

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи,
проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

**«ОРГАНІЗАЦІЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ
ТА ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕВАКУЙОВАНИХ»**

*(для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальностей 263 – Цивільна безпека, 206 – Садово-паркове господарство)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2018

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи, проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Організація евакуаційних заходів та життєзабезпечення евакуйованих» (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 263 – Цивільна безпека, 206 Садово-паркове господарство) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. А. С. Рогозін. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 47 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. А. С. Рогозін

Рецензент

В. Е. Абракітов, кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою охорони праці та безпеки життєдіяльності, протокол № 1 від 29 серпня 2017 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
I ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....	5
Практичне заняття 1 Загальні принципи організації планування та проведення евакуаційних заходів на об'єктах господарської діяльності.....	5
Практичне заняття 2 Загальні принципи організації планування та проведення евакуаційних заходів на об'єктах господарської діяльності.....	9
Практичне заняття 3 Функціональні обов'язки особового складу евакуаційної комісії об'єкта.....	13
Практичне заняття 4 Елементи мережевого планування при організації евакуаційних заходів.	17
Практичне заняття 5 Оптимізація шляхів евакуації.	33
Практичне заняття 6 Розрахунок необхідного часу евакуації із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату у випадку пожежі...	39
II САМОСТІЙНА РОБОТА	46
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

ВСТУП

Основним завданням цивільного захисту при виникненні надзвичайних ситуацій є захист населення.

До системи захисту населення і територій, що проводяться в масштабах держави у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій належать: інформація та оповіщення, спостереження і контроль, укриття в захисних спорудах, евакуація, інженерний, медичний, психологічний, біологічний, екологічний, радіаційний і хімічний захист, індивідуальні засоби захисту, самодопомога, взаємодопомога в надзвичайних ситуаціях.

Отже одним з основних напрямків забезпечення захисту населення є евакуаційні заходи у разі загрози життю та здоров'ю населення.

Евакуація населення здійснюється за різноманітними способами та видами евакуації. Для організації евакуаційних заходів створюється спеціальна інфраструктура, органи управління, передбачаються відповідні матеріально-технічні ресурси. Евакуаційні заходи здійснюються на плановій основі з урахування місцевих особливостей, видів можливих надзвичайних ситуацій та загроз.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є порядок підготовки, проведення та забезпечення евакуації населення та працівників об'єктів господарської діяльності.

Метою дисципліни «Організація евакуаційних заходів та життєзабезпечення евакуйованих» є формування знань про організацію та управління процесом евакуації працівників і населення.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Організація евакуаційних заходів та життєзабезпечення евакуйованих» є формування у студентів належного рівня знань про особливості здійснення евакуаційних заходів у мирний час і особливий період, функції і завдання евакуаційних органів.

І ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Практичне заняття 1

ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЛАНУВАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА ОБ'ЄКТАХ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Мета: оволодіти знаннями про загальні принципи організації планування та проведення евакуаційних заходів на об'єктах господарської діяльності

Зміст заняття

1.1 Загальні положення.

1.2 Завдання евакуаційної комісії об'єкта.

1.3 Організація проведення евакуаційних заходів.

1 Загальні положення

Методичні рекомендації щодо організації планування та проведення евакуаційних заходів на об'єктах господарської діяльності у разі виникнення надзвичайних ситуацій визначають порядок планування і проведення евакуаційних заходів на підприємствах, в установах та організаціях (далі – об'єкти) у мирний час та особливий період.

Евакуаційні заходи плануються у мирний час для здійснення організованої евакуації працівників об'єктів та членів їхніх сімей:

- із зон небезпечного радіоактивного забруднення навколо атомних електростанцій (далі – АЕС) (для АЕС до 4 ГВт у радіусі 30 км зони та для АЕС більше 4 ГВт у радіусі 50 км зони);
- із зон можливого катастрофічного затоплення (з 4-годинним добіганням проривної хвилі);
- із районів виникнення стихійного лиха (масових лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів, паводків, підтоплень);
- зон можливого хімічного забруднення внаслідок аварії на хімічно небезпечних об'єктах.

Евакуаційні заходи плануються на особливий період для здійснення організованої евакуації працівників об'єктів та членів їхніх сімей:

- з районів можливих бойових дій (при наявності зазначених районів);
- із зон небезпечного радіоактивного забруднення навколо АЕС (для АЕС до 4 ГВт у радіусі 30 - км зони та для АЕС більше 4 ГВт у радіусі 50 км зони);
- із зон можливого катастрофічного затоплення місцевості (з 4 годинним добіганням проривної хвилі).

Загальне керівництво плануванням та проведенням евакуаційних заходів на об'єктах господарювання здійснює керівник об'єкта.

Безпосереднє керівництво підготовкою до проведення евакуаційних заходів на об'єктах покладається на об'єктову евакуаційну комісію (групу), яка взаємодіє з міською (районною) евакуаційною комісією, організовує обмін інформацією з місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування у безпечних районах розміщення.

Головою об'єктової евакуаційної комісії (групи) призначається заступник керівника об'єкта, заступником голови – начальник відділу або сектору кадрів або працівник, який відповідає за роботу з персоналом, секретарем комісії – спеціально визначена особа, яка відповідає за цивільний захист на об'єкті.

Персональний склад евакуаційних органів визначається наказами керівників об'єктів.

Для планування, підготовки та проведення евакуаційних заходів, приймання і розміщення працівників об'єктів та членів їхніх сімей за наказами керівників об'єктів незалежно від форм власності і підпорядкування створюються евакуаційні органи: евакуаційні комісії, збірні евакуаційні пункти (далі – ЗЕП), проміжні пункти евакуації (далі – ППЕ) та приймальні евакуаційні пункти (далі – ПЕП).

На підприємствах, в організаціях та установах з чисельністю працівників та службовців до 50 осіб – евакуаційні комісії не створюються, а призначається відповідальна особа, яка відповідає за планування, підготовку та проведення евакуаційних заходів.

Час на розгортання і підготовку евакуаційних органів усіх рівнів до роботи не повинен перевищувати чотирьох годин з моменту отримання розпорядження про проведення евакуації.

ЗЕП розгортаються за рішенням місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування та наказами керівників об'єктів господарської діяльності на період проведення евакуації.

ПЕП створюються за рішенням голів райдержадміністрацій для зустрічі, приймання та відправлення евакуйованих в безпечні райони (місця) розміщення.

ППЕ створюється за рішенням голів облдержадміністрацій для проведення евакуації із зон радіоактивного (хімічного) забруднення.

1.2 Завдання евакуаційної комісії об'єкта

Основним завданням евакуаційної комісії об'єкта є:

У мирний час:

– спільно із службами цивільного захисту об'єкта – відпрацювання плануючої документації з організації евакуаційних заходів;

- розроблення та здійснення заходів щодо освоєння закріпленого району (пункту) розміщення, підготовка поквартирної схеми розміщення працівників та членів їхніх сімей у позаміській зоні;

- підготовка пропозицій начальнику цивільного захисту об'єкта про склад ЗЕП, призначення начальників евакуаційних ешелонів, старших автомобільних і піших колон;

- відповідає за планування, підготовку, організацію і проведення евакуаційних заходів.

При введенні воєнного стану:

- уточнення плану евакуації, заходів щодо його забезпечення та списків евакуйованих працівників та членів їхніх сімей;

- підготовка до розгортання ЗЕП, приведення у готовність наявних захисних споруд;

- уточнення з ПЕП порядку прийому і розміщення працівників та членів їхніх сімей у позаміській зоні.

З отриманням розпорядження на проведення евакуації:

- організація оповіщення працівників об'єкта про початок евакуації;
- постановка завдань начальникам евакуаційних ешелонів, старших автомобільних та піших колон, вручення їм списків евакуйованих, які входять до складу цих колон (ешелонів);

- організація взаємодії з транспортними підрозділами, які надають транспорт для вивезення працівників та членів їхніх сімей у позаміську зону;

- облік евакуйованих, доведення до начальника цивільного захисту об'єкта, районної (міської) евакуаційної комісії відомостей про кількість перевезених у позаміську зону працівників і службовців та членів їхніх сімей (за часом, видами транспорту);

- взаємодія зі службами цивільного захисту щодо забезпечення евакуйованих на ЗЕП, пунктах посадки і висадки і на ППЕ;

- налагодження взаємодії з евакоприймальними комісіями у безпечних районах.

1.3 Організація проведення евакуаційних заходів

Для вивезення (виведення) працівників об'єкта та членів їхніх сімей за межі зон (районів) можливих руйнувань, катастрофічного затоплення, виникнення стихійного лиха, аварій і катастроф евакуація здійснюється транспортом у два етапи: спочатку на приймальні евакуаційні пункти, а потім в безпечні пункти розміщення.

При радіоактивному (хімічному) забрудненні евакуація населення (працівників) проводиться через проміжні пункти евакуації, які розгортаються на зовнішніх межах зон можливого радіоактивного (хімічного) забруднення, а потім до приймальних евакуаційних пунктів.

Використання транспортних засобів при комбінованому способі евакуації передбачає два варіанти проведення евакуації:

перший варіант – залучаються усі види транспорту з подальшим виведенням евакуйованих пішим порядком до кінцевих пунктів евакуації;

другий варіант – виведення евакуйованих пішим порядком з небезпечних зон, з подальшими посадкою на транспортні засоби і перевезенням їх до кінцевих пунктів розміщення.

З отриманням розпорядження про проведення евакуації керівники об'єктів організовують оповіщення працівників об'єктів про початок евакуації.

Працівники та члени їхніх сімей, які підлягають евакуації, самостійно міським транспортом або у пішому порядку прибувають на ЗЕП.

Увесь персонал об'єкта перед початком проведення евакуації може забезпечуватися евакуаційними посвідченнями або маршрутними листами в установленому порядку при введенні воєнного стану.

Адміністрація ПЕП зобов'язана своєчасно розгорнути пункти (місця) для зустрічі прибуваючих поїздів, суден, автомобільних та піших колон та спільно з адміністрацією залізничної станції, пристані, пункту висадки з автотранспорту забезпечити організовану висадку евакуйованих.

На ПЕП евакуйовані можуть перебувати тривалий час, тому повинні бути визначені та обладнані місця для тимчасового їх розміщення, а у зимовий період розгортаються пункти обігріву для забезпечення евакуйованих харчуванням, питною водою та надання медичної допомоги.

У першу чергу підлягають перевезенню діти до 14 років з батьками, інваліди, вагітні жінки, жінки і чоловіки старші 65 років.

Евакуйовані, які прибувають на ПЕП особистим транспортом, формуються в автомобільні колони.

Особистим транспортом здійснюється перевезення евакуйованих тільки до місць розміщення.

При виникненні значних (великих) аварій на виробництві, у разі дії на людей шкідливих речовин, евакуація організовується шляхом їх перевезення автомобільним транспортом або негайного виведення у безпечні райони. При цьому ЗЕП не розгортаються.

Евакуаційні комісії об'єктів господарської діяльності незалежно від форм власності і підпорядкування, які проводять евакуацію, відпрацьовують заходи щодо освоєння позаміської зони із своєчасним оформленням ордерів у мирний час на право заняття приміщень у безпечному районі.

Практичне заняття 2
ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЛАНУВАННЯ
ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ НА ОБ'ЄКТАХ ГОСПОДАРСЬКОЇ
ДІЯЛЬНОСТІ

Мета: оволодіти знаннями про загальні принципи організації планування та проведення евакуаційних заходів на об'єктах господарської діяльності

Зміст заняття

2.1 Дії евакуаційної комісії об'єкта при здійсненні евакуаційних заходів.

2.2 Порядок розроблення Плану евакуації об'єкта на надзвичайні ситуації.

2.1 Дії евакуаційної комісії об'єкта при здійсненні евакуаційних заходів

Евакуаційні комісії об'єктів господарської діяльності незалежно від форм власності і підпорядкування, які проводять евакуацію, відпрацьовують заходи щодо освоєння позаміської зони із своєчасним оформленням ордерів у мирний час на право заняття приміщень у безпечному районі.

З отриманням розпорядження (сигналу) про проведення евакуації керівники об'єктів організовують оповіщення керівників евакуаційних органів, працівників об'єктів про початок евакуації згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність та розробленої схеми (списку) оповіщення особового складу евакуаційної комісії об'єкта та працівників об'єктів.

З отриманням розпорядження (сигналу) на проведення евакуації за сигналом «Оголошено збір» голова евакуаційної комісії або його заступник негайно прибувають на пункт управління цивільного захисту об'єкта згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність та розробленої схеми (списку) оповіщення особового складу евакуаційної комісії об'єкта.

Організовується оповіщення і збір особового складу евакуаційної комісії об'єкта згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність та розробленої схеми (списку) оповіщення особового складу евакуаційної комісії об'єкта.

Приводяться у готовність евакуаційні групи забезпечення, які входять до складу евакуаційної комісії (зв'язку і оповіщення, обліку евакуйованих, збору і відправлення евакуйованих, супроводження евакуйованих, забезпечення зустрічі та їх розміщення, вивезення майна і матеріально-технічного забезпечення заходів евакуації, представників евакуаційних комісій на ЗЕП та на пунктах (станціях) посадки) згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність.

Організовується відправлення групи забезпечення зустрічі та розміщення евакуйованих разом з оперативною групою до нового місця розташування об'єкта згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність.

З отриманням розпорядження керівники евакуаційних груп проводять рекогносцирування і підготовку місць розгортання ЗЕП, організовують видачу перепусток на транспорт об'єкта та евакуаційних посвідчень у підрозділах, здійснюють цілодобове чергування керівного складу згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність.

Об'єктова евакуаційна комісія розгортає ЗЕП згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність.

Заступник голови евакуаційної комісії та евакуаційні групи адміністрації ПЕП виїжджають у позаміську зону згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність.

ПЕП розгортаються і обладнуються у повному обсязі згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність.

Уся службова документація готується для вивезення в позаміську зону згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність.

Оперативна група із складу евакуаційної комісії виїжджає в позаміську зону згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність.

З отриманням розпорядження на проведення евакуації організовується евакуація об'єкту в повному обсязі згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність.

Керівники об'єктів уточнюють підлеглим завдання і порядок проведення запланованих евакуаційних заходів з урахуванням обстановки, що склалася, керують евакуацією, організовують роботу об'єктових служб цивільного захисту щодо всебічного забезпечення евакуаційних заходів, взаємодію з сусідніми областями (районами) з питань розміщення евакуйованих на відповідній адміністративній території, доповідають про хід евакуації голові евакуаційної комісії міста (району).

Вивозиться майно об'єкта, що підлягає евакуації згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність та затвердженого розрахунку (графіку) вивозу матеріальних засобів, які підлягають евакуації.

Донесення про хід евакуаційних заходів негайно направляються до МНС згідно з табелем термінових донесень та до вищестоящих евакуаційних органів.

2.2 Порядок розроблення Плану евакуації об'єкта на надзвичайні ситуації

Плани евакуації працівників об'єкта розробляються відповідними евакуаційними комісіями та складається з розділів.

Загальна характеристика об'єкта.

Порядок оповіщення працівників та членів їхніх сімей про початок евакуації.

Терміни та порядок проведення евакуації за видами надзвичайних ситуацій і загальний термін евакуації.

Визначення евакуаційних напрямків, маршрутів евакуації, довжини маршрутів та часу на переміщення працівників і членів їхніх сімей до кінцевих пунктів.

Організація прийому, розміщення, захисту та життєзабезпечення евакуйованих у безпечному районі.

Організація і здійснення заходів щодо видів забезпечення евакуації: транспортне, інженерне, медичне, матеріально-технічне, продовольче, охорони громадського порядку і безпеки дорожнього руху, інформаційне.

Загальна характеристика об'єкта:

- кількість працівників та членів їхніх сімей, які підлягають евакуації за видами надзвичайних ситуацій;
- кількість транспорту, необхідного для евакуації працівників та членів їхніх сімей;
- кількість працівників та членів їхніх сімей, які виводяться у пішому порядку;
- характеристика об'єкта та можливі наслідки у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- евакуаційні органи, їх склад та терміни приведення у готовність за видами надзвичайних ситуацій;
- висновки з оцінки обстановки.
- Порядок оповіщення працівників та членів їхніх сімей про початок евакуації здійснюється згідно затвердженого календарного плану приведення в готовність та розробленої схеми (списку) оповіщення працівників та членів їхніх сімей.

Терміни та порядок проведення евакуації за видами надзвичайних ситуацій і загальний термін евакуації:

- термін проведення евакуації (початок, кінець та загальний час проведення евакуації);
- визначення порядку доставки працівників об'єкта та членів їхніх сімей з районів надзвичайних ситуацій (пунктів посадки) у безпечні райони (пункти висадки) і кількість задіяного транспорту на етапах і рейсах.

Визначення евакуаційних напрямків, маршрутів евакуації, довжини маршрутів та часу на переміщення працівників та членів їхніх сімей до кінцевих пунктів.

Організація приймання, розміщення, захисту та життєзабезпечення евакуйованих у безпечному районі.

Організація і здійснення заходів щодо видів забезпечення евакуації: транспортне, інженерне, медичне, матеріально-технічне, продовольче, охорони громадського порядку і безпеки дорожнього руху, інформаційне.

Для кожного виду забезпечення евакуаційних заходів повинні бути розроблені обґрунтовані розрахунки, конкретно визначені сили і засоби, які залучаються до виконання завдань, посадові особи, які відповідають за організацію видів забезпечення, терміни виконання цих завдань, місця розміщення організацій, підприємств, установ, які здійснюють це забезпечення.

При розробленні Плану евакуації об'єкта передбачається: Розділ «Часткова евакуація з відповідними розрахунками».

План евакуації об'єкта підписуються головою об'єктової евакуаційної комісії, узгоджується з усіма службами цивільного захисту міста (району) і територіальним органом управління у справах захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, підписи їх керівників повинні бути скріпленні печатками, які його узгодили та затверджуються керівником об'єкту.

План евакуації об'єкта вводиться в дію у разі виникнення надзвичайної ситуації відповідно до встановленого порядку.

При розробленні Плану евакуації працівників об'єкта та членів їхніх сімей (на особливий період) слід дотримуватися вимог Закону України «Про державну таємницю».

Практичне заняття 3
ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОBOB'ЯЗКИ ОСОБОВОГО СКЛАДУ
ЕВАКУАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ ОБ'ЄКТА

Мета: оволодіти знаннями про функціональні обов'язки особового складу евакуаційної комісії об'єкта

Зміст заняття

3.1 Обов'язки голови евакокомісії.

3.2 Обов'язки заступника голови евакокомісії.

3.1 Обов'язки голови евакокомісії

Голова евакокомісії відповідає за планування, організацію та проведення заходів з евакуації (відселення) працівників об'єкта, членів їх сімей, документів та майна. Він зобов'язаний:

а) під час повсякденної діяльності:

- вивчити і знати керівні документи з питань захисту населення при надзвичайних ситуаціях по евакуації населення та майна і план дій органів управління цивільної оборони об'єкта у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- комплектувати евакокомісію особовим складом з числа кваліфікованих та досвідчених фахівців, розробити для них функціональні обов'язки;
- керувати діяльністю евакокомісії щодо виконання покладених на неї завдань, розподіляти обов'язки між членами евакокомісії і визначати ступінь їх відповідальності;
- спільно із штабом цивільної оборони об'єкта відпрацювати документацію з евакуації працівників об'єкта і членів їх сімей, брати участь у плануванні вивезення матеріальних цінностей об'єкта і розробленні плану (схеми) оповіщення та зв'язку;
- підготувати розрахунки на евакуацію працівників об'єкта і членів їх сімей комбінованим способом за видами транспорту і пішим порядком;
- організувати розроблення і періодичне коригування списків на евакуацію працівників об'єкта та членів їх сімей, а також переліків документів і майна, що підлягають вивезенню;
- підтримувати взаємодію з органами державної влади у районі нового місця розташування об'єкта (якщо воно намічено завчасно), узгоджувати і затверджувати у місцевій адміністрації план розміщення евакуйованих;

- уточнити і довести до членів евакокомісії місце розташування збірної евакуаційної пункту (ЗЕП), маршрути руху евакуйованих до місць посадки на транспорт, порядок вивезення документів і майна;
 - особисто керувати підготовкою членів евакокомісії, систематично проводити з ними заняття, практично відпрацьовувати питання евакозаходів на навчаннях та об'єктових тренуваннях цивільної оборони, добиватися скорочення строків оповіщення і збору евакуйованих;
 - збирати в установленому порядку членів комісії для проведення нарад з питань, що входять до його компетенції;
- б) з отриманням розпорядження на проведення евакуації:
- оповістити і зібрати особовий склад евакуаційної комісії, уточнити розподіл обов'язків між її членами та поставити завдання начальникам груп щодо підготовки і проведення евакуації (відселення);
 - розгорнути евакуаційну комісію для практичної роботи, організувати цілодобове чергування членів евакокомісії;
 - уточнити план евакуації працівників, членів їх сімей, документів та майна на випадок загальної евакуації;
 - установити та підтримувати зв'язок з евакокомісіями районної адміністрації і місцевими органами влади у районі нового місця розташування об'єкта;
 - організувати уточнення розрахунків на евакуацію (відселення) працівників, членів їх сімей, вивезення документів та майна, коригування списків на евакуацію;
 - уточнити на ЗЕП наявність транспорту, час подання транспортних засобів, або час виходу піших колон при здійсненні загальної евакуації працівників у разі виникнення надзвичайної ситуації;
 - відправити групу забезпечення зустрічі та розміщення евакуйованих разом з оперативною групою об'єкта для здійснення заходів щодо прийняття та розміщення евакуйованих у районі нового місця розташування об'єкта;
 - здійснити оповіщення і збір працівників об'єкта, довести до них розпорядження про початок евакуації і порядок проведення евакозаходів;
 - забезпечити організований вихід евакоколон на ЗЕП і пункти посадки;
 - про початок та хід евакуації (відселення) доповідати начальнику цивільної оборони об'єкта і начальнику штабу цивільної оборони;
- в) у разі отримання розпорядження начальника об'єкта на проведення тимчасової евакуації (відселення) працівників у безпечне місце:
- з'ясувати кількість людей, що знаходяться у будинку об'єкта (окремо – працівників об'єкта і відвідувачів);
 - оповістити працівників про початок евакуації (відселення);

- призначити із числа особового складу евакокомісії відповідальних для контролю евакуації на кожному поверсі будинку об'єкта, організувати облік евакуйованих на основному і запасних виходах;
- за вказівкою начальника штабу цивільної оборони провести заходи щодо відселення працівників об'єкта у безпечне місце, виведення відвідувачів із будинку;
- про хід та завершення заходів щодо евакуації (відселення) людей із будинку доповідати начальнику штабу цивільної оборони об'єкта.

3.2 Обов'язки заступника голови евакокомісії

Заступник голови евакокомісії відповідає за своєчасність розроблення планів евакуації і уточнення списків працівників та членів їх сімей, переліків документів і майна, що підлягають вивезенню, розрахунків матеріально-технічного забезпечення евакозаходів. Він зобов'язаний:

а) під час повсякденної діяльності:

- вивчити і знати керівні документи з питань захисту населення при НС по евакуації населення та майна і план дій органів управління цивільної оборони об'єкта у разі надзвичайних ситуацій, порядок роботи евакуаційної комісії, її структуру та обов'язки особового складу;
- організувати розроблення планів роботи евакуаційної комісії, документів, необхідних для виконання поставлених завдань, підготувати другий примірник документів евакокомісії для організації роботи у районі нового місця розташування об'єкта;
- контролювати накопичення документів і майна евакуаційної комісії, подавати їх переліки на затвердження голові евакокомісії;
- організувати періодичне (не рідше одного разу на рік) уточнення списків працівників і членів їх сімей, переліків документів і майна, що підлягають евакуації, розрахунків матеріально-технічного забезпечення евакуаційних заходів;
- проводити інструктування осіб, що знову призначені до складу евакуаційної комісії;
- організувати і проводити заняття з особовим складом евакуаційної комісії;
- виконувати всі розпорядження голови евакуаційної комісії, а при його відсутності – виконувати його обов'язки.

б) у разі загрози виникнення надзвичайної ситуації:

- оповістити і зібрати особовий склад евакуаційної комісії для отримання завдань від її голови;
- у разі необхідності доукомплектувати евакокомісію особовим складом і інструктувати осіб, що знову призначені до її складу;
- перевірити готовність системи зв'язку і оповіщення для управління евакоорганами, уточнити план дій евакуаційної комісії, взяти участь

в уточненні плану евакуації працівників об'єкта і членів їх сімей, коригуванні списків на евакуацію;

- контролювати приведення евакуаційної комісії у готовність до здійснення евакуаційних заходів;

- особисто перевірити та підготувати особовий склад і документи групи забезпечення зустрічі та розміщення евакуйованих, яка виїжджає у район нового місця розташування об'єкта;

- перевірити готовність інших груп евакуаційної комісії до виконання поставлених завдань і доповісти голові евакуаційної комісії.

в) при виникненні надзвичайної ситуації, у разі отримання розпорядження на евакуацію:

- перевірити готовність груп евакуаційної комісії до виконання поставлених завдань та виїзду групи забезпечення до району нового місця розташування об'єкта;

- контролювати посадку членів групи забезпечення та навантаження документів і майна на транспортні засоби;

- направити представників евакуаційної комісії з уточненими списками на збірні евакуаційні пункти для зустрічі та обліку евакуйованих працівників об'єкта та членів їх сімей;

- направити представників евакуаційної комісії на пункти (станції) посадки евакуйованих на транспорт;

- про готовність груп до роботи у складі евакокомісії доповісти голові евакокомісії;

- координувати діяльність груп, що входять до складу евакокомісії, і перевіряти виконання розпоряджень голови евакокомісії;

- підтримувати постійний зв'язок з районною евакокомісією;

- організувати збирання інформації про загальну оперативну обстановку, хід евакуації працівників об'єкта і членів їх сімей;

- виконувати всі розпорядження голови евакокомісії.

Практичне заняття 4

ЕЛЕМЕНТИ МЕРЕЖЕВОГО ПЛАНУВАННЯ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ

Мета: оволодіти знаннями про загальні принципи планування проведення евакуаційних заходів на основі застосування теорії графів

Зміст заняття

4.1 Основи побудови мережових моделей.

4.2 Розрахунок і аналіз параметрів мережевого графіка при детермінованому часі виконання робіт.

4.3 Індивідуальні завдання для виконання.

4.4 Приклад розрахунку мережевого графіку.

4.1 Основи побудови мережових моделей

Теоретичною базою методу мережевого планування служить теорія графів, яка, у свою чергу, є складовою частиною теорії множин.

У основі методу мережевого планування лежить мережева модель процесу досягнення цілі, за допомогою якої, можна відобразити об'єм майбутніх дій, послідовність їх виконання, а також їх логічний взаємозв'язок. Мережева модель будується у вигляді єдиного мережевого графіка (мережі), який складається із стрілок, що позначають ті або інші дії (операції), і кружків, які характеризують звершення окремих цілком конкретних подій, що відображають результат виконання робіт.

При складанні мережових графіків виходять з трьох основних понять: роботи, події і шляху. При цьому розрізняють три типи робіт: дійсну (або просто роботу), очікування і фіктивну роботу (залежність).

Дійсна робота – це процес або сукупність процесів, що вимагають для свого виконання витрат праці, матеріальних ресурсів і часу.

Очікування – це процес, що вимагає витрат часу, але не вимагає витрат трудових і матеріальних ресурсів. Це такі природні процеси, як охолодження апаратури після тривалої роботи, твердіння бетону і так далі.

Дійсна робота і очікування на мережевому графіку зображуються суцільними стрілками. Тривалість роботи в одиницях часу проставляється над стрілкою.

Фіктивна робота або залежність – це логічний зв'язок між роботами, що не вимагають витрат часу і ресурсів, що вказує, що початок однієї роботи обумовлений закінченням іншої. Фіктивну роботу вводять для віддзеркалення правильного взаємозв'язку між роботами, при побудові мережевого графіка її зображають пунктирною стрілкою.

Подією є результат виконання однієї або декількох робіт. На відміну від роботи подія не є процесом і не має тривалості. Звершення події означає, що

можна приступати до подальших робіт. Якщо подія є результатом декількох робіт, то вона вважається такою, що відбулась при виконанні всіх цих робіт. Факт звершення події – обов’язкова умова для початку виконання робіт, що виходять з неї.

У будь-якому мережевому графіку існує дві особливі події – початкова та заключна.

Початковою є подія, якій не передують ніякі роботи або дії (в неї не входить жодна стрілка), тобто вона не є результатом виконання жодної з робіт мережі. Ця подія визначає початок мережевого графіка.

Заклучна подія – це подія, що не має подальших робіт, тобто вона свідчить про закінчення всіх робіт мережевого графіка. Кожна робота мережевого графіка об’єднує дві події: попередню даній роботі (початкова подія) і наступну за нею (кінцева подія). Отже, робота $i - j$ є дією, яку необхідно виконати, щоб перейти від попередньої події i (*початкової події*) до наступної (кінцевої) події j . Кожній події мережі привласнюється певний номер (цифровий код), і будь-яка робота мережі кодується номерами початкової і кінцевої подій.

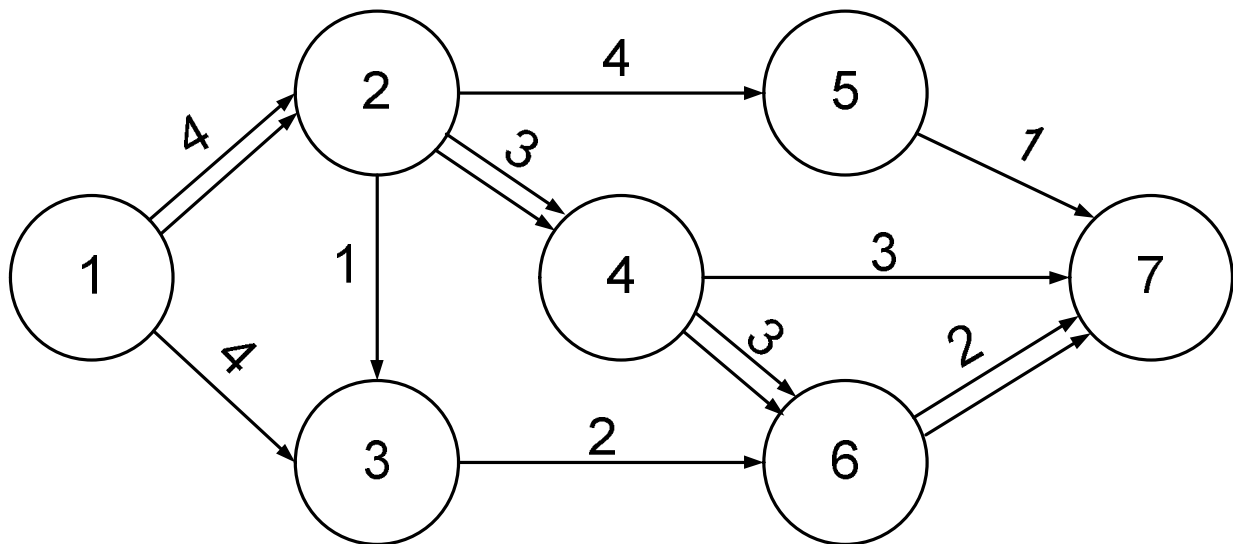


Рисунок 4.1

Будь-яка послідовність робіт мережі, в якій кінцева подія кожної роботи співпадає з початковою подією подальшої роботи, називається *шляхом*. Шлях, початок якого співпадає з початковою подією, а кінець — із заключною подією мережі, називається *повним*. У мережевому графіку завжди є декілька повних шляхів. Так, наприклад, в мережі, наведеній на рис. 1, п’ять повних шляхів:

- перший повний шлях утворюють роботи 1–2, 2–5, 5–7;
- другий повний шлях утворюють роботи 1–2, 2–4, 4–7;
- третій повний шлях утворюють роботи 1–2, 2–4, 4–6, 6–7;
- четвертий повний шлях утворюють роботи 1–2, 2–3, 3–6, 6–7;
- п’ятий повний шлях утворюють роботи 1–3, 3–6, 6–7.

Тривалість (довжина) кожного з шляхів L рівна сумі тривалості складових його робіт. Так, для мережі, зображеної на рисунку 4.1, довжина повних шляхів складає:

$$L(1-2-5-7)=4+4+1=9; \quad L(1-2-4-7)=4+3+3=10, \quad L(1-2-4-6-7)=4+3+3+2=12; \\ L(1-2-3-6-7)=4+1+2+2=9; \quad L(1-3-6-7)=4+2+2=8.$$

Виконання кожної з цих п'яти послідовностей робіт є обов'язковим, тому весь комплекс робіт може бути виконаний не раніше ніж через 12 од. часу після початку робіт. Тому ранній термін настання заключної події дорівнює максимальній довжині шляху з початкової до заключної події.

Повний шлях, що має максимальну тривалість, називається *критичним*, а роботи, що лежать на ньому, – критичними роботами. На рисунку 4.1 критичним є шлях $1-2-4-6-7$, що має тривалість $L=12$ од. часу. Для більшої наочності мережевого графіка роботи критичного шляху виділяються подвійними стрілками. У мережі може бути декілька критичних шляхів. Теоретично в будь-якому мережевому графіку може бути стільки критичних шляхів, скільки є повних шляхів. Основною особливістю критичного шляху є те, що затримка виконання будь-якої з робіт цього шляху приводить до пізнішого настання заключної події. Повні шляхи, довжини яких менше довжини критичного шляху, називаються *некритичними*. У них є деякі резерви часу, в межах яких тривалість окремих робіт може бути збільшена (це не приводить до збільшення загального терміну настання заключної події). На рисунку 4.1 резерви часу шляхів складають:

$$R(1-2-5-7)=L_{KP}-L(1-2-5-7)=12-9=3; \quad R(1-2-4-7)=L_{KP}-L(1-2-4-7)=12-10=2; \\ R(1-2-3-6-7)=L_{KP}-L(1-2-3-6-7)=12-9=3; \quad R(1-3-6-7)=L_{KP}-L(1-3-6-7)=12-8=4.$$

Слід мати на увазі, що резерв часу шляху не можна використовувати для збільшення тривалості робіт, що одночасно належать некритичному та критичному шляхам, оскільки останнє приводить до збільшення довжини критичного шляху, отже, до збільшення тривалості виконання всього комплексу робіт. Наприклад, на рис.1 резерв $(1-2-4-7)$ можна використовувати тільки на збільшення тривалості роботи $4-7$. Побудуємо мережеву модель, яка дозволяє наочно відобразити весь об'єм майбутніх робіт в їх взаємозв'язку. Наведемо основні правила, яких необхідно дотримуватись при його побудові.

1. У мережевому графіку не повинно бути робіт, що мають однакові позначення, тобто робіт із загальними початковими і кінцевими подіями (рис.4.2, а). Для того, щоб розрізняти такі роботи, необхідно ввести додаткові події і фіктивні роботи (рис. 4.2, б).

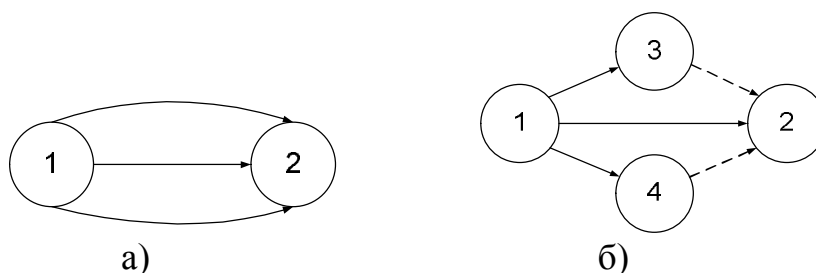


Рисунок 4.2

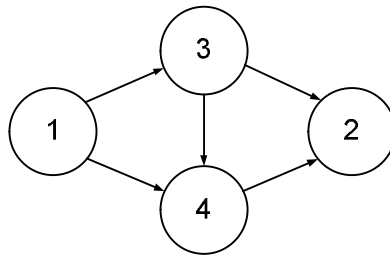
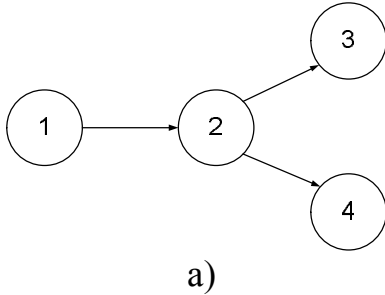
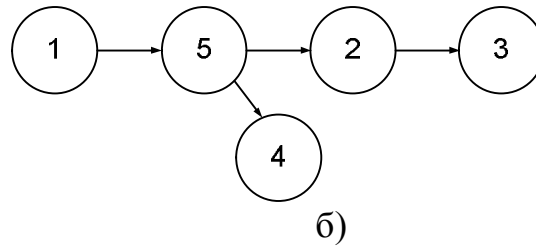


Рисунок 4.3

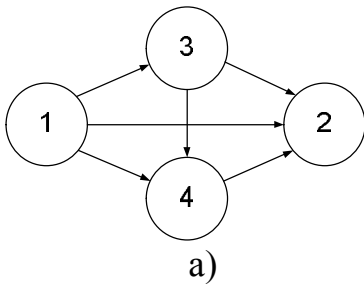


а)

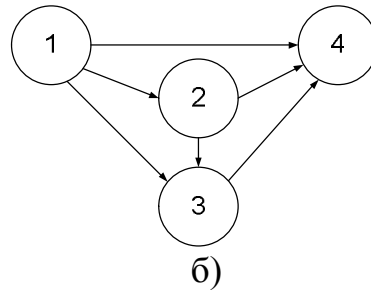


б)

Рисунок 4.4

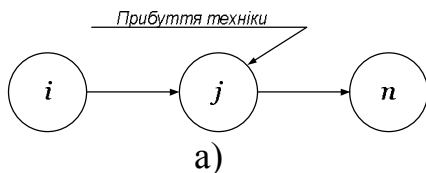


а)

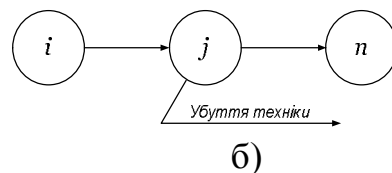


б)

Рисунок 4.5



а)



б)

Рисунок 4.6

2. Всі події, окрім заключної, повинні мати подальшу роботу. Наявність «безвихідних робіт» в мережі свідчить або про помилку, або про те, що результати цієї роботи не потрібні і вона є зайвою. У мережі також не повинно бути подій в які не входить жодна робота (за винятком початкової події), оскільки умови настання таких подій не забезпечені і вони не можуть здійснитися.

3. У мережевому графіку не повинно бути замкнутих контурів, тобто, шляхів, що сполучають деяку подію з самою собою (рис. 4.3).

Якщо деякі роботи (наприклад, робота 2–4 на рис.4.4,а можуть бути початі після часткового виконання попередніх ним робіт (робота 1–2), то попередню роботу слід розбити на частини і ввести додаткову подію (подія 5), що позначає завершення відповідної частини роботи (рис. 4.4, б).

5. При побудові мережевого графіка необхідно уникати взаємного перетину стрілок (рис. 4.5, а). Правильне зображення мережі показано на рисунку 4.5, б.

Якщо для звершення якої-небудь події, крім робіт, які виконує відповідальний виконавець, потрібні результати робіт інших відповідальних виконавців, то це слід відобразити на мережевому графіку введеннями, лініями із стрілками що входять в подію. Над лінією надписується найменування організації, яка відповідальна за постачання (рис. 4.6, а).

Якщо після настання якої-небудь події результати виконання завдання передаються іншому відповідальному виконавцеві, то на мережевому графіку це зображується виводом (рис. 4.6, б)

Розробимо мережевий графік, що відображає досягнення конкретної цілі. Процес розробки мережевого графіка можна, умовно розділити на два етапи: етап підготовки початкових даних і етап побудови мережевого графіка. Основним змістом першого етапу є визначення взаємозалежності і тривалості робіт.

Таблиця 4.1 – Логіка виконання робіт

$i \backslash j$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3	1									
4		1	1							
5										
6			1							
7	1			1						
8										
9										
10										

Визначення взаємозалежності між роботами зводиться до виявлення послідовності виконання робіт.

Роботи *A* і *B* умовимося називати *взаємозалежними*, якщо одна з них може бути почата тільки після завершення інший. Такі роботи можуть виконуватися тільки послідовно. Якщо ж початок однієї роботи не пов'язаний із закінченням інший, то такі роботи є *незалежними* і можуть виконуватися як послідовно, так і паралельно (одночасно).

Взаємозалежність між роботами доцільно представити у вигляді матриці (табл. 4.1), яка може бути складена на підставі аналізу всіх операцій процесу досягнення цілі, для якого розробляється мережевий графік. Припустимо, що розробляється мережевий графік для процесу досягнення цілі, що складається з десяти робіт. При цьому відомо, що робота 3 може бути почата тільки після закінчення роботи 1, робота 4 – після закінчення робіт 2 і 3, робота 6 – після закінчення роботи 3, а робота 7 – після закінчення робіт 1 і 4. Матриця, що відображає взаємозалежність робіт, складається таким чином: у першому рядку і першій графі записують номери робіт. На місці перетину

рядка, відповідної j -ї роботи, і стовпця, відповідної i -ї роботи, ставлять одиницю, якщо j -я робота може бути почата тільки після виконання i -ї роботи, і нуль, якщо початок j -ї роботи не залежить від виконання i -ї роботи, тобто якщо i -я і j -я роботи можуть виконуватися одночасно. Для спрощення запису нулі в матриці зазвичай не проставляють. Неважко переконатися, що така матриця є трикутною, праву верхню половину її можна не заповнювати.

Для оцінки тривалості робіт мережі існують два підходи до визначення цієї величини; *детерміністичний* і *імовірнісний*. У першому випадку не враховують випадковий характер часу виконання роботи і її тривалість оцінюють нормативним часом t_{ij} . У другому випадку час виконання робіт мережі розглядають як випадкову величину.

Другий етап розробки мережевого графіка (його побудова) зводиться до побудови мережи відповідно до складеної матриці. Мережеві графіки можуть будуватися в *полігональній* і *ортогональній* формах. Якщо мережевий графік будується в полігональній формі, то роботи зображуються у вигляді безмасштабних стрілок, тобто стрілок, довжина яких не залежить від тривалості робіт, що зображуються ними.

При зображенні мережевого графіка в ортогональній формі стрілки, що зображають роботи, будуються в масштабі часу. Масштабні мережеві графіки мають шкалу робочого часу, яка приводиться, в нижній частині поля зображення мережі. Роботи на масштабному мережевому графіку зображуються відрізками прямих ліній, як правило, паралельних осі часу. Після побудови мережевого графіка переходять до його розрахунку і аналізу розрахованих параметрів.

4.2 Розрахунок і аналіз параметрів мережевого графіка при детермінованому часі виконання робіт

Розрахунок мережевого графіка виконується для виявлення критичного шляху і резервів часу для робіт, розташованих на інших шляхах, і включає наступні операції: розрахунок найбільш ранніх термінів звершення подій (раннє звершення t_i^p ; розрахунок найбільш пізніх термінів звершення подій (пізнє звершення) t_i^n , розрахунок резервів часу звершення подій R_i .

Визначення критичного шляху в мережевому графіку необхідне для того, щоб виявити роботи, послідовне виконання яких визначає загальний термін закінчення робіт, і зосередити увагу на їх своєчасному виконанні, оскільки збільшення часу виконання будь-який з них приводить до збільшення тривалості виконання всього комплексу робіт.

Для того, щоб визначити резерви часу робіт, не лежачих на критичному шляху, для кожної роботи мережевого графіка розраховуються наступні величини: найраніший з можливих термін початку роботи (ранній початок) $t_{i,j}^{p,n}$; найпізніший з допустимих термін початку роботи (пізній початок) $t_{i,j}^{n,n}$; найраніший з можливих термін закінчення роботи (раннє закінчення) $t_{i,j}^{p,o}$, найпізніший з можливих термін закінчення роботи (пізнє закінчення) $t_{i,j}^{n,o}$.

Розрахунок мережевого графіка розглянемо на прикладі мережі, зображеної на рисунках 4.7 та 4.8. Розділимо кожен кружок, що зображає подію, на чотири сектори, в яких запишемо розрахункові величини.

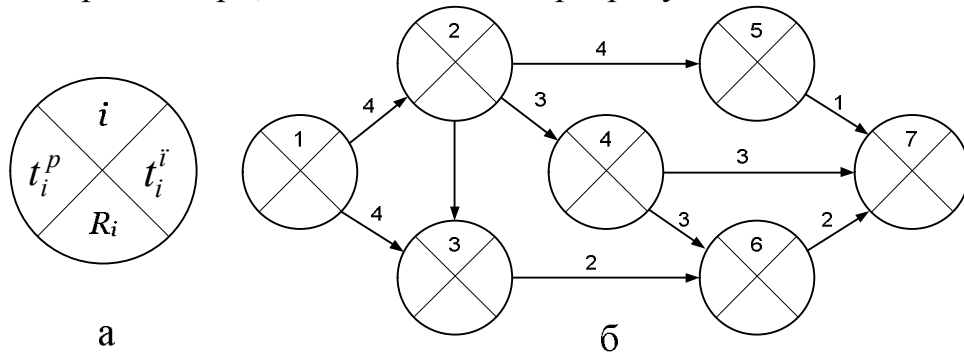


Рисунок 4.7 – Мережевий графік

На рисунку 4.7, а приведена одна з можливих форм, коли коло ділиться на чотири сектори. У верхньому секторі записаний номер події, в лівому секторі – розраховане значення t_i^p , в правому секторі – t_i^n , в нижньому секторі записаний резерв часу звершення події R_i . Підготовлена для розрахунку мережа приведена на рисунку 4.7, б.

Розрахунок найбільш ранніх термінів звершення подій проводиться в напрямі від початкової до заключної події. Для початкової події ранній термін її звершення береться за початок відліку часу, тобто $t_1^p = 0$. Для будь-якої іншої події мережі ранній термін звершення рівний довжині максимального з шляхів, ведучих до даної події від початкової події мережі. Наприклад, до події 6 від початкової події ведуть три шляхи: шлях 1–2–4–6 тривалістю $L(1-2-4-6) = 4+3+3=10$ од. часу; шлях 1–2–3–6 тривалістю $L(1-2-3-6) = 4+1+2 = 7$ од. часу; шлях 1–3–6 тривалістю $L(1-3-6) = 4+2=6$ од. часу. Будь-яка подія вважається такою, що відбулася лише у тому випадку, коли виконані всі роботи, що входять в неї, отже, подія 6 не може відбутися раніше чим через 10 од. часу після початку виконання робіт мережевого графіка.

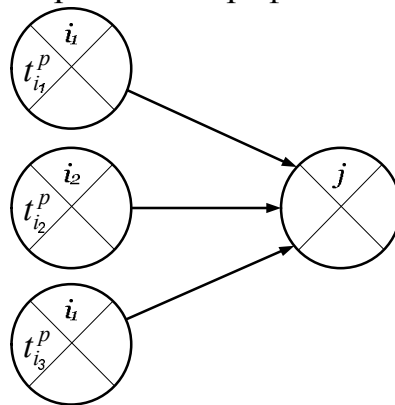


Рисунок 4.8 – Елемент мережі

Таким чином, якщо до події j мережі підходить декілька робіт (рис. 4.8) з розрахованими ранніми термінами звершення їх початкових подій, то ранній термін звершення j -ї події

$$t_j^p = \max[t_i^p + t_{i,j}] \quad (4.1)$$

тобто до раннього терміну звершення всіх i -х подій, попередніх події j , слід додати тривалість робіт, що входять у подію j , з отриманих сум вибирається найбільша і приймається за раннє звершення j -ї події. Якщо до події підходить тільки одна робота, то ранній термін її звершення

$$t_j^p = t_i^p + t_{i,j} \quad (4.2)$$

тобто до раннього терміну звершення i -ї події, попередній події j , необхідно додати тривалість роботи, що пов'язує i -ю подію з j -ю. Наприклад, для події 2 (рис. 4.7).

$$t_2^p = t_1^p + t_{1,2} = 0 + 4 = 4.$$

Практично при розрахунку ранніх термінів звершення подій послідовно переходять від початкової події до подій, все більш від неї видалених. Обчислені ранні терміни звершення подій записуються у відповідні сектори мережевого графіка (рис.4.9). Ранній термін настання заключної події визначає тривалість виконання всіх робіт мережі.

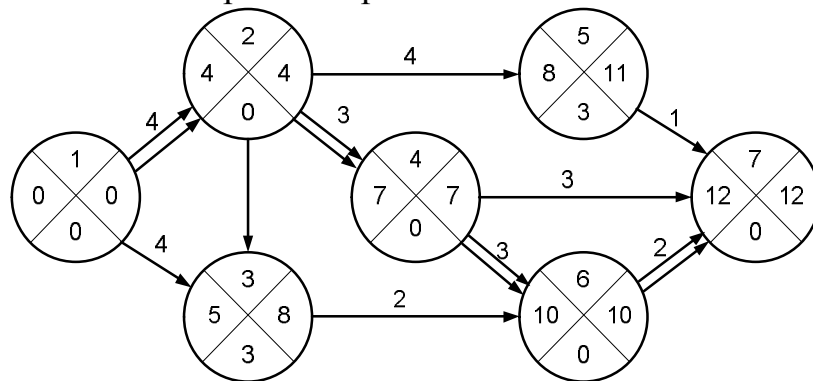


Рисунок 4.9 – Результати розрахунку мережі

Пізні терміни звершення подій розраховують, послідовно переходячи від заключної події до подій, поступово наближаючись до початкової події. Пізній термін звершення заключної події приймається рівним ранньому терміну його звершення, тобто в даному випадку $t_7^n = t_7^p = 12$ од. часу. Відносно будь-якої іншої події найбільш пізнім з допустимих є термін, перевищення якого викликає перевищення граничного терміну настання заключної події.

Іншими словами, будь-яка i -а подія повинна відбутися в такий термін, щоб залишилося достатньо часу для виконання всіх наступних робіт, тобто вона повинна відстояти за часом від заключної події на величину, не меншу, ніж максимальний з наступних за i -ю подією шляхів.

Таким чином, якщо з i -ої події починається тільки одна робота, для якої визначений пізній термін завершення її (кінцевої j -ої події), то пізній термін звершення i -ї події визначається як

$$t_i^n = t_j^n - t_{i,j} \quad (4.3)$$

Наприклад, для події 5 (рис. 4.9)

$$t_5^n = t_7^n - t_{5,7} = 12 - 1 = 11.$$

Якщо з i -ї події виходить декілька робіт з розрахованими пізніми термінами звершення їх кінцевих j -их подій (рис. 4.10), то пізній термін звершення i -ї події визначається по формулі

$$t_j^n = \min[t_i^n - t_{i,j}]. \quad (4.4)$$

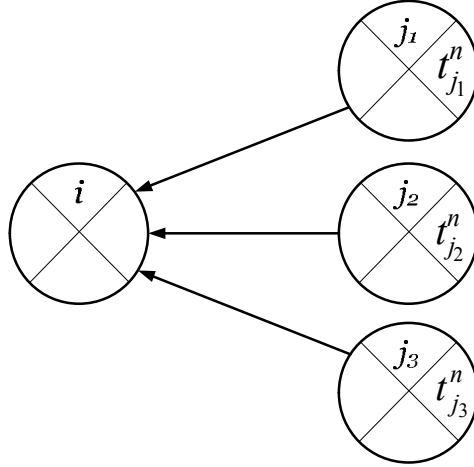


Рисунок 4.10 – Елемент мережі

тобто від пізнього терміну звершення всіх j -х подій віднімається тривалість робіт, що пов'язують i -у подію з j -ми, з отриманих різниць вибирається найменша, яка і береться за пізній термін звершення i -ї події t_i^n .

Наприклад, пізній термін звершення події 2 при відомих пізніх термінах звершення подій 3, 4, 5 (рис.4.9) відповідно до формули (4) визначиться як

$$t_j^n = \min \left\{ \begin{array}{l} t_3^n - t_{2,3} = 8 - 1 = 7, \\ t_4^n - t_{2,4} = 7 - 3 = 4, \\ t_5^n - t_{2,5} = 11 - 4 = 7 \end{array} \right\} = 4 \text{ (од. часу)}$$

Розрахунок резерву часу R_i події i зводиться до визначення різниці між пізнім і раннім терміном звершення даної події, тобто

$$R_i = t_i^n - t_i^p \quad (4.5)$$

Результати обчислень R_i записуються в нижній сектор кола, що позначає подію. Резерв часу події показує, на який гранично допустимий період часу можна затримати звершення цієї події, не викликаючи збільшення часу звершення кінцевої події мережі. Знаючи ранні і пізні терміни звершення подій, а також тривалість всіх робіт, можна для кожної з робіт мережі визначити наступні параметри: найраніший з можливих термін початку робіт (ранній початок)

$$t_{i,j}^{p,n} = t_i^p, \quad (4.6)$$

найпізніший з допустимих термін початку роботи (пізній початок)

$$t_{i,j}^{n,n} = t_j^n - t_{i,j}, \quad (4.7)$$

найраніший з можливих термін закінчення роботи (раннє закінчення)

$$t_{i,j}^{p.o} = t_i^p + t_{i,j}, \quad (4.8)$$

найпізніший з припустимих термін закінчення роботи (пізнє закінчення)

$$t_{i,j}^{n.o} = t_j^n, \quad (4.9)$$

Наприклад, для роботи 2–5 (рис. 4.10) маємо: ранній початок

$$t_{2,5}^{p.H} = t_2^p = 4 \text{ (од. часу)}$$

пізній початок

$$t_{2,5}^{n.H} = t_5^n - t_{2,5} = 11 - 4 = 7 \text{ (од. часу)}$$

раннє закінчення

$$t_{2,5}^{p.0} = t_2^p + t_{2,5} = 4 + 4 = 8 \text{ (од. часу)}$$

пізнє закінчення

$$t_{2,5}^{n.o} = t_5^n = 11 \text{ (од. часу)}$$

Отримані результати означають, що робота 2–5 може починатися в інтервалі часу від 4 до 7 од., при цьому граничний термін звершення події 5 не перевищує 11 од. часу. Відповідно час закінчення роботи 2–5 знаходиться в інтервалі від 8 до 11 од. часу.

На цьому закінчується розрахунок мережевого графіка, після чого переходять до аналізу розрахованих параметрів. На першому етапі аналізу будують критичний шлях. Оскільки відомо, що подія з нульовим резервом часу знаходиться на критичному шляху, то необхідною умовою приналежності роботи цьому шляху є рівність нулю резервів часу її початкової і кінцевої подій. Умова є і достатньою у разі, коли через дві події з нульовими резервами проходить єдиний шлях. Так, подібний висновок можна зробити щодо робіт 1–2, 2–4 (рис. 4.10). Якщо ж через дві події з нульовими резервами проходять декілька шляхів, то критичним є найбільший за тривалістю шлях, що зв'язує ці події. Це достатня умова. Так, на рисунку 4.10 події 4 і 7 з нульовими резервами часу з'єднуються шляхами 4–7 і 4–6–7 з тривалістю 3 і 5 од. часу відповідно. Проте критичним буде шлях 4–6–7, оскільки тривалість його найбільша. Таким чином, роботи 1–2, 2–4, 6–7 утворюють критичний шлях, який слід виділити подвійною лінією або зобразити іншим кольором. Роботи, що не лежать на критичному шляху, мають відносно його резерви часу.

На другому етапі аналізу мережі визначають резерви часу робіт. У практиці застосування МПУ зазвичай оперують двома резервами: повним і частковим (іноді останній називають вільним).

Повним резервом $R_{i,j}$ даної роботи $i - j$ називається час, протягом якого можна збільшувати тривалість цієї роботи, не змінюючи критичний шлях. Повний резерв визначається по формулі

$$R_{i,j} = t_j^n - t_i^p - t_{i,j} \quad (4.10)$$

тобто повний резерв роботи $i - j$ дорівнює різниці між пізнім терміном звершення кінцевої події j і раннім терміном звершення початкової події i без тривалості роботи $i - j$. Наприклад, для роботи 1–3 (рис. 4.10) повний резерв

$$R_{1,3} = t_3^{\text{п}} - t_1^{\text{п}} - t_{1,3} = 8 - 0 - 4 = 4 \text{ (од. часу)}$$

Отже, робота 1–3 може початися після закінчення 4 од. часу після початку виконання робіт мережі, не викликаючи затримки виконання всього комплексу робіт.

Повні резерви робіт використовуються при дослідженні впливу затримок, що виникають при виконанні окремих робіт, на загальний термін закінчення всіх робіт мережі. Слід пам'ятати, що повний резерв роботи $R_{i,j}$ відноситься до всього шляху, що проходить через дану роботу. Якщо повний резерв часу витрачається на якій-небудь роботі цього шляху, то все подальші роботи мають нульовий резерв часу, тобто стають критичними.

Частковим резервом $r_{i,j}$ роботи називається час, протягом якого можна збільшувати тривалість роботи, не змінюючи термін раннього початку подальших робіт. Частковий резерв визначається по формулі

$$r_{i,j} = t_j^{\text{п}} - t_i^{\text{п}} - t_{i,j} \quad (4.11)$$

Наприклад, для роботи 1–3 (рис.10) частковий резерв

$$r_{1,3} = t_3^{\text{п}} - t_1^{\text{п}} - t_{1,3} = 5 - 0 - 4 = 1 \text{ (од. часу)}$$

Частковий резерв утворюється тільки у робіт, безпосередньо передуючих події j , в якому перетинаються шляхи різної довжини, і показує, яка частина повного резерву роботи $i - j$ може бути використана на збільшення тривалості цієї і попередніх робіт. При цьому це збільшення не викликає скорочення повного резерву ні у однієї з робіт, наступних за подією j . Таким чином, на відміну від повного резерву, збільшення тривалості роботи на величину часного резерву не тільки не виводить всі подальші за нею роботи, на критичний шлях, але і не змінює величини повних резервів у робіт, наступних за подією j .

4.3 Розрахунок і аналіз параметрів мережевого графіка при детермінованому часі виконання робіт

За результатами аналізу комплексу заходів по евакуації було побудовано мережевий графік (рис. 4.11), який відображає порядок виконання дій направлених на досягнення головної мети. Експертним шляхом визначено тривалість виконання кожного заходу $t_{i,j}$.

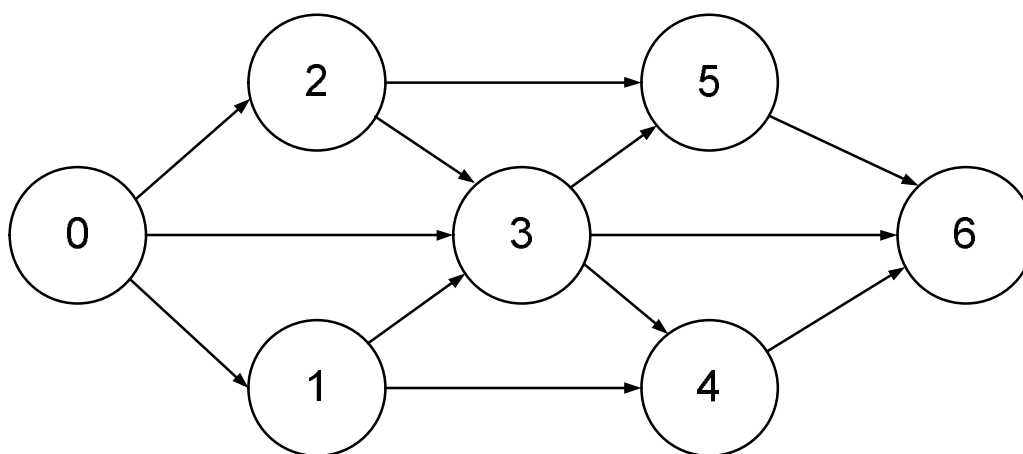


Рисунок 4.11 – Мережевий графік

Використовуючи метод мережевого планування розрахувати часові характеристики подій та робіт для мережевої моделі. Знайти критичний шлях та розрахувати його протяжність.

Таблиця 4.2 – Час тривалості робіт

№ Варіанту	$t_{0,1}$	$t_{0,2}$	$t_{0,3}$	$t_{1,3}$	$t_{2,3}$	$t_{1,4}$	$t_{3,4}$	$t_{2,5}$	$t_{3,5}$	$t_{3,6}$	$t_{4,6}$	$t_{5,6}$
1.	8	6	5	8	6	7	8	2	5	9	5	3
2.	2	4	8	4	6	4	7	6	7	6	8	8
3.	6	9	5	6	5	7	8	9	8	7	5	4
4.	7	5	7	8	7	5	8	3	8	9	4	3
5.	7	8	9	2	4	5	7	8	5	7	7	9
6.	5	8	5	2	7	5	7	6	4	3	8	7
7.	8	6	5	8	6	7	8	2	5	9	5	3
8.	8	8	9	3	4	4	7	8	5	8	7	9
9.	9	4	6	9	5	6	2	9	7	4	8	5
10.	10	6	9	8	6	7	8	1	8	9	4	3
11.	9	5	7	4	3	3	4	5	3	5	5	4
12.	3	5	8	5	7	5	5	6	8	8	4	9
13.	4	7	3	9	5	7	8	7	7	9	6	4
14.	5	7	2	9	7	8	5	9	7	8	6	2
15.	5	7	8	7	4	5	5	3	4	5	2	6
16.	5	9	5	4	2	6	7	8	5	3	2	4
17.	7	5	6	7	1	6	3	5	9	6	5	9
18.	7	8	9	2	4	4	7	8	4	7	7	9
19.	9	5	4	9	5	6	2	7	7	4	6	5
20.	10	5	7	8	6	5	8	2	8	9	4	3
21.	5	8	4	6	5	7	8	9	7	7	6	4
22.	5	9	6	4	2	5	7	8	4	3	3	4
23.	7	8	6	2	4	5	7	5	4	8	7	7
24.	8	6	3	8	5	6	3	7	7	4	7	5

Продовження таблиці 4.2

25.	8	6	5	8	6	7	8	2	5	9	5	3
26.	5	8	5	2	7	5	7	6	4	3	8	7
27.	7	8	9	2	4	5	7	8	5	7	7	9
28.	7	5	7	8	7	5	8	3	8	9	4	3
29.	6	9	5	6	5	7	8	9	8	7	5	4
30.	2	4	8	4	6	4	7	6	7	6	8	8

4.4 Приклад розрахунку мережевого графіку

Початкові данні тривалості робіт:

Таблиця 4.3 – Тривалості робіт

$t_{0,1}$	$t_{0,2}$	$t_{0,3}$	$t_{1,3}$	$t_{2,3}$	$t_{1,4}$	$t_{3,4}$	$t_{2,5}$	$t_{3,5}$	$t_{3,6}$	$t_{4,6}$	$t_{5,6}$
9	4	7	4	3	3	4	4	3	5	4	6

Розрахунок і аналіз параметрів мережевого графіку

Розрахуємо мережевий графік виконання робіт для визначення критичного шляху і резервів часу для робіт, розташованих на інших шляхах, для з'ясування критичного шляху розрахуємо найбільш ранні терміни звершення подій (раннє звершення) t_i^p ; розрахуємо найбільш пізні терміни звершення подій (пізнє звершення) t_i^n , розрахуємо резерв часу звершення подій R_i .

Визначення критичного шляху в мережевому графіку необхідне для того, щоб виявити роботи, послідовне виконання яких визначає загальний термін закінчення робіт, і зосередити увагу на їх своєчасному виконанні, оскільки збільшення часу виконання будь-який з них приводить до збільшення тривалості виконання всього комплексу робіт.

Для визначення резервів часу робіт, не лежачих на критичному шляху, для кожної роботи мережевого графіка розрахуємо наступні величини: найраніший з можливих термін початку роботи (ранній початок) $t_{i,j}^{p.n}$; найпізніший з припустимих термін початку роботи (пізніший початок) $t_{i,j}^{n.n}$; найраніший з можливих термін закінчення роботи (раннє закінчення) $t_{i,j}^{p.o}$, найпізніший з припустимих термін закінчення роботи (пізнє закінчення) $t_{i,j}^{n.o}$.

Побудову мережевого графіка проводитимемо як показано на рисунку 4.12 розділивши кожне коло, що зображає подію, на чотири сектори, в які будемо заносити розрахункові величини.

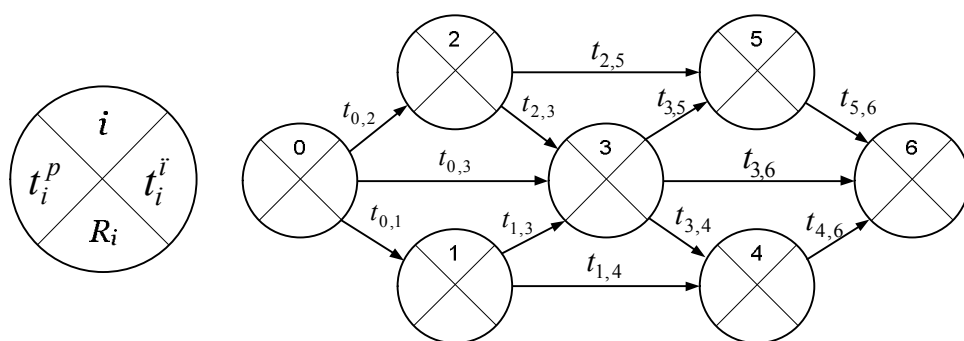


Рисунок 4.12 – Форма заповнення розрахункових характеристик

На рисунку 4.12 приведена форма заповнення розрахункових характеристик. У верхньому секторі записуємо номер події, в лівому секторі – розраховане значення t_i^p , в правому секторі – t_i^n , в нижньому секторі записуватимемо резерв часу звершення події R_i . Підготуємо для розрахунку мережу як показано на рисунку 4.13. Розрахунок найбільш ранніх термінів звершення подій проведемо в напрямі від початкової до заключної події. Для початкової події ранній термін її звершення береться за початок відліку часу, тобто $t_0^p = 0$. Для будь-якої іншої події мережі ранній термін звершення дорівнює довжині максимального з шляхів, ведучих до даної події від початкової події мережі. Таким чином, якщо до події j мережі підходить декілька робіт з розрахованими ранніми термінами звершення їх початкових подій, то ранній термін звершення j -ї події знайдемо таким чином

$$t_j^p = \max[t_i^p + t_{i,j}]$$

Тобто до раннього терміну звершення всіх i -х подій, передуючих події j , додамо тривалість робіт, що входять в подію j , з отриманих сум виберемо найбільшу і приймемо її за раннє звершення j -ї події. Якщо до події підходить тільки одна робота, то ранній термін її звершення визначимо так

$$t_j^p = t_i^p + t_{i,j}$$

тобто до раннього терміну звершення i -ї події, що передує події j , додамо тривалість роботи, що пов'язує i -у подію з j -ю. При розрахунку ранніх термінів звершення подій послідовно переходитимемо від початкової події до подій, що більш від неї віддалені. Обчислені ранні терміни звершення подій запишемо у відповідні сектори мережевого графіка. Ранній термін настання заключної події визначає тривалість виконання всіх робіт мережі.

Пізні терміни звершення подій розрахуємо, послідовно переходячи від заключної події до початкової. Пізній термін звершення заключної події приймаємо рівним ранньому терміну його звершення. Відносно будь-якої іншої події найбільш пізнім з припустимих є термін, перевищення якого викликає перевищення граничного терміну настання заключної події. Іншими

словами, будь-яка i -а подія повинна відбутися в такий термін, щоб залишилось достатньо часу для виконання всіх наступних робіт, тобто вона повинна відстояти за часом від заключної події на величину, не меншу, ніж максимальний з наступних за i -ю подією шляхів.

Якщо з i -ї події починається тільки одна робота, для якої визначений її пізній термін завершення, то пізній термін звершення i -ї події визначимо як

$$t_i^n = t_j^p - t_{i,j}$$

Якщо з i -ї події виходить декілька робіт з розрахованими пізніми термінами звершення їх кінцевих j -х подій, то пізній термін звершення i -ї події визначимо по формулі

$$t_i^n = \min[t_j^n - t_{i,j}].$$

Від пізнього терміну звершення всіх j -х подій віднімемо тривалість робіт, що пов'язують i -у подію з j -ю, з отриманих різниць виберемо найменшу, яку і приймемо за пізній термін звершення i -ї події t_i^n .

Розрахунок резерву часу R_i події i визначимо як різницю між пізнім і раннім терміном звершення даної події

$$R_i = t_i^n - t_i^p$$

Результати обчислень R_i запишемо в нижній сектор кола, що позначає подію. Резерв часу події показує, на який гранично допустимий період часу можна затримати звершення цієї події, не викликаючи збільшення часу звершення заключної події мережі. Нанесемо розраховані характеристики мережі на графік (рис. 4.13).

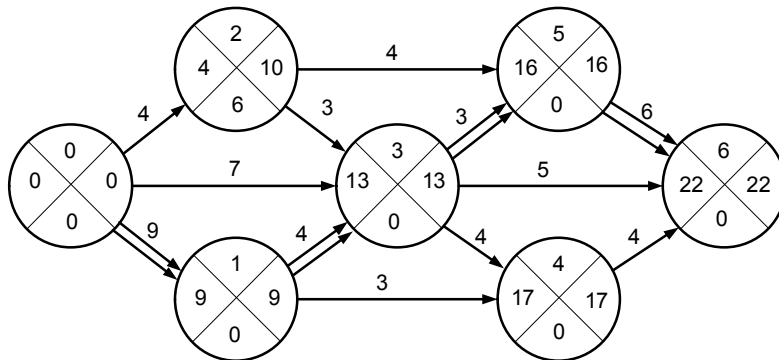


Рисунок 4.13 – Розраховані характеристики мережі

Знаючи ранні і пізні терміни звершення подій, а також тривалість всіх робіт, можна для кожної з робіт мережі визначити наступні параметри: найраніший з можливих термін початку роботи (ранній початок)

$$t_{i,j}^{p.H} = t_i^p,$$

найпізніший з припустимих термінів початку роботи (пізніший початок)

$$t_{i,j}^{n.H} = t_j^n - t_{i,j},$$

найраніший з можливих термінів закінчення роботи (раннє закінчення)

$$t_{i,j}^{p.o} = t_i^p + t_{i,j},$$

найпізніший з припустимих термінів закінчення роботи (пізнє закінчення)

$$t_{i,j}^{n.o} = t_j^n,$$

Результати розрахунку занесемо в таблицю 4.4.

Оскільки відомо, що подія з нульовим резервом часу знаходиться на критичному шляху, то необхідною умовою приналежності роботи цьому шляху є рівність нулю резервів часу її початкової і кінцевої подій. Умова є і достатньою у разі, коли через дві події з нульовими резервами проходить єдиний шлях. Враховуючи данні умови виділимо критичний шлях на мережевому графіку подвійними стрілками. На другому етапі аналізу мережі визначимо повний і частковий резерви часу робіт.

Повний резерв визначимо по формулі

$$R_{i,j} = t_j^n - t_i^p - t_{i,j}$$

тобто повний резерв роботи $i - j$ дорівнює різниці між пізнім термінам звершення кінцевої події j і раннім терміном звершення початкової події i без тривалості роботи $i - j$.

Частковий резерв визначимо по формулі

$$r_{i,j} = t_j^p - t_i^p - t_{i,j}$$

Частковий резерв утворюється тільки у робіт, безпосередньо передуючих події j , в якій перетинаються шляхи різної довжини, і показує, яка частина повного резерву роботи $i - j$ може бути використана на збільшення тривалості цієї і попередніх робіт. При цьому це збільшення не викликає скорочення повного резерву ні у однієї з робіт, наступних за подією j . Таким чином, на відміну від повного резерву, збільшення тривалості роботи на величину часткового резерву не тільки не виводить всі подальші за нею роботи, на критичний шлях, але і не змінює величини повних резервів у робіт, наступних за подією j . Результати розрахунку занесемо до таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Розрахункові значення характеристик мережі

№ з/п	$t_{i,j}$	$t_{i,j}^{n.o} = t_j^n - t_{i,j}$	$t_{i,j}^{p.o} = t_i^p + t_{i,j}$	$t_{i,j}^{n.o} = t_j^n$	$R_{i,j} = t_j^n - t_i^p - t_{i,j}$	$r_{i,j} = t_j^p - t_i^p - t_{i,j}$
1	9	0	9	9	0	0
2	4	6	4	10	6	0
3	7	6	7	13	3	6
4	4	9	13	13	0	0
5	3	10	7	13	6	0
6	3	15	12	18	6	5
7	4	14	17	18	1	0
8	4	12	8	16	8	8
9	3	13	16	16	0	0
10	5	17	18	22	9	4
11	5	17	22	22	0	0
12	4	18	20	22	2	2

Практичне заняття 5

ОПТИМІЗАЦІЯ ШЛЯХІВ ЕВАКУАЦІЇ

Мета: оволодіти алгоритмом пошуку найкоротших маршрутів евакуації

Зміст заняття

5.1 Алгоритм пошуку найкоротшого маршруту.

5.2 Завдання для індивідуального виконання.

5.1 Алгоритм пошуку найкоротшого маршруту

Дана мережа шляхів, кожне ребро якої помічене числом, рівним його довжині. Потрібно знайти найкоротший маршрут, ведучий від виділеного вузла до кожного з вузлів мережі.

Алгоритм рішення цієї задачі складається з двох частин.

Покажемо, як він працює, на наступному прикладі.

Розглянемо мережу, задану на рисунку 5.1, з виділеним вузлом 1.

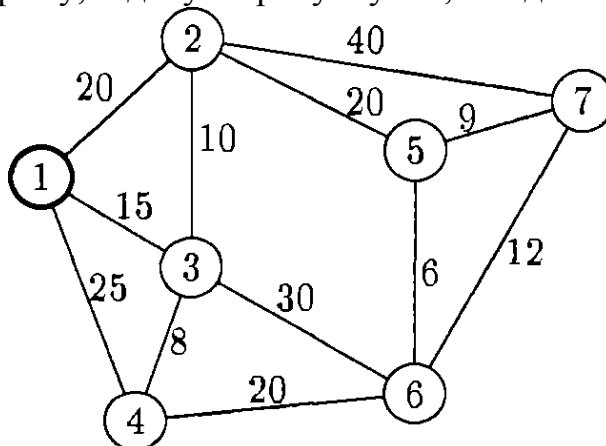


Рисунок 5.1 – Граф розміщення елементів інфраструктури

Прямий хід алгоритму

1-й крок. Всі вузли, які сполучені з виділеним вузлом 1 одним ребром, позначаються так, як це показано на рисунку 5.2 – перше число в дужках дорівнює відстані від поміченого вузла до вузла 1.

Ребро, що зв'язує вузли 1 і 3, є найкоротшим маршрутом від вузла 1 до вузла 3 (будь-який інший маршрут від вузла 1 до вузла 3 довше), і тому вузлу 3 приписується постійна мітка (15,1).

Таким чином, після закінчення 1-го кроку вузли 1 і 3 мають постійні мітки, вузли 2 і 4 – тимчасові мітки, а вузли 5, 6 і 7 ніяких міток не мають (рис. 5.3).

Зауваження. При отриманні постійної мітки вузол 3 виділяється так само, як і вузол 1.

2-й крок. Відбираються всі вузли, які сполучені з вузлом 3 одним ребром і не мають постійних міток. Це вузли 2, 4 і 6.

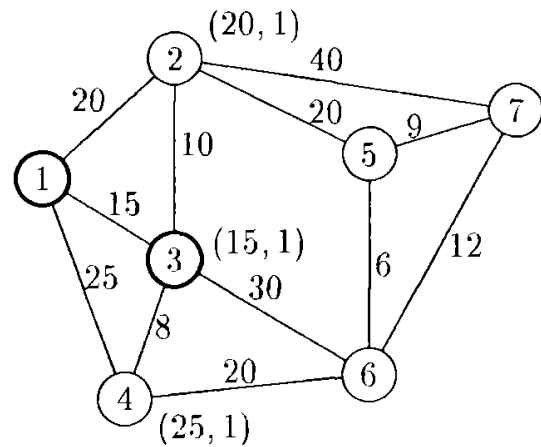
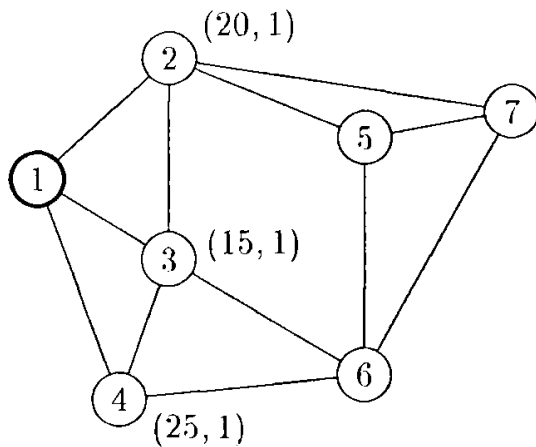


Рисунок 5.2 – Перший крок алгоритму Рисунок 5.3 – Другий крок алгоритму

Порівнюючи довжину маршрутів 1–2 і 1–3–2, помічаємо, що довжина першого (20) менше довжини другого ($15 + 10 = 25$). Тому мітка (20,1) вузла 2 залишається незмінною.

Порівнюючи довжину маршрутів 1–4 і 1–3–4, помічаємо, що довжина першого (25) більше довжини другого ($15 + 8 = 23$). Тому тимчасова мітка (25,1) вузла 4 міняється на мітку (23,3).

Вузол 6 отримує мітку (45,3).

Зауваження. Перше число в мітці указує довжину маршруту від вузла 1, а друге – номер попереднього вузла.

Ребро, що зв'язує вузли 1 і 2, є найкоротшим маршрутом від вузла 1 до вузла 2 (будь-який інший маршрут від вузла 1 до вузла 2 довше), і тому вузлу 2 приписується постійна мітка (20,1).

Таким чином, після закінчення 2-го кроку вузли 1, 2 і 3 мають постійні мітки, вузли 4 і 6 – тимчасові мітки, а вузли 5 і 7 ніяких міток не мають (рис. 5.4).

3-й крок. Відбираються всі вузли, які сполучені з вузлом 2 одним ребром і не мають постійних міток. Це вузли 5 і 7.

Вузол 5 отримує мітку (40,2).

Вузол 7 отримує мітку (60,2).

Маршрут 1–3–4, що зв'язує вузли 1 і 4, є найкоротшим маршрутом від вузла 1 до вузла 4 (будь-який інший маршрут від вузла 1 до вузла 4 довше); тому вузлу 4 приписується постійна мітка (23,3).

Таким чином, після закінчення 3-го кроку вузли 1, 2, 3 і 4 мають постійні мітки, а вузли 5, 6 і 7 – тимчасові мітки (рис. 5.5).

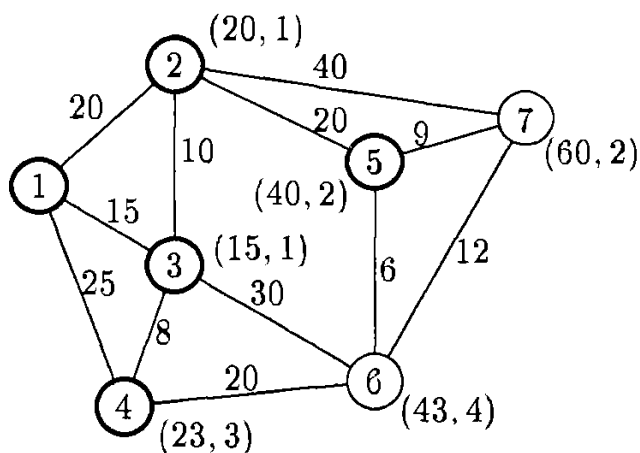


Рисунок 5.4 – Третій крок алгоритму

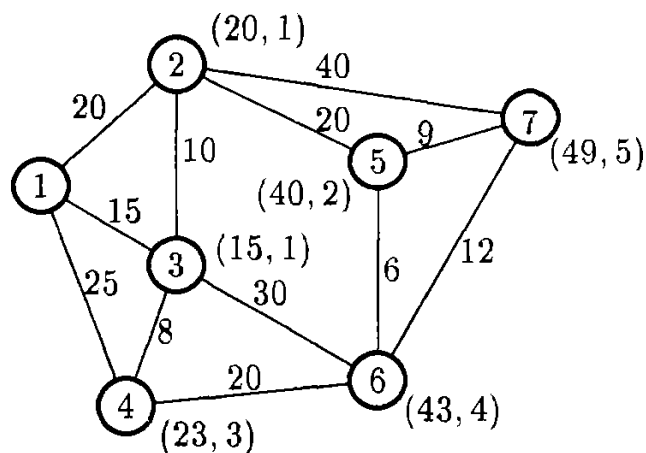


Рисунок 5.5 – Четвертий крок алгоритму

4-й крок. Відбираються всі вузли, які сполучені з вузлом 4 одним ребром і не мають постійних міток. Це вузол 6.

Порівнюючи довжини маршрутів 1–3–6, 1–3–4–6 і 1–4–6, помічаємо, що довжина першого (45) і третього (45) більше довжини другого (43). Тому тимчасова мітка (45,3) вузла 6 міняється на мітку (43,4).

Маршрут 1–2–5, що зв'язує вузли 1 і 5, є найкоротшим маршрутом від вузла 1 до вузла 5 (будь-який інший маршрут від вузла 1 до вузла 5 довше), і тому вузлу 5 приписується постійна мітка (40,2).

Таким чином, після закінчення 4-го кроку вузли 1, 2, 3, 4 і 5 мають постійні мітки, а вузли 6 і 7 – тимчасові мітки (рис. 5.6).

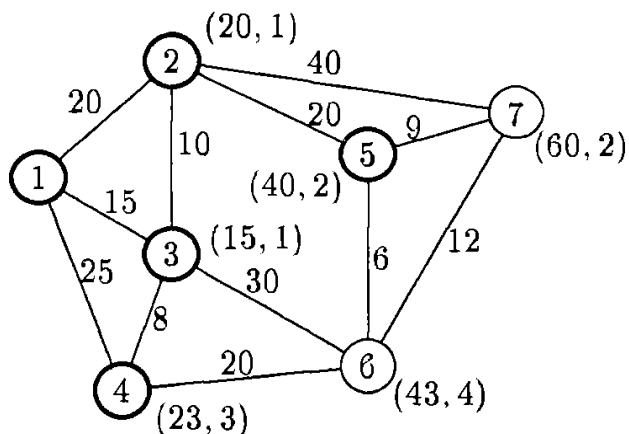


Рисунок 5.6 – П'ятий крок алгоритму

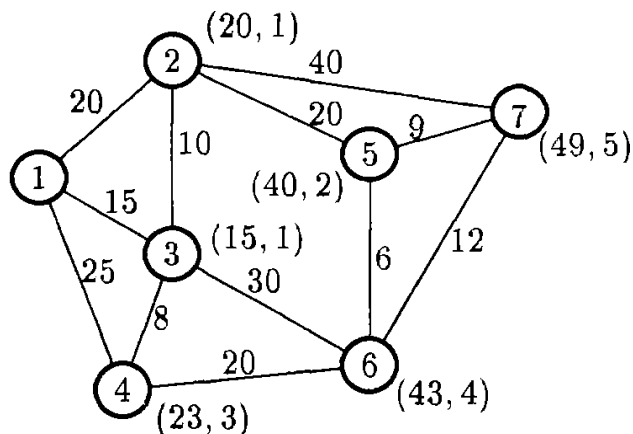


Рисунок 5.7 – Шостий крок алгоритму

Наступні два кроки дозволяють дати постійні мітки вузлам 6 і 7 – (43,4) і (49,5) відповідно (рис. 5.7).

Зауваження. На кожному кроці тимчасова мітка одного з вузлів міняється на постійну за наступним правилом: розглядаються всі вузли з тимчасовими мітками і вибирається той з них, довжина маршруту до якого від вузла 1 є найменшою.

Зворотний хід алгоритму

Використовуючи другу компоненту позначки вузлів, визначаємо послідовність вершин в кожному найкоротшому маршруті.

Наприклад: мітка (49,5) вузла 7 указує на попередній вузол 5, мітка (40,2) вузла 5 указує на попередній вузол 2, мітка (20,1) вузла 2 указує на попередній вузол 1. В результаті зворотна послідовність вузлів найкоротшого маршруту від вузла 1 до вузла 7 має вигляд 7 – 5 – 2 – 1.

Відповідь:

<i>Вузол</i>	<i>Маршрут</i>	<i>Довжина</i>
2	1 – 2	20
3	1 – 3	15
4	1 – 3 – 4	23
5	1 – 2 – 5	40
6	1 – 3 – 4 – 6	43
7	1 – 2 – 5 – 7	49

5.2 Завдання для індивідуального виконання

Відповідно до номеру за списком у журналі навчальної групи обрати свій варіант завдання (табл. 5.1), та розрахувати найкоротший маршрут евакуації згідно схеми на рисунку 5.8.

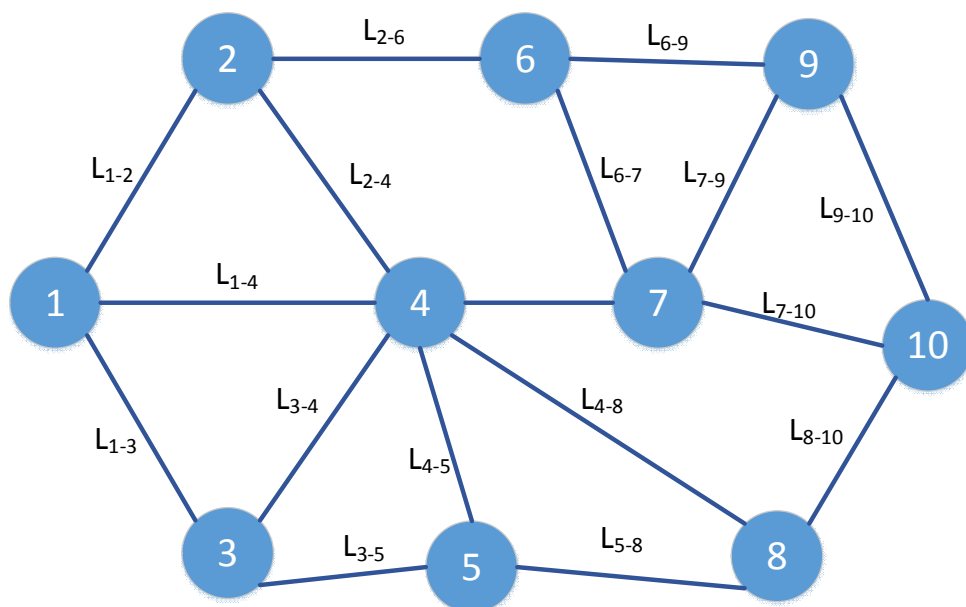


Рисунок 5.8 – Граф розміщення елементів інфраструктури

Таблиця 5.1 – Варіанти завдань

Шлях	Номер за списком у журналі навчальної групи									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
L ₁₋₂	7	6	4	4	7	6	3	6	7	3
L ₁₋₃	7	4	4	6	4	7	3	5	7	7
L ₁₋₄	9	4	7	5	5	3	6	6	6	5
L ₂₋₄	9	6	3	4	4	4	4	5	5	6
L ₂₋₆	7	6	7	7	6	4	7	6	7	3
L ₃₋₄	9	7	7	6	6	4	6	7	5	7
L ₃₋₅	7	3	7	6	3	3	5	3	3	6
L ₃₋₄	6	5	7	7	6	4	6	3	3	3
L ₄₋₅	3	7	7	5	4	6	5	3	5	5
L ₄₋₇	7	3	4	4	3	5	7	3	3	3
L ₄₋₈	4	3	4	5	6	3	7	3	3	5
L ₅₋₈	8	7	6	6	4	6	6	7	7	3
L ₆₋₉	8	5	7	4	4	5	5	6	4	5
L ₆₋₇	3	4	5	4	3	5	7	3	3	7
L ₇₋₉	8	6	5	3	5	5	5	5	4	5
L ₇₋₁₀	7	3	6	3	4	3	3	3	3	7
L ₈₋₁₀	7	4	7	4	4	7	3	4	5	6
L ₉₋₁₀	7	3	3	4	4	6	3	7	4	7

Шлях	Номер за списком у журналі навчальної групи									
	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
L ₁₋₂	3	7	7	6	6	3	3	6	3	6
L ₁₋₃	7	5	7	5	7	4	5	4	5	5
L ₁₋₄	6	4	4	4	5	5	5	6	6	3
L ₂₋₄	6	3	7	6	5	3	7	7	7	3
L ₂₋₆	7	7	4	5	4	5	4	5	6	7
L ₃₋₄	3	5	7	5	3	4	5	4	5	6
L ₃₋₅	7	4	6	5	7	6	5	3	5	5
L ₃₋₄	3	5	6	6	3	3	4	7	6	6
L ₄₋₅	5	4	5	4	6	5	6	5	7	7
L ₄₋₇	4	4	4	3	6	7	7	7	6	4
L ₄₋₈	4	3	6	6	7	6	7	6	4	4
L ₅₋₈	5	5	6	7	4	7	7	7	4	3
L ₆₋₉	3	5	4	6	4	7	7	3	6	6
L ₆₋₇	3	6	5	3	3	4	5	7	5	5
L ₇₋₉	4	6	6	3	4	7	3	7	4	4
L ₇₋₁₀	4	6	7	4	5	5	6	4	5	6
L ₈₋₁₀	6	7	4	6	6	4	3	7	6	7
L ₉₋₁₀	3	3	5	4	6	3	6	4	5	3

Шлях	Номер за списком у журналі навчальної групи									
	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
L ₁₋₂	6	6	3	7	5	5	4	7	4	3
L ₁₋₃	6	5	6	4	4	7	5	6	3	5
L ₁₋₄	6	5	7	7	3	6	6	7	3	3
L ₂₋₄	4	6	6	6	3	3	4	5	4	3
L ₂₋₆	6	3	7	5	4	3	7	4	6	7
L ₃₋₄	3	4	4	7	6	5	6	3	7	5
L ₃₋₅	3	6	3	3	3	4	3	6	7	5
L ₃₋₄	6	7	7	4	3	4	4	6	7	4
L ₄₋₅	4	3	5	3	6	7	4	6	5	5
L ₄₋₇	6	6	5	5	4	5	5	4	5	5
L ₄₋₈	4	5	5	5	6	4	7	4	7	5
L ₅₋₈	5	3	6	7	6	5	6	4	4	3
L ₆₋₉	3	6	3	7	7	5	4	7	3	6
L ₆₋₇	7	4	5	6	7	7	5	7	6	5
L ₇₋₉	3	3	6	3	7	6	5	7	5	6
L ₇₋₁₀	3	3	7	4	3	6	7	3	4	5
L ₈₋₁₀	4	3	3	6	4	3	7	4	4	3
L ₉₋₁₀	7	5	4	7	3	3	4	4	4	7

Практичне заняття 6
РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОГО ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ІЗ ПРИМІЩЕННЯ
ПІДГОТОВЧОГО ЦЕХУ ЛЬОНОКОМБІНАТУ
У ВИПАДКУ ПОЖЕЖІ

Мета – оволодіти навичками розрахунку необхідного часу евакуації людей із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату при пожежі.

Зміст заняття

6.1 Загальні відомості.

6.2 Розміщення об'єктів та планування інженерних заходів.

6.1 Загальні відомості

Характерна особливість сучасного будівництва – збільшення кількості будівель із масовим перебуванням людей. До таких будівель можна зарахувати й виробничі приміщення. Пожежі у приміщеннях цих будівель нерідко супроводжуються травмуванням і загибеллю людей. У першу чергу, це стосується пожеж, що швидко розповсюджуються.

Вони є реальною небезпекою для людини вже за декілька хвилин після виникнення й інтенсивної дії на людей небезпечних чинників пожежі (НЧП). Найбільш надійний спосіб гарантування безпеки людей у таких умовах – своєчасна евакуація з приміщення, в якому виникла пожежа.

Кожен об'єкт мусить мати таке об'ємно-планувальне й технічне виконання, за якого евакуація людей із приміщення була завершена до моменту досягнення НЧП гранично допустимих значень. У зв'язку з цим кількість, розміри та конструктивне виконання евакуаційних шляхів і виходів визначаються залежно від необхідного часу евакуації, тобто часу, протягом якого люди мають покинути приміщення, не зазнавши небезпечного для життя і здоров'я впливу пожежі.

Дані щодо необхідного часу евакуації є також вихідною інформацією для розрахунку рівня надання безпеки людей при пожежах у будівлях. Неправильне визначення необхідного часу евакуації може призвести до ухвалення неправильних проектних рішень і збільшення вартості будівель або до недостатнього гарантування безпеки людей у разі виникнення пожежі.

Необхідний час евакуації розраховується як добуток критичної для людини тривалості пожежі на коефіцієнт безпеки.

Під *критичною тривалістю пожежі* розуміють час, після закінчення якого виникає небезпечна ситуація внаслідок досягнення одним з НЧП гранично допустимого для людини значення. При цьому передбачається, що кожен небезпечний чинник впливає на людину незалежно від інших, оскільки

комплексна дія тих різних якісних і кількісних поєднань НЧП, що змінюються в часі, характерних для початкового періоду розвитку пожежі, оцінити наразі неможливо.

Коефіцієнт безпеки враховує можливу похибку при розв'язанні поставленої задачі. Він приймається таким, що дорівнює 0,8.

Таким чином, *необхідний час евакуації* – нормований проміжок часу до настання критичних значень НЧП, протягом якого люди мають залишити приміщення, будівлю, споруду.

Для визначення необхідного часу евакуації людей із приміщення, потрібно знати динаміку НЧП у зоні перебування людей (робочій зоні) та гранично допустимі для людини значення кожного з них.

До НЧП, які становлять найбільшу небезпеку для людей у приміщенні в початковий період пожежі, що швидко розвивається, можуть бути віднесені:

- підвищена температура середовища;
- дим, що призводить до втрати видимості;
- токсичні продукти горіння;
- знижена концентрація кисню.

Розрахункові формули отримано з урахуванням таких припущень:

- крізь відкриті отвори відбувається тільки витіснення газу з приміщення;
- абсолютний тиск газу у приміщенні під час пожежі не змінюється;
- відношення тепловтрат у будівельні конструкції до теплової потужності вогнища пожежі постійне в часі;
- властивості середовища й питомі характеристики матеріалу (найнижча робоча теплота згорання, димоутворювальна здатність, питомий вихід токсичних газів тощо), що горить при пожежі, постійні;
- залежність вигорілої маси матеріалу від часу є статечною функцією.

Запропонований порядок розрахунку для виконання студентами завдання є справедливим для розрахунку необхідного часу евакуації при пожежах, що швидко розповсюджуються у приміщеннях із середнім за цей період темпом збільшення температури середовища більше $30 \text{ град} \cdot \text{хв}^{-1}$.

Такі пожежі характеризуються наявністю біля стін циркуляційних струменів і відсутністю чіткої межі шару диму.

Використання розрахункових формул для пожеж із меншим темпом зростання температури призведе до заниження величини необхідного часу евакуації, тобто до збільшення запасу надійності при розв'язанні задачі.

Необхідно:

1. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 6.1 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).

2. Визначити критичну тривалість пожежі для кожної з обраних схем її розвитку.

3. Визначити найбільш небезпечну схему розвитку пожежі.

4. Визначити необхідний час евакуації людей із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату при пожежі.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність		Значення параметра
Параметри приміщення	$L, м$	
	$S, м$	
	$H, м$	
Маса льону, рівномірно розкладеного на підлозі $M_1, кг$		
Маса льону, розташованого на стрічці транспортера $M_2, кг$		
Ширина стрічки транспортера $b, м$		
Параметр n_1		3
Параметр n_2		2
Висота відмітки зони перебування людей над підлогою приміщення $h_{відм}, м$		
Різниця висот підлоги $\delta, м$		
Питома масова швидкість вигорання $\Psi, кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$		$21,3 \cdot 10^{-3}$
Питома теплоємність матеріалу $C_p, МДж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$		$1,985 \cdot 10^{-3}$
Коефіцієнт тепловтрат φ		0,2
Коефіцієнт повноти горіння η		0,95
Нижня теплота згорання $Q, МДж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$		15,7
Питома швидкість поширення полум'я $\nu, м \cdot с^{-1}$		0,05
Початкова температура у приміщенні $t_0, ^\circ C$		20
Коефіцієнт відбиття предметів на шляху евакуації α		
Початкова освітленість шляхів евакуації $E, лк$		
Димоутворююча здатність матеріалу $D, Нп \cdot м^2 \cdot кг^{-1}$		3,37
Питоме споживання кисню при пожежі $L(O_2), кг \cdot кг^{-1}$		1,83
Питомий вихід чадного газу при пожежі $L(CO), кг \cdot кг^{-1}$		0,0039
Питомий вихід вуглекислого газу при пожежі $L(CO_2), кг \cdot кг^{-1}$		0,36
Гранично припустимий вміст чадного газу в атмосфері приміщення $X(CO), кг \cdot м^{-3}$		$1,16 \cdot 10^{-3}$
Гранично припустимий вміст вуглекислого газу в атмосфері приміщення $X(CO_2), кг \cdot м^{-3}$		0,11
Коефіцієнт безпеки при евакуації k_6		0,8

Особливості розташування льону у приміщенні: частина горючого матеріалу (льону) з масою M_1 рівномірно розкладена на підлозі, а частина з масою M_2 знаходиться на стрічці транспортера шириною b . Маса першої та

другої частини льону, а також ширина стрічки транспортера вказані у варіанті завдання.

Обґрунтування схеми розвитку пожежі

Оскільки можливе загоряння як складованого льону, так і льону, що транспортується, можливі дві схеми розвитку пожежі. При горінні льону найбільш небезпечними токсичними продуктами горіння є чадний і вуглекислий газ.

Указівка до розрахунків: якщо під час обчислень критичної тривалості пожежі за наведеними нижче формулами у будь-якому з підпунктів 2.2–2.6 (формули 3.6–3.10) та 3.2–3.6 (формули 3.14–3.18) під знаком логарифма буде від’ємне число, то ця критична тривалість пожежі виключається з розгляду.

Порядок виконання завдання

1. Визначаються спільні для обох схем параметри.

1.1 Визначається висота робочої зони:

$$h = h_{відм} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \text{ м.} \quad (6.1)$$

1.2 Визначається вільний об’єм приміщення:

$$V_{вільн} = 0,8 \cdot L \cdot S \cdot H, \text{ м}^3. \quad (6.2)$$

1.3 Визначається комплекс B :

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V_{вільн}}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q}. \quad (6.3)$$

1.4 Визначається параметр z :

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right). \quad (6.4)$$

2. Визначається критична тривалість пожежі для першої обраної схеми пожежі – горіння складованого льону.

2.1 Розраховується параметр A_I :

$$A_I = 1,05 \cdot \psi \cdot v^2. \quad (6.5)$$

2.2 Визначається критична тривалість пожежі за підвищеною температурою:

$$t_{кр1}^{ПТ} = \left\{ \frac{B}{A_I} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n_I}}, \text{ с.} \quad (6.6)$$

2.3 Визначається критична тривалість пожежі за втратою видимості:

$$t_{кр1}^{ВВ} = \left\{ \frac{B}{A_I} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{20 \cdot B \cdot D \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_I}}, \text{ с.} \quad (6.7)$$

2.4 Визначається критична тривалість пожежі за зниженням вмістом кисню:

$$t_{кр1}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A_I} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L(O_2)}{V_{вільн}} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_I}}, \text{ с.} \quad (6.8)$$

2.5 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації чадного газу:

$$t_{кр1}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A_I} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO)}{B \cdot L(CO) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_I}}, \text{ с.} \quad (6.9)$$

2.6 Визначається критична тривалість пожежі по досягненню граничної концентрації вуглекислого газу:

$$t_{кр1}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A_I} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO_2)}{B \cdot L(CO_2) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_I}}, \text{ с.} \quad (6.10)$$

2.7 Визначається критична тривалість пожежі:

$$t_{кр1} = \min \{ t_{кр1}^{ПТ}, t_{кр1}^{ВВ}, t_{кр1}^{O_2}, t_{кр1}^{CO}, t_{кр1}^{CO_2} \}, \text{ с.} \quad (6.11)$$

2.8 Визначається маса льону, що згорів до моменту $t_{кр1}$:

$$m_l = A_l \cdot (t_{кр1})^{n_l}, \text{ кг.} \quad (6.12)$$

2.9 Порівнюється значення m_l зі значенням M_l . Якщо $m_l > M_l$, то ця схема пожежі виключається з подальшого розгляду.

3 Визначається критична тривалість пожежі для другої обраної схеми – горіння льону, що розташований на стрічці транспортера.

3.1 Розраховується параметр A_2 :

$$A_2 = \psi \cdot v \cdot b. \quad (6.13)$$

3.2 Визначається критична тривалість пожежі за підвищеною температурою:

$$t_{кр2}^{PT} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (6.14)$$

3.3 Визначається критична тривалість пожежі за втратою видимості:

$$t_{кр2}^{BB} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{20 \cdot B \cdot D \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (6.15)$$

3.4 Визначається критична тривалість пожежі за зниженим вмістом кисню:

$$t_{кр2}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L(O_2)}{V_{вільн}} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (6.16)$$

3.5 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації чадного газу:

$$t_{кр2}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO)}{B \cdot L(CO) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (6.17)$$

3.6 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації вуглекислого газу:

$$t_{кр2}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO_2)}{B \cdot L(CO_2) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (6.18)$$

3.7 Визначається критична тривалість пожежі:

$$t_{кр2} = \min \{ t_{кр2}^{ПТ}, t_{кр2}^{ВВ}, t_{кр2}^{O_2}, t_{кр2}^{CO}, t_{кр2}^{CO_2} \}, \text{ с.} \quad (6.19)$$

3.8 Визначається маса льону, що згорів до моменту $t_{кр2}$:

$$m_2 = A_2 \cdot (t_{кр2})^{n_2}, \text{ кг.} \quad (6.20)$$

3.9 Порівнюється значення m_2 зі значенням M_2 . Якщо $m_2 > M_2$, то ця схема пожежі виключається з подальшого розгляду.

4. Із двох схем (якщо жодна з них не виключена з розгляду) обирається та, для якої критична тривалість пожежі є мінімальною:

$$t_{кр} = \min \{ t_{кр1}, t_{кр2} \}, \text{ с.} \quad (6.21)$$

5. Розраховується необхідний час евакуації людей із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату при пожежі:

$$t_{нб} = k_{\bar{o}} \cdot t_{кр}, \text{ с.} \quad (6.22)$$

II САМОСТІЙНА РОБОТА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота є складовою навчального процесу спеціалістів і магістрів, сприяє розвитку навичок самостійного вирішення питань цивільного захисту у виробничій діяльності.

Мета самостійної роботи – доповнення і закріплення знань, набутих за час вивчення теоретичного курсу, активізація творчих здібностей студентів, розвиток навичок роботи з нормативною літературою, а також підготовка до самостійного вирішення питань захисту у надзвичайних ситуаціях в установах, на підприємствах і в організаціях.

Нижче у табл. 1 наведено перелік матеріалу, який студент повинен вивчити самостійно в рекомендований для цього час, і джерела.

Таблиця 1 – Перелік матеріалу, який студент повинен вивчити самостійно в рекомендований для цього час

Самостійна навчальна робота студента	Джерела
Вивчення основних положень Кодексу цивільного захисту України стосовно організації і проведення евакуації	1
Вивчення основних положень Методичних рекомендацій щодо планування і порядку проведення евакуації населення (працівників) у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру	2
Вивчення основних положень Методичних рекомендацій з питань організації планування та проведення евакуаційних заходів на об'єктах господарської діяльності у разі виникнення надзвичайних ситуацій	3

Рекомендації до самостійної роботи

Вивчення рекомендованого для самостійної роботи матеріалу повинно виконуватися послідовно. Самостійна робота повинна відбуватися паралельно з викладенням лекційного матеріалу відповідної тематики.

Вивчення кожного нормативного документу під час самостійної роботи перевіряється шляхом тестування під час проведення модуля відповідної тематики.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кодекс цивільного захисту України. – Введ. 2013–07–01. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> (дата звернення 30.03.2018) – Назва з екрана.
2. Про затвердження Методики планування заходів з евакуації. Наказ МВС України від 10.07.2017 № 579 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0938-17> (дата звернення 30.03.2018) – Назва з екрана.
3. Про затвердження Методичних рекомендацій з питань організації планування та проведення евакуаційних заходів на об'єктах господарської діяльності у разі виникнення Наказ МНС України від 07.09.2010 № 761 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://consultant.parus.ua/?doc=0776R195E9> (дата звернення 10.09. 2018) – Назва з екрана.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до організації самостійної роботи,
проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕВАКУАЦІЙНИХ ЗАХОДІВ ТА ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕВАКУЙОВАНИХ

*(для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальностей 263 – Цивільна безпека, 206 – Садово-паркове господарство)*

Укладач **РОГОЗІН** Анатолій Сергійович

Відповідальний за випуск *В. Е. Абракітов*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *А. С. Рогозін*

План 2018, поз. 230 М

Підп. до друку 28.09.2018. Формат 60 × 84/16

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,0

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК 5328 від 11.04.2017.