

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

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до виконання контрольної роботи  
з навчальної дисципліни

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

*(для студентів заочної форми навчання  
зі спеціальностей 263 – Цивільна безпека, 206 – Садово-паркове господарство)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2018**

Методичні рекомендації до виконання контрольної роботи із навчальної дисципліни «Організація евакуаційних заходів та життєзабезпечення евакуйованих» (для студентів заочної форми навчання зі 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. – 22 с.

Укладачі: 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
Загальні положення.....	5
1 Засади побудови мережевих моделей.....	6
2 Розрахування та аналіз параметрів мережевого графіка при детермінованому часі виконання робіт.....	11
3 Розрахування і аналіз параметрів мережевого графіка при детермінованому часі виконання робіт.....	16
4 Приклад розрахування мережевого графіка.....	17
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	21
Додаток А.....	22

## 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.

Методичні рекомендації до виконання контрольної роботи призначені для систематизування та закріплення теоретичних знань і практичних вмінь, отримані студентами під час навчання з навчальної дисципліни «Організація евакуаційних заходів та життєзабезпечення евакуйованих». Метою роботи є отримання студентами навичок самостійно застосовувати свої знання та вміння при рішенні навчальних і практичних задач.

Зміст контрольної роботи складається у визначенні параметрів мережевого плану виконання комплексу заходів з евакуації населення.

Робота виконується студентам самостійно.

Контрольної робота виконується за індивідуальним завданням.

контрольної робота повинна виконуватися у окремому зошиті або на листах формату А4 дотримуючись вимог додатку А. Графічну частину необхідно виконувати на окремому аркуші формату А4.

Номер варіанта вихідних даних та завдань до виконання роботи обирається з таблиці 2 залежно від номера студента за списком в навчальному журналі групи.

# 1 ОСНОВИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ 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 мережевих 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.

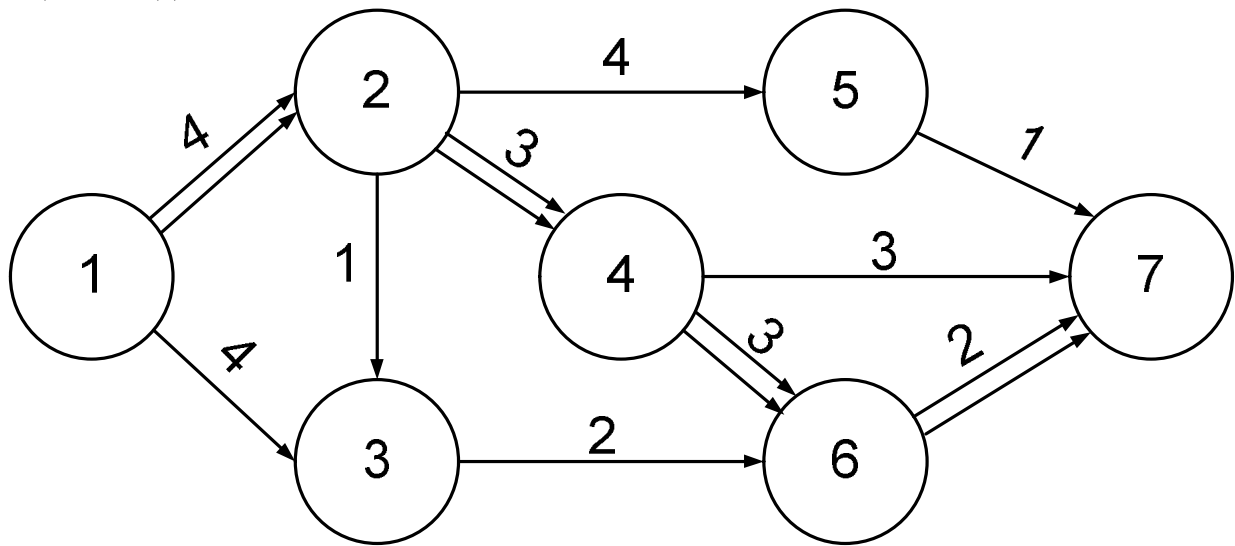


Рисунок 1

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 рис.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 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 рис.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.2, а). Для того, щоб розрізняти такі роботи, необхідно ввести додаткові події і фіктивні роботи (рисунок 2, б).

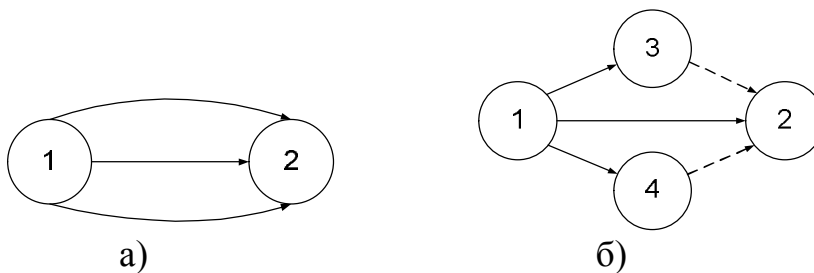


Рисунок 2

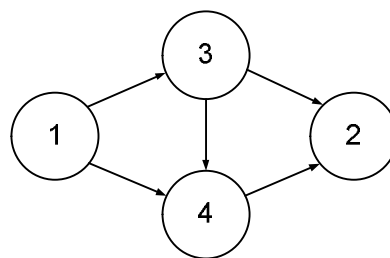


Рисунок 3

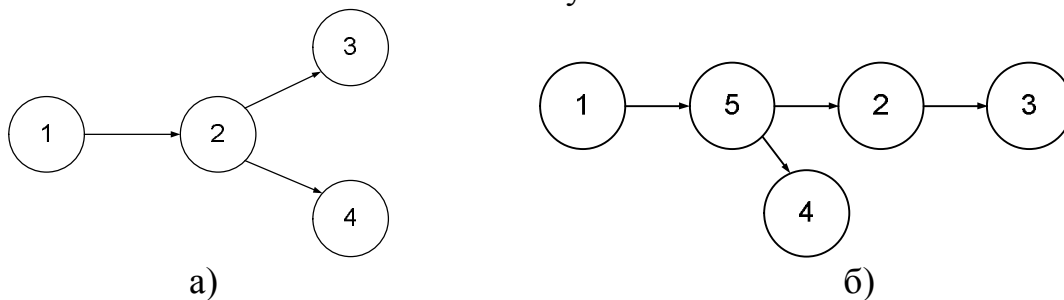


Рисунок 4

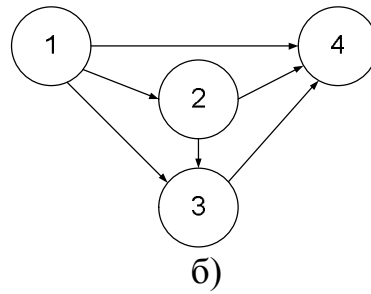
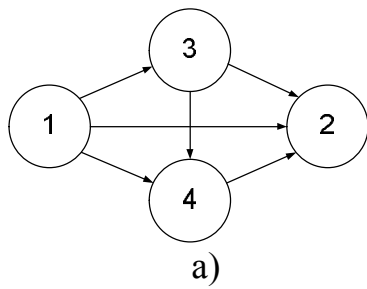


Рисунок 5

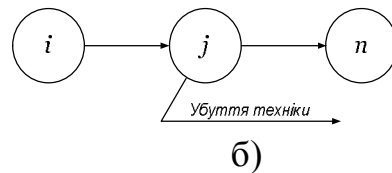
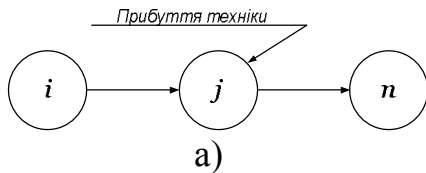


Рисунок 6

2. Усі 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 (рисунок 3).

Якщо деякі роботи (наприклад, робота 2–4 на рисунку 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, б)

5. При побудові мережевого графіка необхідно уникати взаємного перетину стрілок (рисунок 5, а). Правильне зображення мережі показане на рисунку 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 (рисунок 6, а)

Якщо після настання якої-небудь події результати виконання завдання передаються іншому відповідальному виконавцеві, то на мережевому графіку це зображується виводом (рисунок 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 1 – Логіка виконання робіт

$j \backslash i$	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 іншої. Такі роботи можуть виконуватися тільки послідовно. Якщо ж початок однієї роботи не пов'язаний із закінченням іншої, то такі роботи є *незалежними* і можуть виконуватися як послідовно, так і паралельно (одночасно).

Взаємозалежність між роботами доцільно представити у вигляді матриці (табл.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.

## 2 РОЗРАХУВАННЯ ТА 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 7 і 8. Розділимо кожен кружок, що зображає подію, на чотири сектори, в яких запишемо розрахункові величини.

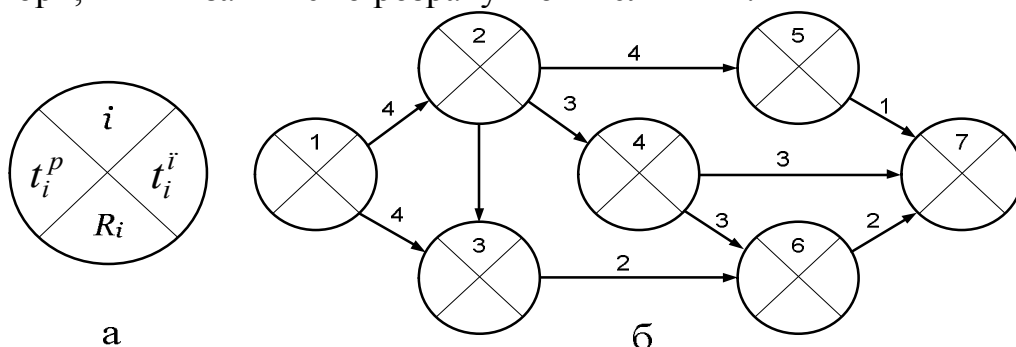


Рисунок 7 – Мережевий графік

На рисунку 7, а наведено одну 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 7.

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  $t_i^p = 0$ . 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.

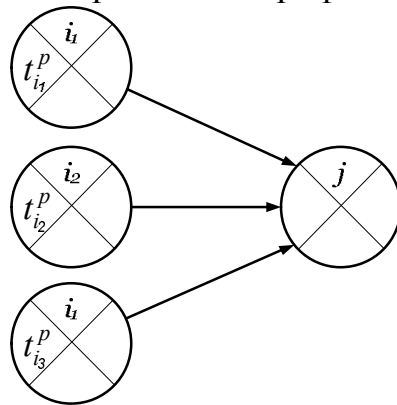


Рисунок 8 – Елемент мережі

Таким чином, якщо до події  $j$  мережі підходить декілька робіт (рис.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 (рисунок 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.9). Ранній термін настання заключної події визначає тривалість виконання всіх робіт мережі.

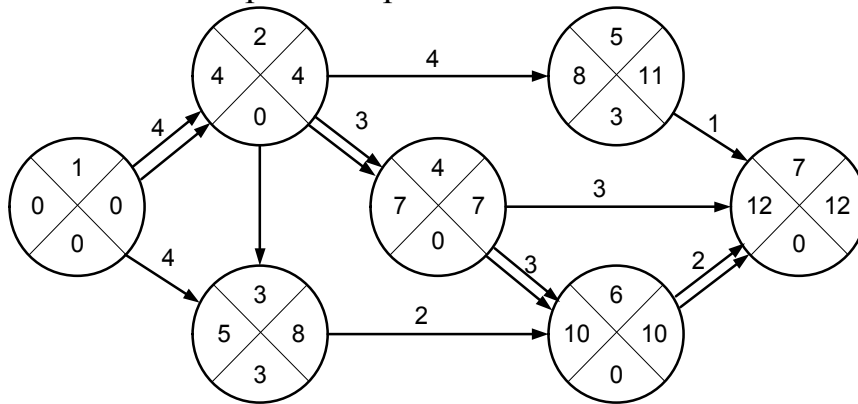


Рисунок 9 – Результати розрахунку мережі

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 так

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

Наприклад, для події 5 (рис рисунок 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 рисунок 10), то пізній термін звершення  $i$ -ої події визначається за формулою

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

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  $t_i^n$ .

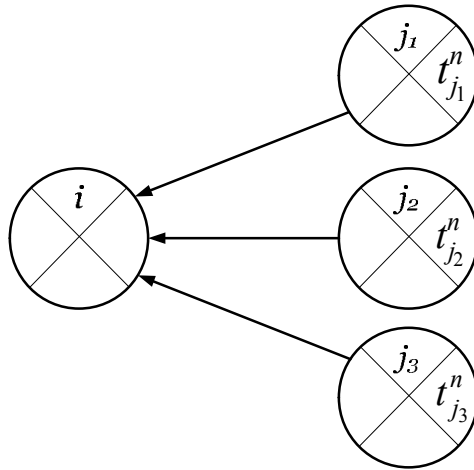


Рисунок 10 – Елемент мережі

Наприклад, пізній термін звершення події 2 при відомих пізніх термінах звершення подій 3, 4, 5 (рисунок 9) відповідно до формули (4) визначиться так

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

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)

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

– найпізніший з допустимих термін початку роботи (пізній початок)

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

– 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 (рисунок 10) маємо:

– ранній початок

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

– пізній початок

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

– 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.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 рис.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.10) повний резерв

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

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

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

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

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

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  $j$ .

### 3 РОЗРАХУВАННЯ ТА АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖЕВОГО ГРАФІКА ПРИ ДЕТЕРМІНОВАНОМУ ЧАСІ ВИКОНАННЯ РОБІТ

За результатами аналізу комплексу заходів по евакуації було побудовано мережевий графік (рисунок 11), який відображає порядок виконання дій направлених на досягнення головної мети. Експертним шляхом визначено тривалість виконання кожного заходу  $t_{i,j}$ .

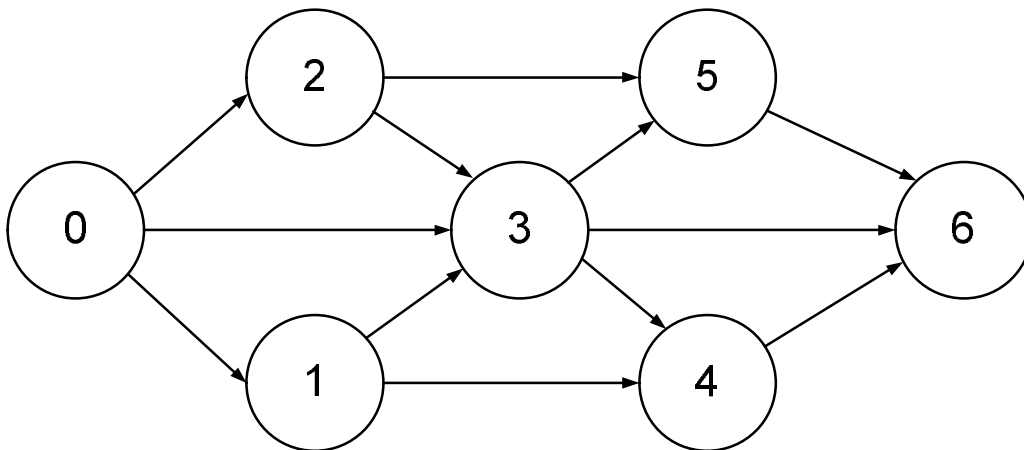


Рисунок 11 – Мережевий графік

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

Таблиця 2 – Час тривалості робіт

Номер варіанта	$t_{0,1}$	$t_{0,2}$	$t_{0,3}$	$t_{1,3}$	$t_{2,3}$	$t_{1,4}$	$t_{3,4}$	$t_{2,5}$	$t_{3,5}$	$t_{3,6}$	$t_{4,6}$	$t_{5,6}$
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
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 ПРИКЛАД РОЗРАХУВАННЯ МЕРЕЖЕВОГО ГРАФІКА

Початкові дані тривалості робіт представлено у таблиці 3

Таблиця 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 графіка

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)  $t_{i,j}^{p.H}$ ; найпізніший з припустимих термін початку роботи (пізніший початок)  $t_{i,j}^{n.H}$ ; 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 12. розділивши кожне коло, що зображає подію, на чотири сектори, в які будемо заносити розрахункові величини.

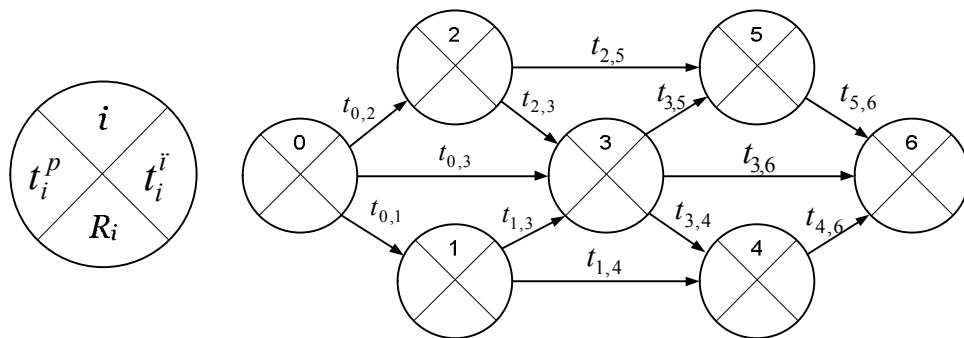


Рисунок 12 – Форма заповнення розрахункових характеристик

На рисунку 12 наведено форму 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 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 так:

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

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

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

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 за формулою:

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

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  $t_i^n$ .

Розрахування резерву часу  $R_i$  події  $i$  визначимо як різницю між пізнім і раннім терміном звершення цієї 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. 13).

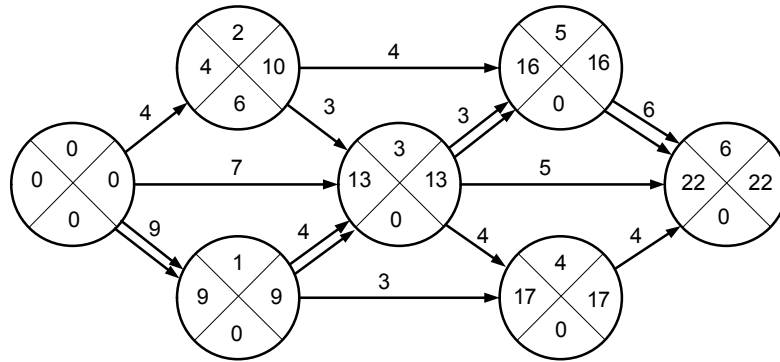


Рисунок 13 – Розраховані характеристики мережі

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 розрахунків занесемо в таблицю 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 за формулою:

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

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 розрахунків занесемо в таблицю 4.

Таблиця 4 – Розрахункові значення характеристик мережі

№ з/п	$t_{i,j}$	$t_{i,j}^{n,n} = t_j^n - t_{i,j}$	$t_{i,j}^{p,0} = t_i^p + t_{i,j}$	$t_{i,j}^{n,o} = t_j^n$	$R_{i,j} = t_j^n - t_i^p - t_{i,j}$	$r_{i,j} = t_j^p - t_i^p - t_{i,j}$
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

## 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. [Електронний ресурс]. Наказ МВС України від 10.07.2017 № 579. – 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 [Електронний ресурс]. Наказ МНС України від 07.09.2010 № 761. – Режим доступу : <http://consultant.parus.ua/?doc=0776R195E9>. – (дата звернення 10.09. 2018). – Назва з екрана.

## ДОДАТОК А

Приклад оформлення титульного листа контрольної роботи

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

Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності

КОНТРОЛЬНА РОБОТА  
з дисципліни «Організація евакуаційних заходів  
та життєзабезпечення евакуйованих»

Варіант №XX

Виконав студент групи  
ОПР 2017-1

\_\_\_\_\_ Дейнего А.С. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірив:

\_\_\_\_\_ Рогозін А.С. \_\_\_\_\_  
( прізвище, ім'я, по батькові)

Харків – 2018

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
до виконання контрольної роботи  
з навчальної дисципліни

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

*(для студентів заочної форми навчання  
зі 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. 229 М

---

Підп. до друку 05.04.2018. Формат 60 × 84/16.  
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 0,88.  
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.