійна для більшості металів.

Негорюча. У разі взаємодії кислоти з металами виділяється водень. Під час нагрівання виділяє отруйний газ (хлороводень), за високої температури розкладається на водень та хлор. Ємкості з кислотою можуть вибухати під час нагрівання.

Дії щодо забезпечення захисту під час ліквідації наслідків аварії

Охолоджувати ємності водою. Для гасіння пожежі в місцях розливання кислоти слід використовувати розпилену воду, вогнегасні порошки. Для розсіювання (осадження, ізоляції) парів використовувати розпилену воду. Небезпечна зона – в радіусі не менше 50 м. Розміри зони хімічного забруднення уточнюються за результатами хімрозвідки. Повідомити СЕС. У небезпечну зону входити лише в засобах індивідуального захисту. Триматися навітряного боку. Уникати низьких місць. Не доторкатися до розлитої речовини. Потерпілим надати першу допомогу. Усунути витікання, організувати перекачування кислоти до справної ємності або ємності для зливу, огородити місце розливу ґрунтовим валом, нейтралізувати розлив. Прибрати із зони аварії горючі матеріали і металеві вироби або захистити від потрапляння на них кислоти. Не допускати потрапляння кислоти у водоймища, підвали, каналізацію.

У разі проливанні використовувати розпилену воду, вогнегасні япорошки на основі амонійних солей фосфорної та сірчаної кислот (ПФ, П-2АПМ, Вексон-АВС), хлориду калію (ПХК), та сильвініту (ПГС-3, ПГС-М), газові вогнегасні речовини (азот, діоксид вуглецю). Потрапляння на поверхню кислоти хладонів у рідкому стані, діоксиду вуглецю у твердому стані, вогнегасних порошків на основі бікарбонату натрію (зокрема ПСБ-3) може призвести до утворення кислотного туману.

Засоби індивідуального захисту, які рекомендуються

Ізолювальний термогазозахисний костюм ІК-ТГЗ. Ізолювальні газохімзахисні костюми КІ-АР «Іній», «Рятувальник 3У», КІ-К-М «Юпітер-М», «Рятувальник 2МУ».

Ізолювальні захисні дихальні апарати типу АСВ, АІР, АВХ.

Ознаки ураження

У разі вдихання туману кислоти – першіння в горлі, сухий або вологий кашель, ускладнене дихання, задишка, клекотливе дихання, сльозотеча. Туман може спричинити різку гіперемію шкіри обличчя. У разі потрапляння на шкіру – опік шкіри, серозне запалення з пухирями. У разі потрапляння в очі – різь, сильне печіння, осліплення, всередину – опік слизової оболонки порожнини рота, стравоходу, шлунка, різкий біль.

Заходи першої допомоги

Викликати швидку медичну допомогу. Особи, які надають першу допомогу, повинні використовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання та шкіри. Вивести потерпілого із забрудненої зони, звільнити від забрудненого одягу, розстебнути одяг, який утруднює дихання. Місця ураження шкіри негайно змити великою кількістю води, тривалість змивання 10–15 хвилин, накласти пов’язку з 2–3 % розчином гідрокарбонату

натрію. Очі промити слабким струменем води, накласти примочку з 2–3 % розчином гідрокарбонату натрію. Інгаляція киснем. У разі потрапляння у шлунок – пити ковтками олію або молоко. Заборонено викликати блювання. У випадку зупинки дихання і кровообігу слід вживати реанімаційних заходів – робити штучне дихання і зовнішній масаж серця.

Нейтралізація

Для розсіювання (осадження) парів слід використовувати розпилену воду. Місце розливу ізолювати піском, промити водою і не допускати потрапляння речовини в поверхневі води. Розливи засипати порошками, які містять лужний компонент (вапняк, доломіт, сода). **Нейтралізація каустичною содою може призвести до вибуху.** Орієнтовні норми витрат для нейтралізації територій складають: сухих речовин – 0,5…1 кг/м^2, водних розчинів – 1…2 л/м^2.

15.3.7 Фосфорна кислота (розчин)

Основні властивості та небезпечні фактори

Безбарвна рідина. Фосфорна кислота концентрації 85 % має консистенцію густого сиропу. Добре розчиняється у воді. При взаємодії з водою можливе сильне нагрівання, розбризкування. Важча за воду. Пари є важчими за повітря; накопичуються в низьких ділянках поверхні, підвалах, тунелях. За нормальних умов є малоактивною. Під час нагрівання реакційна здатність значно підвищується. Корозійна для більшості металів. ГДК$_{р.з.}$ – 1 мг/м^3. Межа подразнювальної дії аерозолю фосфорної кислоти – близько 5 мг/м^3.

Негорюча речовина. При взаємодії з металами виділяє водень. Ємкості можуть вибухати при нагріванні.

Дії щодо забезпечення захисту під час ліквідації наслідків аварії

Гасити пожежу слід з максимально можливої відстані, за якої забезпечується гасіння пожежі. Охолоджувати ємності водою, не допускати потрапляння води в ємності. Для гасіння пожежі в місцях розливу кислоти використовувати розпилену воду, вогнегасні порошки. Для розсіювання (осадження, ізоляції) парів використовувати розпилену воду. Небезпечна зона – в радіусі не менше 50 м. Розміри зони хімічного забруднення уточнюються за результатами хімрозвідки. Повідомити СЕС. У небезпечну зону входити лише в засобах індивідуального захисту. Триматися навітряного боку. Уникати низьких місць. Не доторкатися до пролитої речовини. Потерпілим надати першу допомогу. Задіяти служби відповідно до плану локалізації та ліквідації аварії для усунення витікання, перекачування кислоти до справної ємності або ємності для зливу, огородження місць розливів ґрунтовим валом, нейтралізації розливів. Прибрати із зони аварії горючі матеріали і металеві вироби або захистити від потрапляння на

них кислоти. Не допускати потрапляння кислоти у водоймища, підвали, каналізацію.

За наявності розлиття використовувати розпилену воду, вогнегасні порошки на основі амонійних солей фосфорної та сірчаної кислот (ПФ, П-2АПМ, Вексон-АВС), хлориду калію (ПХК) та сильвініту (ПГС-3, ПГС-М), газові вогнегасні речовини (азот, діоксид вуглецю). Потрапляння на поверхню концентрованої кислоти компактних струменів води, водопінних засобів пожежогасіння призводить до розігрівання поверхневого шару кислоти, розбризкування та утворення кислотного туману. Потрапляння на поверхню кислоти хладонів у рідкому стані, діоксиду вуглецю у твердому стані, вогнегасних порошків на основі бікарбонату натрію (зокрема ПСБ-3) може призвести до утворення кислотного туману.

Засоби індивідуального захисту, які рекомендуються

Ізолювальний термогазозахисний костюм ІК-ТГЗ. Ізолювальні газохімзахисні костюми КІ-АР «Іній», «Рятувальник ЗУ», КІ-К-М «Юпітер - М», "Рятувальник 2МУ».

Ізолювальні захисні дихальні апарати типу АСВ, АІР, АВХ.

Ознаки ураження

При вдиханні туману кислоти – подразнення слизових оболонок носа, характерні носові кровотечі, сухість у горлі й гортані. У разі потрапляння на шкіру – хімічний опік шкіри. У разі потрапляння в очі – різь, сильне печіння. У разі потрапляння всередину – опік слизової оболонки порожнини рота, стравоходу, шлунка, різкий біль.

Заходи першої допомоги

Викликати швидку медичну допомогу. Особи, які надають першу допомогу, повинні використовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання та шкіри. Вивести потерпілого із забрудненої зони, звільнити від забрудненого одягу, розстебнути одяг, який утруднює дихання. Місця ураження шкіри негайно змити великою кількістю води, тривалість змивання – 20 хвилин, накласти пов'язку з 2–3 % розчином гідрокарбонату натрію. Очі промити слабким струменем води, накласти пов'язку з 2–3 % розчином гідрокарбонату натрію. У випадку потрапляння у шлунок – промивання через зонд холодною водою. Забороняється викликати блювання. У разі зупинки дихання і кровообігу слід вживати реанімаційних заходів – робити штучне дихання і зовнішній масаж серця.

Нейтралізація

Для розсіювання (осадження) парів слід використовувати розпилену воду. Місце розливу ізолювати піском, обвалувати, промити великою кількістю води і не допускати потрапляння речовини в поверхневі води.

Для нейтралізації використовувати лужні розчини (кальцинована сода, вапняне молоко) або інертні матеріали (вапняк, зола). Орієнтовні норми витрат для нейтралізації територій становлять: сухих речовин – 0,5…1 кг/м^2, водних розчинів – 1…2 л/м^2.

Питання для семінарського заняття

1. Поясніть, яким чином пов'язані коефіцієнт захисту та коефіцієнт підсосу.
2. Вкажіть, при дотриманні якої умови є допустимими застосування ЗІЗОД у токсичному середовищі.
3. Розкрийте небезпеку аміаку та вкажіть засоби захисту від його впливу.
4. Розкрийте небезпеку хлору та вкажіть засоби захисту від його впливу.
5. Охарактеризуйте небезпеку азотної кислоти та вкажіть засоби захисту від її впливу.
6. Охарактеризуйте небезпеку сірчаної кислоти та засоби захисту від її впливу.
7. Охарактеризуйте небезпеку соляної кислоти та засоби захисту від її впливу.
8. Охарактеризуйте небезпеку фосфорної кислоти та засоби захисту від її впливу.
9. Охарактеризуйте небезпеку олеому та засоби захисту від його впливу.
10. Поясніть, що таке коефіцієнт токсичної небезпеки середовища.
11. Розкрийте небезпеку сірчистого газу та вкажіть засоби захисту від його впливу.
12. Розкрийте небезпеку сірководню та засоби вкажіть захисту від його впливу.
13. Охарактеризуйте небезпеку окисів азоту та засоби захисту від його впливу.
14. Розкрийте небезпеку вуглекислого газу та вкажіть засоби захисту від його впливу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перепечаев В.Д. Газодымозащитная служба пожарной охраны / Перепечаев В.Д., Береза В.Ю. – Черкассы, 2000. – С. 5–23.

2. Грачев В.А. Газодымозащитная служба: учебник / Грачев В.А., Поповский Д.В. Под общ.ред. д.т.н., профессора Е.А. Мелашчина. – М.: Пожкнига, 2004. – 384 с.

3. Ковальов П.А. Основи створення та експлуатація апаратів на сти-

сненому повітрі: навчальний посібник / Ковальов П.А., Стрілець В.М., Єлізаров О.В., Безуглов О.Є. – Х., АЦЗУ, 2005. – С. 3–25.

4. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації: навчальний посібник / Стрілець В.М. – Х.: АПБУ, 2001.

5. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України (Наказ МНС України № 1342 від 16.12.2011р.).

6. Настанова з організації професійної підготовки та післядипломної освіти осіб рядового та начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту (Наказ МНС України № 444 від 01.07.2009).

7. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України. (Наказ МНС України від 05.07.07. № 312).

ЛЕКЦІЯ 16
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ЗАСОБІВ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІВ ДИХАННЯ ІЗОЛЮЮЧОГО ТИПУ

План:

16.1 Основні технічні вимоги до захисної ефективності ЗІЗОД
16.2 Методика оцінки ступеня герметичності апарата
16.3 Лицеві частини ЗІЗОД

16.1 Основні технічні вимоги до захисної ефективності ЗІЗОД

Відповідно до вимог, виконання яких забезпечує безпечну працю, небезпечні продукти горіння у повітрі, яким дихає газодимозахисник, не повинні перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), кількісні показники яких наведені у відповідних стандартах з безпеки праці.

Апарат на стиснутому повітрі цілком ізолює органи дихання людини від навколишнього середовища. Проте ступінь ізоляції системи «апарат–органи дихання людини» від навколишнього середовища або ж герметичність цієї системи не може бути абсолютною.

У повітропостачальній системі апарата, або її частині, в періоди вдихів створюється розрідження, яке залежить від типу дихального апарата й інтенсивності фізичного навантаження. Під дією різниці тисків зовні й усередині системи навколишнє повітря, що містить шкідливі домішки, може проникати двома шляхами:

1) через недостатньо затягнуті з'єднання повітропровідної системи, або через ушкодження цілісності її оболонки;

2) через нещільне з'єднання лицьової частини апарата з органами дихання людини.

Проникнення у повітропровідну систему шкідливих газів у результаті дифузії через гумові стінки є незначним.

Ступінь герметичності характеризують коефіцієнтом проникнення в систему «апарат–органи дихання» навколишнього повітря, що містить шкідливі домішки (коефіцієнтом підсосу або коефіцієнтом захисту), який однозначно характеризує ефективність ізоляції ЗІЗОД і органів дихання від навколишнього середовища, а його числове значення показує, у скільки разів вміст шкідливого газу в повітрі, яке вдихується під час перебування в ЗІЗОД, нижче, ніж у навколишньому повітрі. Фізичний зміст зазначеного коефіцієнта подібний такому для коефіцієнта токсичної небезпеки середовища $K_{тн}$. Тобто коли коефіцієнт захисту $K_з$ дорівнює коефіцієнту токсичної небезпеки $K_{тн}$, людина, яка знаходиться в апараті, вдихає повітря з концентрацією шкідливої речовини, що дорівнює гранично допустимій.

Для найгірших умов, в яких дозволяється працювати в ізолюючих автономних ЗІЗОД (а це повітря, яке містить 10 % окису вуглецю *CO*), масова концентрація *CO* в навколишньому середовищі дорівнює $116{,}7 \cdot 10^3$ мг/м^3. З урахуванням того, що для дихання протягом не більше 4 годин гранично допустима концентрація дорівнює 30 мг/м^3, маємо наступний показник коефіцієнта токсичної небезпеки середовища

$$K_{\text{ТН}} = \frac{C_{\text{m}}}{C_{\text{ГДК}}} = \frac{116{,}7 \cdot 10^3}{30} = 3890.$$

Це означає, що в середовищі із зазначеною концентрацією окису вуглецю допускається робота в апараті, у якого коефіцієнт захисту більше 3890.

Внаслідок цього у як нормований розмір приймається значення коефіцієнта захисту:

$$K_З \geq 5 \cdot 10^3,$$

що забезпечує надійний захист органів дихання на пожежі.

Проте треба мати на увазі, що під час ліквідації надзвичайних ситуацій з викидами небезпечних хімічних речовин в епіцентрі вибуху, наприклад, ракетного палива, $K_{\text{тн}} \approx 385000$. Це зумовлює відповідні зміни вимог як до показників, що контролюються під час другої перевірки безпосередньо самого апарата, так і до лицевих частин.

16.2 Методика оцінки ступеня герметичності апарата

Позначимо через $K_{\text{п}1}$ і $K_{\text{п}2}$ коефіцієнти підсосу відповідно через нещільність повітропостачальної системи і нещільності в з'єднанні лицьової частини з органами дихання, а через $K_{З1}$ і $K_{З2}$ – коефіцієнти захисту відповідно за герметичністю повітропостачальної системи й лицевої частини. Тоді загальний коефіцієнт підсосу $K_{\text{п}}$ дорівнює сумі коефіцієнтів підсосу повітропостачальної системи та лицьової частини, оскільки:

$$K_{\text{П}} = \frac{\omega_{\text{п}}}{\omega_{\text{л}}} = \frac{\omega_{\text{п}1} + \omega_{\text{п}2}}{\omega_{\text{л}}} = \frac{\omega_{\text{п}1}}{\omega_{\text{л}}} + \frac{\omega_{\text{п}2}}{\omega_{\text{л}}} = K_{\text{П}1} + K_{\text{П}2}.$$

У той же час

$$K_{\text{З}} = \frac{1}{K_{\text{П}}} = \frac{1}{K_{\text{П}1} + K_{\text{П}2}} = \frac{1}{\dfrac{1}{K_{З1}} + \dfrac{1}{K_{З2}}} = \frac{K_{З1} \cdot K_{З2}}{K_{З1} + K_{З2}}.$$

Тобто загальний коефіцієнт захисту K_3 не дозволяється розглядати як суму відповідних коефіцієнтів захисту повітропостачальної K_{31} та лицьової K_{32} частин.

Після створення апарата у процесі експлуатації, а також після кожного його розбирання та складання, при переспорядженні перевіряють ступінь герметичності. Мета перевірки герметичності – контроль якості складання апарата та виявлення можливих ушкоджень, що не були виявлені під час зовнішнього огляду. Методика перевірки полягає у створенні у повітропостачальній системі апарата визначеного надлишкового тиску та контролі за швидкістю його падіння, а потім у створенні розрідження і такому ж контролі. Суть подвійної перевірки полягає в тому, що витоки повітря через деякі зіпсовані гумові деталі (свищі, тріщини) могуть виявлятись як під тиском, так і у разі розрідження. Високий тиск, як правило, провокує їх появу.

Для більшості апаратів, які застосовуються в пожежно-рятувальній службі, прийняті такі норми перевірки герметичності: *перевірочний тиск (розрідження)* – 2 (1) кПа; *швидкість падіння тиску (розрідження)* – не більше 50 Па протягом першої хвилини після стабілізації перевірочного тиску (розрідження). Аналогічні ж норми, наприклад, у фірми "Дрегерверк" складають відповідно 0,7 кПа та 100 Па.

За результатами перевірки апарата на герметичність з розрідження можна розрахувати можливий підсос у його повітропостачальну систему навколишнього повітря $\omega_{п1}$ (л/хв) за наступною формулою:

$$\omega_{п1} = \frac{0{,}4 \cdot \Delta p \cdot V_р \cdot \sqrt{p_{вд} / p_{пер}}}{m \cdot p_а},$$

де Δp – швидкість падіння розрідження під час перевірки герметичності, Па/хв;

$V_р$ – місткість повітропостачальної системи при розрідженні, л;

$p_{вд}$ – опір ЗІЗОД вдиху за відповідного навантаження, Па;

$p_{пер}$ – розрідження у повітропостачальній системі під час перевірки, Па;

m – коефіцієнт, який враховує, що повітропостачальна система не є жорсткою;

$p_а$ – атмосферний тиск, Па.

Для вітчизняних апаратів на стиснутому повітрі приймаються такі значення: Δp < 50 Па/хв; $V_р \leq 0{,}2$ л (об'єм мертвого простору при користуванні маскою); $p_{вд}$ = 300 Па; m =0,16; $p_{пер}$ = 1000 Па. У результаті обчи-

слень видно, що ω_{n1} <1,6·10^{-4} л/хв, тобто менше 0,2 см^3/хв. За умов легеневої вентиляції близько 30 л/хв відповідний коефіцієнт захисту K_{31} > 1,6·10^4 (у фірми «Дрегерверк» відповідний коефіцієнт K_{31}> 0,75·10^4). Отже, видно, що повітропостачальна система має цілком достатній ступінь герметичності.

Друга можливість проникнення навколишнього повітря – підсоси в зоні з'єднання лицевої частини з органами дихання (ОД).

16.3 Лицеві частини ЗІЗОД

Відомі п'ять видів лицевих частин ЗІЗОД: мундштуковий пристрій із загубником і носовим затискачем, напівмаска (іноді розглядають і чвертьмаску, але вона має коефіцієнт захисту ще менше, ніж у напівмаски), маска, шолом-маска і шолом.

Мундштуковий пристрій забезпечує надійну ізоляцію органів дихання, оскільки смуга обтюрації, ущільнювальна, має невеличку довжину та постійно змочена слюною, а щільність притискання губів до поверхні пластини загубника постійно контролюється газодимозахисником. За результатами дослідження фірми "Дрегерверк" підсоси під загубник не перевищують рівня підсосів під обтюратор кращих дихальних масок. Тобто коефіцієнт захисту мундштукового пристрою оцінюється величиною K_{32} ≥10^4. Саме мундштуковий пристрій має просту конструкцію, малу масу (до 0,2 кг), мінімальний мертвий простір (до 60 см^3), дозволяє швидко включатись в апарат і виключатись із нього.

До недоліків мундштукового пристрою насамперед відноситься фізіологічно неправильний вид дихання – через рот. Крім того, пристрій, коли довгий час знаходиться у роті, подразнює слизову оболонку. Жувальні м'язи утомлюються. Газодимозахисники не можуть розмовляти. Можливі випадкові зіскакування носового затиску та випадіння мундштукового пристрою. В окремих випадках, без очевидних порушень правил праці в ізолюючому апараті, коефіцієнт підсосу підвищується до величини $K_{П2} = 0.7 \cdot 10^{-3}$, яка відповідає коефіцієнту захисту $K_{32} = 1.43 \cdot 10^3$, що менше нормованого рівня показника ($K_3 = 5 \cdot 10^3$).

Напівмаска (як і чвертьмаска) має недостатню надійність ущільнення в зоні притискання до обличчя людини. Внаслідок цього $K_{32} \prec\prec 5 \cdot 10^3$ і, відповідно, її під час експлуатації ізолюючих ЗІЗОД (окрім тих випадків, коли є можливість створити надлишковий тиск чистого повітря в підмасочному просторі) не застосовують.

Дихальна маска герметизується з органами дихання шляхом притискання обтюратора до обличчя за лобно-щічно-підборідною лінією. Маска кріпиться на обличчі за допомогою гумового оголів'я. У нижній частині її корпуса розміщується штуцер, де знаходиться клапан видиху,

якщо маска використовується в ЗІЗОД із відкритою схемою дихання; під час роботи з регенеративними дихальними апаратами штуцер щільно зачиняється заглушкою.

Дихальні маски захищають також очі людини і забезпечують фізіологічно правильний тип дихання – через ніс. Щоб додатково обмежити підсос навколишнього повітря в систему ЗІЗОД, конструкція маски включає до себе підмасочник. Крім того, завдяки підмасочнику об'єм шкідливого простору зводиться до 180–220 см^3. Панорамне небитке скло забезпечує досить високий огляд. У більшості сучасних масок обмеження поля зору складає всього 18–22 %, а в деяких і ще менше – до 2-5 %. Прозорість скла протягом зміни забезпечується натиранням перед роботою спеціальною рідиною. В деяких масках передбачаються ручні склоочищувачі. Майже всі конструкції мають мембрани, які практично не зменшують гучність і розбірливість переговорів. Дослідження герметичності показали, що коефіцієнт підсосу під правильно вдягнуту і добре підігнану маску коливається від 10^{-5} до 10^{-6} і не перевищує 10^{-4} . В той же час наявність на обличчі у людини бакенбардів та довгого волосся підвищує коефіцієнт підсосу на один-два порядки, а наявність бороди – навіть на три.

Недоліками масок є також досить велика маса (0,6–0,7 кг), складна конструкція, значний час на одягання та підгонку. Маска виключає обдув обличчя навколишнім повітрям. Для відпрацювання правильної підгонки маски та набуття навичок роботи в ній на пожежі газодимозахисник повинен заздалегідь навчитись виконанню тренувальних вправ на чистому повітрі та в непридатному для дихання середовищі.

Шолом-маски закривають вуха і велику частину волосяного покрову голови і не мають оголів'я. Конструкція включає до себе два окремих круглих скла. Внаслідок того, що в шолом-масці відсутній підмасочник, шкідливий простір становить до 450 см^3. У той же час за герметичністю шолом-маска значно краще, ніж маска. Величина її коефіцієнта захисту дорівнює близько 10^6.

Шолом має складну конструкцію, великий шкідливий простір, значну масу та громіздкість і тому, незважаючи на те, що має коефіцієнт захисту не менший, ніж 10^7, у пожежній охороні майже не використовується.

Таким чином, коефіцієнт захисту лицевих частин K_{32}, які застосовуються газодимозахисниками, є більшим, ніж 10^4. З урахуванням раніше отриманого значення K_{31} коефіцієнта захисту безпосередньо самого апарата, яке дозволяє говорити, що $K_{31} \succ 1.6 \cdot 10^4$, можна стверджувати, що коефіцієнт захисту системи «апарат–органи дихання» буде більше, ніж $K_3 \succ 6.2 \cdot 10^3$. Це вище нормованого рівня цього параметра, який дорівнює $5 \cdot 10^3$.

Питання для семінарського заняття

1. Розкрийте переваги мундштукового пристрою.
2. Розкрийте переваги маски.
3. Розкрийте переваги шолом-маски.
4. Вкажіть недоліки мундштукового пристрою.
5. Вкажіть недоліки маски.
6. Вкажіть недоліки шолом-маски.
7. Розкрийте мета перевірки герметичності.
8. Надайте методику перевірки герметичності під час перевірки № 2.
9. Вкажіть шляхи проникнення навколишнього повітря усередину системи «ЗІЗОД–органи дихання людини».
10. Поясніть, коли перевіряють ступінь герметичності.
11. Вкажіть, які показники відносяться до показників захисної ефективності.
12. Вкажіть показники якості ЗІЗОД.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перепечаев В.Д. Газодымозащитная служба пожарной охраны / Перепечаев В.Д., Береза В.Ю. – Черкассы, 2000. – С.5–23.

2. Грачев В.А. Газодымозащитная служба: учебник / Грачев В.А., Поповский Д.В. Под общ.ред. д.т.н., профессора Е.А. Мелашчина. – М.: Пожкнига, 2004. – 384 с.

3. Ковальов П.А. Основи створення та експлуатація апаратів на стисненому повітрі: навчальний посібник / Ковальов П.А., Стрілець В.М., Єлізаров О.В., Безуглов О.Є. – Х., АЦЗУ, 2005. – С.3–25.

4. Стрілець В.М. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Основи створення та експлуатації: навчальний посібник / Стрілець В.М. – Х.: АПБУ, 2001.

5. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України (Наказ МНС України № 1342 від 16.12.2011р.).

6. Настанова з організації професійної підготовки та післядипломної освіти осіб рядового та начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту (Наказ МНС України № 444 від 01.07.2009).

7. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України (Наказ МНС України від 05.07.07. № 312).

Навчальне видання

СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ І ТЕРИТОРІЙ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Курс лекцій

Підписано до друку 27.12.18. Формат 60х84 1/16.
Умовн.-друк. арк. 21,7.
Вид. № 95/18.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.
www.nuczu.edu.ua