

УДК 69.05(075.8)

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ СІТКОВОГО ГРАФІКА СУМІЩЕНОГО МОНТАЖУ КОНСТРУКЦІЙ І ТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ЕЛЕКТРОДЕПО “ХАРЬКІВСЬКЕ” В МАСШТАБІ ЧАСУ ТА ЙОГО ОПТИМІЗАЦІЯ

д. е. н. проф. Зельцер Р.Я., д. т. н. проф. Лівінський О.М.,*
аспірант Лучинський С.А.,* доц. т. н. Ровенчак Т.Г.,**
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури*
Вінницький Національно Технічний Університет***

В статті проаналізовані проблеми, пов'язані з суміщенням монтажем конструкцій і технологічного устаткування при будівництві електродепо “Харківське” на основі сіткового графіку в масштабі часу та його оптимізація.

Ключові слова: сітковий графік (СГ), лінійний графік, тривалість роботи, трудові ресурси, суміщення технологічних процесів, додаткові ресурси, проектні рішення, потокова організація праці.

Постановка проблеми: на протязі багатьох років будівництво об'єктів здійснюється потоковими методами, які є прогресивними методами організації будівельного виробництва. Сутність потокового методу полягає в організації послідовного безперервної ритмічного виробництва будівельних робіт, що дає можливість ефективно використовувати матеріальні та трудові ресурси. При потоковому монтажі будівельних конструкцій значний ефект досягається за рахунок суміщення з ним одночасного процесу монтажу технологічного устаткування. Для цього необхідно розробити методи (методику) побудови сіткового графіку для суміщення цих двох процесів.

Не дивлячись на всі досягнені успіхи в застосуванні поточкових методів монтажу конструкцій, ще не розроблені сіткові методи (графіки) суміщеного монтажу конструкцій і технологічного устаткування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: аналіз і виявлення літературних джерел і інтернет-ресурсів авторів, що дослідження з цієї проблеми проводиться в другій половині ХХ ст., а за останні 10-ть років інформації з цієї проблеми не має.

Метою дослідження: є спроба рішення задачі будівельного виробництва на основі розробки і застосування методики побудови сіткового графіка суміщеного монтажу конструкцій і технологічного устаткування.

Основний матеріал дослідження: для розрахунку параметрів сітковий графік (СГ) будується у вигляді масштабної моделі. Але після розрахунку виникає потреба подати його в більш наглядній і звичній формі доступній для використання на будь-якому рівні управління, тобто в масштабі часу.

Такий графік легко коректувати і зручно зробити виборку переліку робіт по ділянкам.

Переведення безмасштабного графіка в масштабний може бути виконано або при збереженні сіткової моделі побудови графіка шляхом перекреслення його в масштабі часу після розрахунку, або ж переведенням СГ в лінійний графік (лінійну діаграму) (рис. 1).

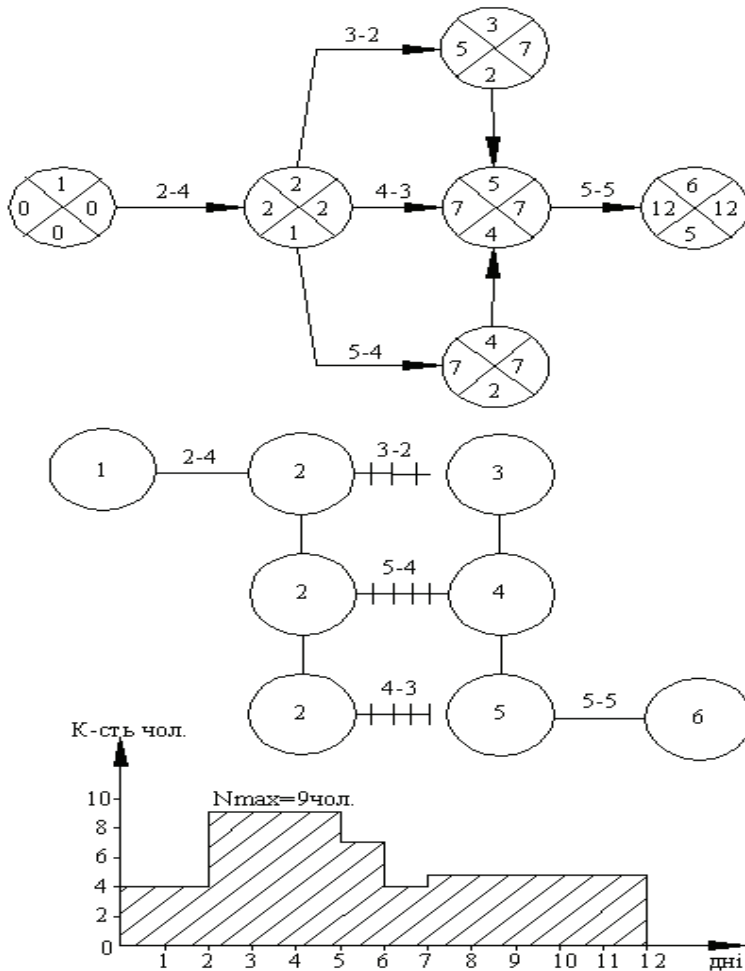


Рис. 1. Схема побудови сіткового графіка в масштабі часу.

Тривалість роботи визначають горизонтальною проекцією стрілки робіт, а шлях – їх сумою.

Масштабний графік завжди будують по раннім термінам, а інколи по пізнім, здійснення подій.

В першому випадку величина проекції на вісь часу стрілки, що з'єднує дві події, дорівнює сумі тривалості відповідної роботи і її часткового резерву, в другому випадку – сумі тривалості відповідної роботи і частині її загального

резервного часу, що залишився після використання загальних резервів часу на всіх попередніх роботах.

Побудову СГ бажано розпочинати із занесенням критичних робіт, дійсна тривалість яких визначає термін виконання програми.

Прив'язку подій до встановлених термінів здійснюється шляхом проставлення дати біля кожної події.

Масштабний СГ зручний для контролю за ходом робіт, оскільки, дозволяє швидко знаходити роботи, які виконуються з обумовлений період, встановлювати їх випередження чи відставання в разі необхідності перерозподіляти ресурси.

Розрахунок СГ проводять, виходячи із припущення, що кожна робота забезпечена всіма необхідними ресурсами.

В дійсності ж ресурси обмежені. Відсутність тих чи інших ресурсів приводиться до зміни послідовності робіт.

Необхідність коректування сіткового графіка, коли вже після складання і розрахунку виявляється, що тривалість робіт, по графіку не відповідає завданню:

- для виконання робіт в заплановані строки не вистачає робочої сили, матеріалів і ін. ресурсів;

- або те і інше разом, тобто він не завжди відповідає заданим термінам і можливостям організації виробництва, тому складений графік підлягає коректуванню (оптимізації) із урахуванням існуючих обмежень.

На практиці СГ спочатку коректують за часом, а вже потім за ресурсами.

В загальному вигляді оптимізація СГ виконується за часом:

- перерозподіл трудових ресурсів;
- суміщення технологічних процесів;
- залучення додаткових ресурсів.

Перерозподіл трудових ресурсів – це перерозподілення бригад (ланок, робочих), зайнятих на роботах, що мають резерви часу, на роботи, що не мають таких резервів, тобто критичні і пвдкритичні ділянки мережі.

На рис. 2 даний прийом ілюстрований на прикладі будівництва електродепо “Харківське” в м. Києві з одночасним введенням центрального теплового пункту (ЦТП). Скорочення тривалості критичного шляху з 104 до 83 днів досягнуто переденням однієї з трьох ланок монтажників з підземної частини будинку на будівництво ЦТП. При цьому підземна частина будинку, де залишилася одна ланка з двох, будуватиметься в два рази довше (30 замість 15 днів). Але збільшення строку будівництва підземної частини будівлі не позначиться на загальній тривалості будівництва електродепо, оскільки робота 0-2 мала резерв часу, рівний 5 днів. Будівельна частина ЦТП, завдяки приходу додаткової ланки робочих, виконуватиме не 63, а всього 32 дні. При цьому критичний шлях переміститься на події 0-1-2-5-6. Новий критичний шлях рівний 83 дням, коротше початкового на 23 дні. (104дн.-83дн.=21дн.)

Суміщення технологічних процесів у часі і розроблення робіт з метою більш швидкого надавання фронту робіт здійснюють для паралельного виконання інших робіт.

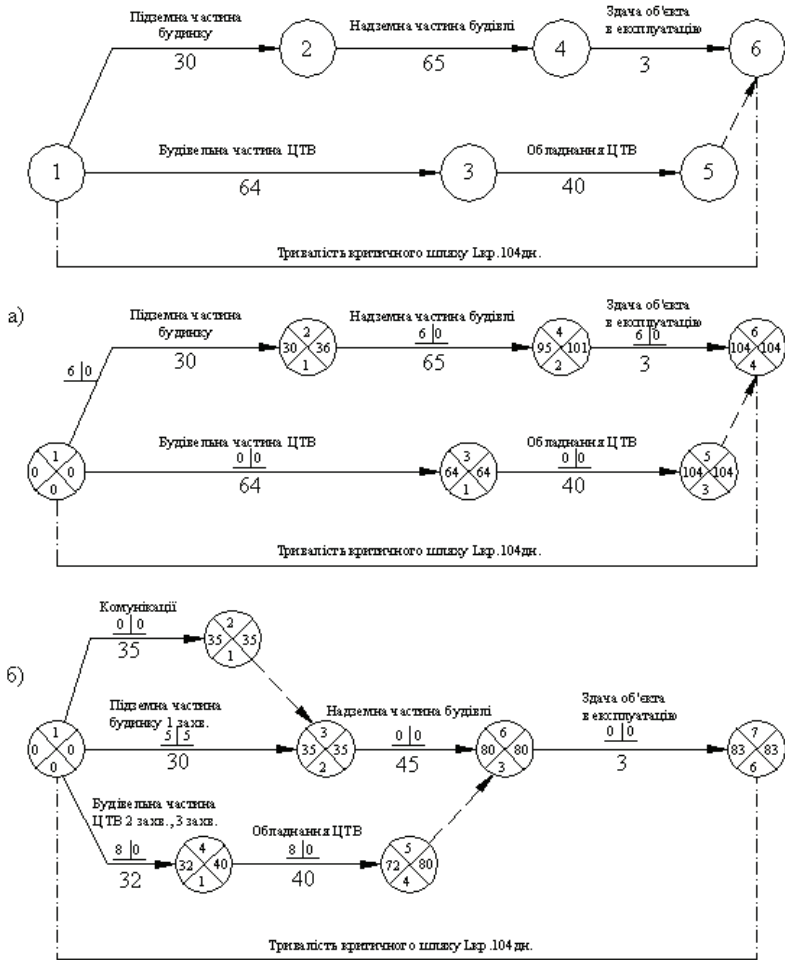


Рис.2 Корегування сіткового графіка шляхом перерозподілу трудових ресурсів
 а) – до корегування; б) – після корегування.

Поєднання технологічних процесів в часі (рис.3). Роботи 1-2 в будівельній частині центрального теплового пункту (ЦТП), яку ведуть 63дн., і роботу 2-4 по участку ЦТП, що виконується за 40дн., в цілях скорочення терміну будівництва розбивають на дві захватки.

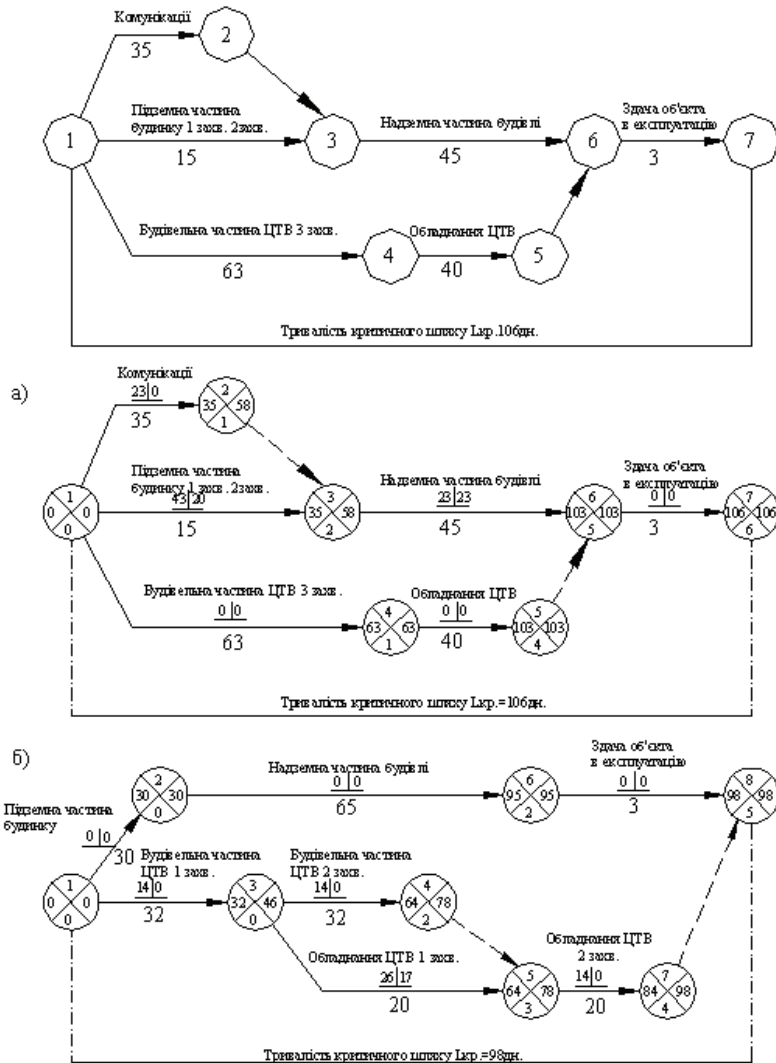


Рис. 3. Корегування сіткового графіка шляхом суміщення технологічних процесів
 а) – до корегування; б) – після корегування.

Будівель частина ЦТП на 1-й захватці в цьому випадку буде працювати 32 дні, після чого на цій захватці почнеться монтаж устаткування. Таким чином, за рахунок поєднання в часі будівельних процесів і монтажу устаткування критичний шлях скорочується на 8 дн. Застосування укрупненої збірки представляє, по суті, той же прийом поєднання процесів в часі.

Залучення додаткових ресурсів для паралельного виконання робіт (рис.4). Роботи по улаштуванню колекторів на ділянках 1 і 2 ведуть послідовно (рис.4,а). Тривалість цих робіт на кожній ділянці складає 32 дні. Критичний шлях проходить по подіях 1-3-5-6-7-8, його тривалість рівна 64 дні. Роботи критичного шляху, що виконуються послідовно, перекладають на паралельне виконання з відповідним перекиданням робочої сили з інших робіт, що мають резерви часу. Критичний шлях в цьому випадку проходить по роботах 1-2-5-6-7 (рис.4,б). Таким чином, тривалість критичного шляху в даному випадку скорочується на 18 дн.

До цих прийомів можна віднести і збільшення змінності із залученням додаткової робочої сили і інших ресурсів.

Зміна проектних рішень найчастіше виражається в заміні монолітних залізобетонних конструкцій на збірні, в підвищенні заводської готовності деталей і матеріалів і в інших заходах, що збільшують рівень індустралізації. Крім того, треба мати на увазі, що на розрахункову тривалість впливає топологія сіткового графіку, зайві або неправильно позначені залежності можуть привести до не виправданого збільшення термінів виконання робіт по графіку. Зміна сіткового графіку в часі обмежена наявними резервами часу на некритичних шляхах. Тому в процесі її корегування сіткового графіку по критерію «час» необхідно перевіряти тривалість решти шляхів, особливо підкритичних.

Ресурси, що використовуються у будівництві бувають:

- невідновлювальні (матеріали, кошти...);
- відновлювальні (робочі, інженерно-технічні працівники (ІТП)).

Корегування по робочій силі спрямоване на вирішення таких завдань:

- виходячи із вимог потокової організації будівництва зберегти постійний склад провідних бригад і забезпечити безперервність їх роботи;
- рівномірно розподілити робочу силу;
- мінімізувати кількість робочої сили в рамках наявних резервів часу, так як кожна БМО, яка має у своєму розпорядженні постійні і обмежені людські ресурси.

Проектування по робочій силі здійснюється трьома способами:

а) перенесення виконання робіт на пізніші терміни вправо в межах резерву часу;

б) збільшенням тривалості роботи в рамках тих же резервів часу із одночасним зменшенням кількості робітників;

в) одночасним використанням перших двох.

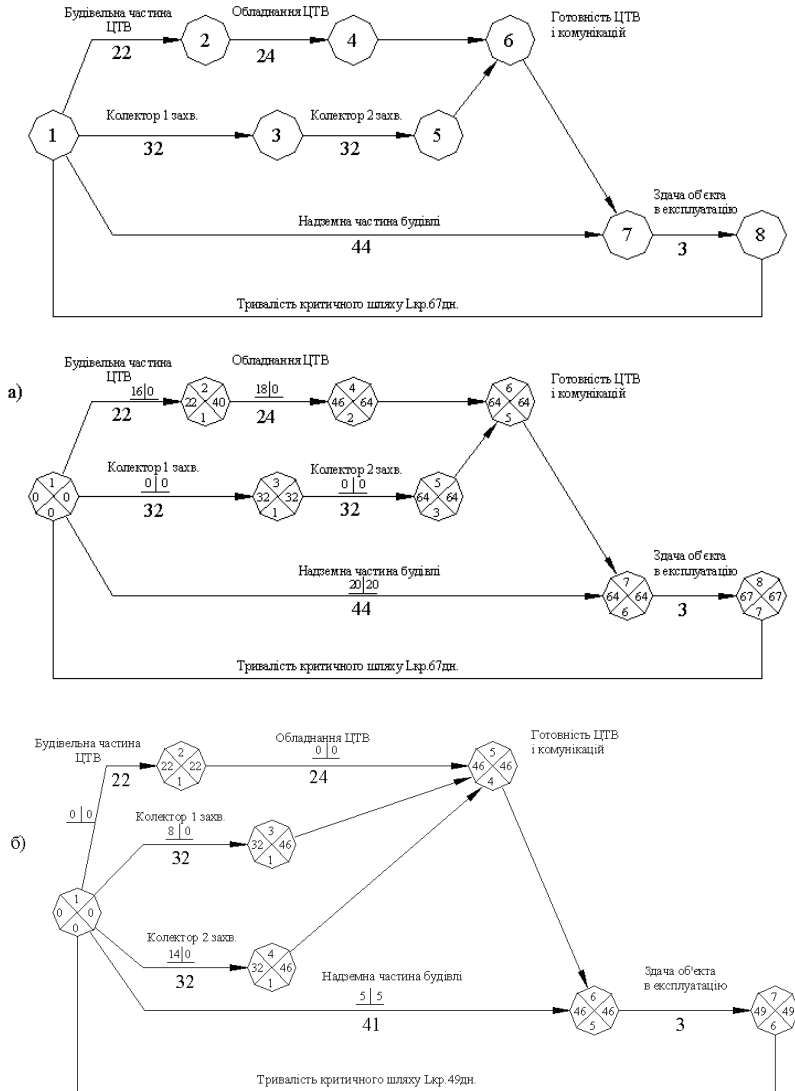


Рис. 4 Корегування сіткового графіка шляхом паралельного виконання робіт із залученням додаткових ресурсів
 а) – до корегування; б) – після корегування

Таким чином, коректування, по людським ресурсам повино завжди виконуватись із врахуванням наявного складу робочих в будівельних організаціях.

Отримавши в результаті виправлення сіткового графіка заданий термін будівництва, слід перевірити забезпеченість плану необхідними ресурсами і раціональність їх розподілу. Коректування за критерієм «ресурси» є надзвичайно складне завдання із-за великої номенклатури ресурсів, що враховуються. У реальному проектуванні поки обмежуються вирішенням завдань з окремими основними ресурсами. Черговість виправлення графіка за окремими видами ресурсів залежить від конкретної ситуації, але найчастіше в будівельній практиці забезпечення введення об'єкту в заданий термін лімітує робоча сила. Тому графік перш за все коректують по робочій силі, а потім за іншими ресурсами.

Розглянемо методи коректування на прикладі розподілу трудових ресурсів. Коректування по трудових ресурсах направлене на вирішення наступних завдань: виходячи з вимог потокової організації будівництва зберегти постійний склад ведущих бригад і забезпечити безперервність їх роботи; рівномірно розподілити робочу силу; мінімізувати кількість робочої сили в межах наявних резервів часу.

На рис.5 показані сітковий графік (СГ) і його варіант, побудований в масштабі часу по ранньому початку роботи. Подвійною лінією позначені некритичні роботи, а одинарною значення загальних R_{i-j} і часткових r_{i-j} резервів часу робіт. У подій дробом показані: у чисельнику – пізній термін звершення події T_i^n , в знаменнику – ранній термін цієї події T_i^p . У дужках у тимчасових оцінках по кожній роботі показана кількість робочих. Величина проєкції стрілки, що сполучає дві події, дорівнює сумі тривалості роботи і його часткового (вільного) резерву часу.

На цих графіках визначають інтервали часу, в яких одночасно і не перериваючись виконується та або інша група робіт. Початок першого інтервалу збігається з початком робіт графіка, а кінець його або із закінченням найкоротшої роботи даної групи, або з початком тієї роботи, яка слідує безпосередньо за початком першої (перших) роботи і графіка. Так само визначають решту всіх тимчасових інтервалів графіка.

Даний сітковий графік розбивають на наступні інтервали (рис.5):

1-й інтервал – 4 дн. (з 1-го по 40-й), у цей період починається і закінчується робота 1-2 і починається робота 1-3;

2-й інтервал – 2 дн. (з 1-го по 6-й), продовжується і закінчується робота 1-3, починаються роботи 2-4 і 2-7, починається і закінчується робота 2-5;

3-й інтервал – 4 дн. (з 7-го по 10-й), закінчується робота 2-4, продовжується робота 2-7, починається робота 3-6, починається і закінчується робота 3-7;

4-й інтервал – 1 дн. (11-й), закінчується робота 3-6, продовжується робота 2-7, починається робота 4-8, 5-8;

5-й інтервал – 1 дн. (12-й), закінчується робота 2-7, продовжуються роботи 4-8 і 5-8, починається робота 6-9;

6-й інтервал – 2 дн. (13-й і 14-й), закінчуються роботи 5-8 і 6-9, починається робота 7-9, продовжується робота 4-8;

7-й інтервал - 2 дн. (15-й і 16-й), продовжується робота 4-8, закінчується робота 7-9;

8-й інтервал – 6 дн. (з 17-го по 22-й), продовжується і закінчується робота 4-8, починається і закінчується робота 8-9.

Після того, як встановлені всі тимчасові інтервали проекту, в кожному інтервалі підсумовуються інтенсивності ресурсів по всіх його роботах. Так, для 1-го інтервалу сумарну інтенсивність ресурсів, визначають сумою інтенсивності робіт 1-2 і 1-3, тобто $10+5=15$.

Для другого інтервалу сумарна інтенсивність ресурсів робіт 1-3, 2-4, 2-5, 2-7 складає $5+6+6+3=20$. Так само визначають сумарну інтенсивність ресурсів робіт в інших інтервалах проекту. Результати підсумовуються по вертикальній осі у відповідному масштабі і показують кількість робочих в кожному інтервалі.

Площа сумарної епюри визначає загальну працемісткість виконання робіт проекту; найбільш висока ділянка епюри – гранична кількість ресурсів, необхідна для виконання робіт за весь період проекту, найбільш низька – мінімальна кількість. На даному графіку максимальна потреба складає 24 робочих і приходить на 13-й і 14-й дні роботи (6-й інтервал), а мінімальна 8 робочих з 17-го по 22-й день (8-й інтервал).

Побудова епюри може здійснюватися і шляхом проектування кожної роботи окремо. В цьому випадку попереднє розбиття на інтервали не проводяться, оскільки вони виходять механічно в ході послідовного проектування робіт на епюрі ресурсів.

Висновки: методика побудови сіткового графіка суміщеного монтажу будівельних конструкцій і технологічного устаткування є одним з основних способів досягнення високих технологічних процесів при спорудженні промислових об'єктів.

Обґрунтованість застосування даної методики буде доведена на практиці при будівництві корпусів електродепо “Харківське” і свою ефективність. Суміщення процесів значно знижує терміни виконання робіт, це у свою чергу позитивно впливає на економічні показники.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Лівінський О.М. Технологія будівельного виробництва. Підручник. – К.: УАН, МП “Леся”, 2011 -212 с.
2. Лівінський О.М., Ушацький С.А., Зельцер Р.Я. та інші. Організація планування та управління в будівництві. Підручник. – К.: УАН, МП “Леся”, 2013 -527 с.
3. Ушацький С.А., Шейко Ю.П., Тригер Г.М., Підручник. – К.: Кондор, 2007. -521с.
4. Дикман Л.Г. Организация и планирование строительного производства М: Стройиздат, 2006 – 559с.

5. Яримчук Б.Н. Організація і планування будівництва:Інтерактивний комплекс навчально – методичного забезпечення. Рівне: НУВГП, 2008 – с.
6. Мельман В.О., Голуб О.І., Молодченко-Серебрякова Т.Г. Тексти лекцій з курсу «Організація будівництва» - Харків: ХНАМГ,2006. – 70с.
7. Варезкин В.А.,Нанасов П.С. Оргниция, планирования и управление проектированием и строительством. Москва: Стойиздат 1980, - 213с.
8. Панкевич О.Д. Організація будівництва/ Вінниця: ВНТУ 2008. – 85с.

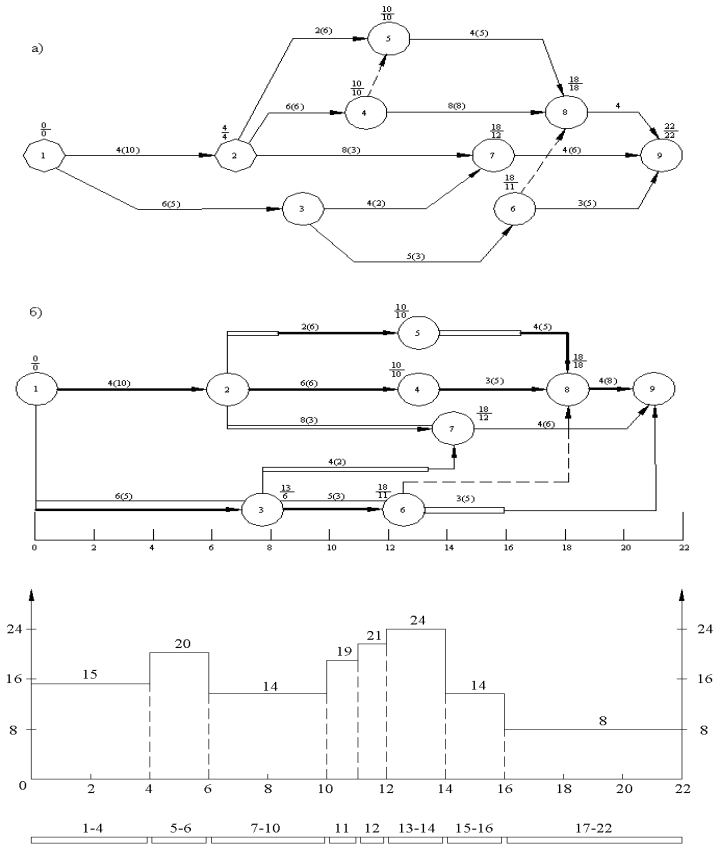


Рис. 5. Схема побудови епюри ресурсу за допомогою масштабного сіткового графіка
 а – сітковий графік, б – сітковий графік в масштабі часу, в – варіант графічного зображення епюри ресурсу.