Львівський державний університет безпеки життєдіяльності ДСНС України

Кафедра прикладної математики і механіки

ТЕМА 4. СІТЬОВЕ ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ.
ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛЕКЦІЙНОГО ЗАНЯТТЯ
З КУРСАНТАМИ ТА СТУДЕНТАМИ 2 *КУРСУ*
З ДИСЦИПЛІНИ СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ТЕОРІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Мета лекції:

Навчальна: вивчити поняття сітьової моделі, комплекс робіт, проект, поняття СПУ, метод СРМ, структурна таблиця, побудова сітьової моделі, критичний шлях, параметри робі та подій, часові графи, граф Ганта, упорядкування сітьового графа.
Виховна: виховання свідомого ставлення до вивчення предмету, самостійності, відповідальності та організованості при підготовці до занять.
Розвиткова: розвиток логічного та абстрактного мислення, розвиток просторової уяви.

План

ТЕМА 4. СІТЬОВЕ ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ..... 1
1. Поняття СПУ. 2
2. Основні елементи СПУ. 2
3. Порядок і правила побудови сітьових графіків. 3
4. Критичний шлях..... 5
5. Параметри подій. 7
6. Побудова часового графіка. 8
Контрольні запитання..... 10
Завдання на самопідготовку. 10

Література

1. *Аршинова О.І., Шевченко А.В.* Системний аналіз. Навч. посібник. – К.: НАУ, 2008. – 128 с.
2. *Роїк О.М., Шиян А.А., Нікіфорова Л.О.* Системний аналіз. Навч. посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 83 с.
3. *Кузик А.Д.* Основи системного аналізу. – Львів: ЛДУ БЖД, 2005. – 100 с.
4. *Кунда Н.Т.* Дослідження операцій у транспортних системах. – К.: Видавничий Дім “Слово”, 2008. – 400 с.
5. *Карагодова О.О., Кігель В.Р., Рожок В.Д.* Дослідження операцій. – К.: Центр учбової літератури, 2007.– 256 с.

Час проведення: 2 години.
Місце проведення: лекційний зал.
Забезпечення заняття: мультимедіа.

1. Поняття СПУ.

Сітьове планування й управління (СПУ) – це сукупність розрахункових методів, організаційних і контрольних заходів щодо планування й управління комплексом робіт за допомогою сітьового графіка (мережевої моделі).

Методики сітьового планування були розроблені наприкінці 50-х років у США. У 1956 р. М. Уолкер та Д. Келли спробували використовувати ЕОМ для складання планів-графіків великих комплексів робіт з модернізації заводів фірми "Дюпон". У результаті був створений раціональний і простий метод опису проекту з використанням ЕОМ. Пізніше метод отримав назву методу критичного шляху - МКШ (або CPM - Critical Path Method).

Паралельно і незалежно у військово-морських силах США був створений метод аналізу й оцінки програм PERT (Program Evaluation and Review Technique). Даний метод був розроблений для реалізації проекту розробки ракетної системи "Поларис", що поєднував близько 3800 основних підрядчиків і включав 60 тис. операцій, роботи велися на території 48 штатів. Використання методу PERT дозволило керівництву програми точно знати, що потрібно робити в кожен момент часу і хто саме повинен це робити, а також імовірність своєчасного завершення окремих операцій. Завдяки розробленому методу проект удалося завершити на два роки раніше запланованого терміну. Незабаром даний метод управління став використовуватися для планування інших проектів збройних сил США.

Великі промислові корпорації почали застосування подібної методики управління практично одночасно з військовими для розробки нових видів продукції і модернізації виробництва. Широке застосування методики сітьового планування та управління отримали в будівництві. Наприклад, для керування проектом спорудження гідроелектростанції на річці Черчілль у Ньюфаундленді (півострів Лабрадор). Вартість проекту склала 950 млн. доларів.

У теперішній час склалися глибокі традиції використання систем управління проектами в багатьох галузях життєдіяльності. Причому, основну частку серед планованих проектів становлять невеликі за розмірами проекти, що складаються з 500-1000 робіт.

2. Основні елементи СПУ.

Чим складніший запланований комплекс робіт (проект), тим складніші задачі оперативного планування, контролю й управління. Застосування сітьових моделей забезпечує продуману детальну організацію робіт, створює умови для ефективного керівництва, дозволяє формувати календарний план комплексу робіт, виявляти резерви часові, трудові, матеріальні, грошові, прогнозувати і попереджати можливі зриви у ході робіт.

Щоб скласти план виконання проекту потрібно описати його за допомогою сітьової моделі (сітьового графіка). Сітьова модель дозволяє формувати календарний план комплексу робіт, виявляти резерви часові, трудові, матеріальні, грошові, прогнозувати і попереджати можливі зриви у ході робіт.

У сітьовій моделі враховуються всі роботи від проектування до реалізації, визначаються найбільш важливі, критичні роботи, від виконання яких залежить термін закінчення проекту. У процесі виконання проекту є можливість корегувати план, забезпечувати безперервність в оперативному плануванні. Існуючі методи аналізу

сітьового графіка дозволяють оцінити ступінь впливу внесених змін на хід здійснення програми, прогнозувати стан робіт на майбутнє. Сітьовий графік точно вказує на роботи, від яких залежить термін виконання програми.

Під **комплексом робіт** або **проектом** ми будемо розуміти будь-яку задачу, для виконання якої необхідно здійснити досить велику кількість різноманітних робіт.

Головними елементами сітьової моделі є **роботи** й **події**.

Роботи поділяються на:

- реальні роботи – роботи, які вимагають затрат часу, праці, ресурсів;
- очікувані роботи – роботи, які вимагають лише затрат часу;
- фіктивні роботи – умовна залежність між іншими роботами.

Подія – це момент часу, коли закінчуються одні роботи та починаються інші.

Події поділяються на:

- вихідні – не мають попередніх робіт;
- проміжні – результат виконання цих робіт дозволяє перейти до виконання інших робіт;
- завершальні – не мають наступних робіт.

В сітьовому графіку дуги – це роботи, що з'єднують певні події – вершини графа. Початок та закінчення будь-якої роботи описується парою подій, які називають початковими та кінцевими подіями для даної роботи.

3. Порядок і правила побудови сітьових графіків.

Сітьові графіки складаються на початковому етапі планування. Спочатку запланований процес розбивається на окремі роботи, складається перелік робіт і подій, визначаються їхні логічні зв'язки і послідовність виконання, роботи закріплюються за відповідальними виконавцями. З їхньою допомогою і за допомогою нормативів, якщо такі існують, оцінюється тривалість кожної роботи.

З метою впорядкування робіт будують **структурну таблицю**. У структурній таблиці для кожної роботи вказується, які роботи їй безпосередньо передують. Прочерк означає, що дана робота може бути розпочата безпосередньо. Для упорядкування всі роботи поділяються на ранги:

- робота 1-го рангу – якщо для її початку не потрібно виконання інших робіт;
- робота 2-го рангу – якщо їй передує одна або декілька робіт 1-го рангу;
- робота k-го рангу якщо їй передує одна або декілька робіт не вище $(k-1)$-го рангу, серед яких є хоча би одна робота $(k-1)$-го рангу.

Після розподілу робіт за рангами роботам присвоюються нові номери, починаючи з робіт 1-го рангу і складають нову впорядковану структурну таблицю, де кожній роботі передують лише роботи з меншим порядковим номером.

На основі впорядкованої структурної таблиці складається (зшивається) сітьовий графік. Після його упорядкування розраховуються параметри подій і робіт, визначаються резерви часу і критичний шлях. На основі побудованого сітьового графіка складається часовий графік реалізації проекту. Основні етапи сітьового планування зображені на рис. 4.1.

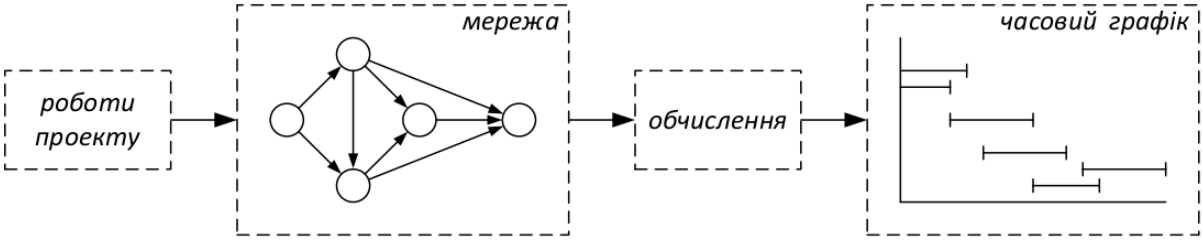
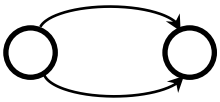


Рис. 4.1.

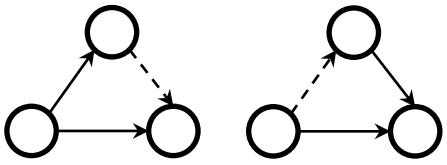
При побудові сітьового графіка необхідно дотримуватись наступних правил:

- довжина дуги не залежить від часу виконання роботи;
- для дійсних робіт використовуються суцільні дуги, а для фіктивних – пунктирні;
- варто уникати перетинання дуг;
- номер початкової події повинен бути меншим номера кінцевої події;
- не повинно бути (рис. 4.2.):
  - кратних дуг;
  - дуг, спрямованих справа наліво;
  - подій, які не мають попередніх подій, крім вихідної;
  - подій, які не мають наступних подій, крім завершальної;
  - циклів.

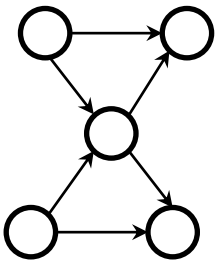
Неправильно
конкуруючі роботи



Правильно
фіктивна подія та робота



декілька вихідних та завершальних робіт



фіктивна вихідна та завершальна події

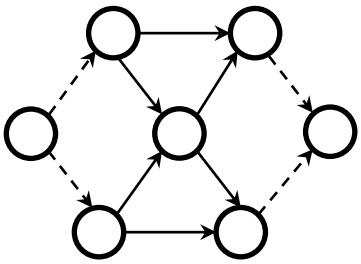


Рис. 4.2.

Приклад 4.1. Автотранспортне підприємство готує бюджет для перевезення додаткового виду товару. В таблиці наведені етапи підготовки бюджету та їх тривалість. Потрібно побудувати сітьову модель.

	Робота	Спирається на роботи	Тривалість роботи
A:	Прогнозування обсягу перевезень	_	10
B:	Вивчення ринку конкуруючих фірм	–	7
C:	Вибір маршруту	A	5
D:	Підготовка плану закупівель необхідної техніки	C	3
E:	Оцінка витрат	D	2
F:	Визначення цінової політики	B, E	1
G:	Підготовка бюджету	E, F	14

Розв'язання.

Відповідно до структурної таблиці отримаємо сітьову модель, зображену на рис. 4.3.

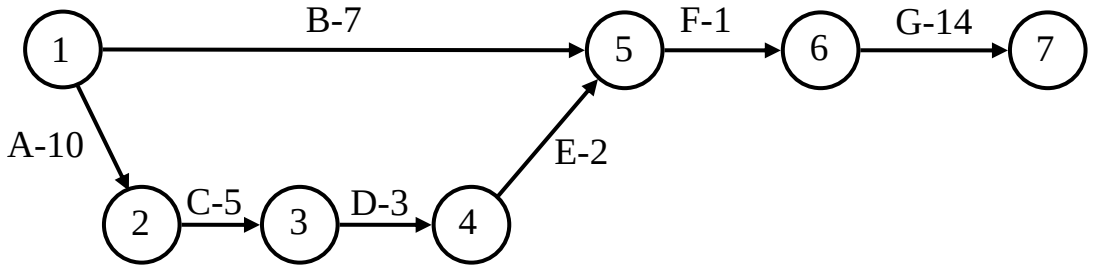


Рис. 4.3.

4. Критичний шлях.

Нехай побудовано сітьовий графік деякого комплексу робіт. Задано час виконання окремих робіт. За який час можна виконати всі роботи?

Для визначення мінімального часу, необхідного для виконання комплексу робіт, потрібно знайти шлях від вихідної події до завершальної із найбільшою тривалістю $L_{кр}$. Такий шлях називають **критичним шляхом**. Роботи та події розташовані на цьому шляху називають **критичними роботами та подіями.** Від тривалості критичних робіт залежить загальний термін закінчення всіх робіт. Скорочення або збільшення термінів виконання критичних робіт відповідно скорочує або збільшує загальний термін виконання всіх робіт.

Роботи, що не лежать на критичному шляху, називають **некритичними.** Некритичні роботи дозволяють деяке запізнення у їх виконанні, яке не призведе до зміни термінів виконання всього проекту.

Для знаходження критичного шляху будемо використовувати алгоритм аналогічний алгоритму Дейкстри.

Крок 0. Позначаємо початкову вершину індексом $\lambda_0 = 0$.

Крок *k*. Позначаємо вершину *k* індексом $\lambda_k = \max_{i<k}(\lambda_i + l_{i,k})$, де $l_{i,k}$ – час виконання роботи (i,k).

Круг, що зображає події, будемо розділяти на три сектори (рис. 4.4.). В нижньому секторі будемо проставляти номер події, в лівому – λ_k.

Приклад 4.2. В результаті аналізу комплексу робіт складено сітьовий графік, який відображає порядок виконання робіт (рис. 4.4.). Потрібно знайти критичний шлях і розрахувати його протяжність за часом.

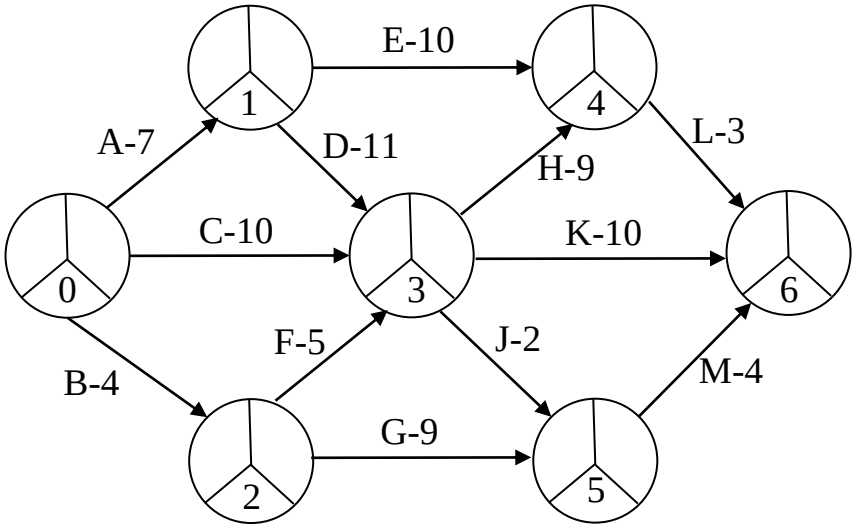


Рис. 4.4.

Розв'язання.

Позначимо нульову вершину індексом $\lambda_0 = 0$. Перша та друга вершини мають по одній вхідній дузі, тому $\lambda_1 = l_{0,1} = 7$, $\lambda_2 = l_{0,2} = 4$. Для решти подій скористаємось формулою

$$\lambda_k = \max_{i<k}(\lambda_i + l_{i,k}).$$

Отримані значення $\lambda_3 = 18$, $\lambda_4 = 27$, $\lambda_5 = 20$, $\lambda_6 = 30$ проставимо в лівому секторі вершин графа (рис.4.5.). Критичний шлях визначимо методом зворотнього ходу. Таким чином, критичним є шлях $0 \to 1 \to 3 \to 4 \to 6$, тривалість його $L_{кр} = 30$, критичні роботи A, D, H, L.

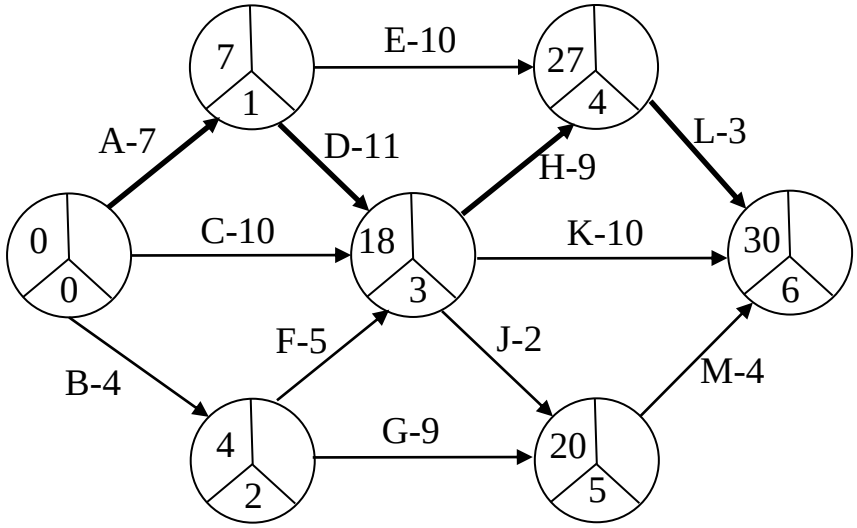


Рис. 4.5.

5. Параметри подій.

Всі події характеризуються раннім терміном настання події $t_p(i)$ та пізнім терміном настання події $t_n(i)$.

Ранній термін настання події визначається величиною максимального шляху, що передує цій події ($t_p(i) = \lambda_i$, проставляється у лівому секторі події).

Пізній термін настання події, при якому запланований термін виконання проекту не міняється обчислюємо за формулою

$$t_n(i) = \min_{j>i}(t_n(j) - l_{i,j}),$$

де *j* – події, наступні за подією *i*. Проставляється у правому секторі події.

Для подій, що лежать на критичному шляху ранні та пізні терміни настання події співпадають.

Резерв часу *i* - ої події $R(i)$ визначається за формулою

$$R(i) = t_n(i) - t_p(i).$$

Резерв часу вказує, на який допустимий період часу можна затримати настання цієї події, не збільшуючи терміну виконання комплексу робіт.

Поняття ранніх та пізніх термінів настання події відіграють важливу роль у процесі виконання проекту. Якщо всі події настають не пізніше термінів $t_n(i)$, то проект виконується нормально. Якщо деяка подія настає пізніше ніж $t_n(i)$, то потрібно застосовувати додаткові міри для прискорення виконання робіт в цій частині проекту.

Приклад 4.3. Для сітьового графіка (рис. 4.5.) знайти пізні терміни настання подій та резерви часу для кожної події.

Розв'язання.

Для обчислення пізніх термінів настання подій $t_n(k)$ користуємось формулою

$$t_n(k) = \min_{j>k}(t_n(j) - l_{k,j}),$$

де j – це події, наступні за подією k. Отримані значення $t_n(6)=30$, $t_n(5)=26$, $t_n(4)=27$, $t_n(3)=18$, $t_n(2)=13$, $t_n(1)=7$, $t_n(0)=0$ проставимо в правому секторі вершин графа (рис. 4.6.).

Визначимо резерви подій. Критичні події не мають запасу часу, для решти робіт маємо $R(2)=13-4=9$, $R(5)=26-20=6$.

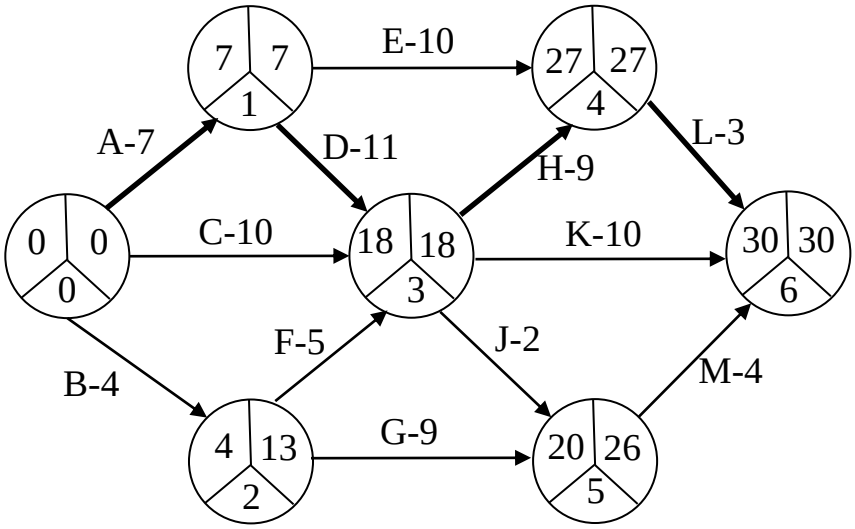


Рис. 4.6.

6. Побудова часового графіка.

Сітьовий графік проекту будується без масштабу часу. Через це сітьовий графік хоч і дає уявлення про порядок виконання робіт, але недостатньо наглядний для визначення робіт, які виконуються в кожен момент часу. Тому, крім сітьового графіка проекту, будують також часовий графік (діаграма Ганта). На осі абсцис відкладається час, на осі ординат – роботи. Критичні роботи будують суцільними лініями послідовно без часових зазорів та перекривань. Таким чином, їх сумарна тривалість дорівнює тривалості виконання всього процесу.

Некритичні роботи зображаються максимальними інтервалами виконання, які перевищують реальну тривалість виконання цих робіт. Некритичні роботи зображаються пунктирними лініями.

Виникає питання, як вибрати час початку виконання некритичних робіт? Зазвичай некритичні роботи починають якомога раніше. В такому випадку залишається запас часу, який можна використати для вирішення проблем, що неочікувано виникли під час виконання роботи. Разом з тим за необхідності можна перенести початок виконання деякої роботи. Припустимо, що для двох некритичних робіт використовується одне і те ж обладнання. Тоді можна виключити часове накладання цих робіт, почавши одну з робіт (якщо це можливо) після завершення іншої. Також, якщо ми починаємо всі роботи як можна раніше, то при цьому може порушуватись черговість виконання робіт.

Побудуємо часовий графік для сітьового графіка, заданого на рис.4.4. Критичні роботи будуємо послідовно одну за одною без часових зазорів та перекривань суцільними лініями (рис.4.7.). Некритичні роботи зображаємо максимальними

інтервалами виконання, які перевищують реальну тривалість виконання цих процесів. Для кожної некритичної роботи вибираємо початок виконання так, щоб або всі роботи починались як раніше, або щоб кількість робіт, що виконуються одночасно, була мінімальною (червоні лінії).

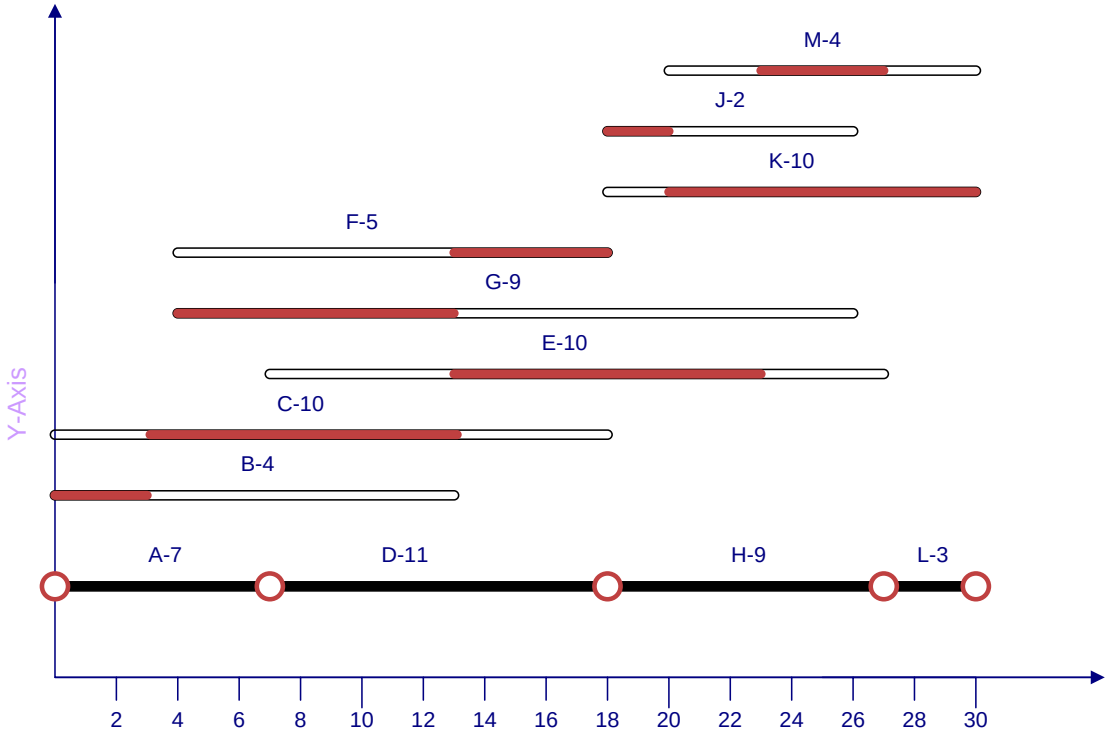


Рис. 4.7.

Контрольні запитання.

1. Що таке сітьове планування управління?
2. Які є основні методики СПУ?
3. Основні елементи СПУ: подія, робота.
4. Особливості побудови сітьового графіка.
5. Правила складання структурної таблиці.
6. Поняття критичного шляху.
7. Алгоритм знаходження критичного шляху у сітьовому графіку.
8. Визначення параметрів подій.
9. Як вибрати час початку некритичної роботи?

Завдання на самопідготовку.

1. Віртуальний університет ЛДУ БЖД [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://virt.ldubgd.edu.ua/
2. Системний аналіз та теорія прийняття рішень [Електронний ресурс] / Чмир Оксана Юріївна. — Режим доступу: http://virt.ldubgd.edu.ua/course/view.php?id=1765

Доцент
кафедри прикладної математики і механіки Оксана Чмир

Лекція обговорена на засіданні
кафедри прикладної математики і механіки
Протокол № від “___” _____ 20__ р.