

DOI: <https://doi.org/10.32836/2521-666X/2020-70-18>
УДК 519.876.3

Ющенко Н.Л.

кандидат економічних наук, доцент,
докторант кафедри автоматизованих систем і
моделювання в економіці,
Хмельницький національний університет

Yushchenko Nadiia

Khmelnytskyi National University

**ОСНОВНИ ТИПИ СІТЬОВИХ МОДЕЛЕЙ У ПЛАНУВАННІ ПРОЄКТІВ
ЗІ СКОРОЧЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У МЕРЕЖАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ
ТА УПРАВЛІННІ НИМИ ЗАДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БІДНОСТІ
ДОМОГОСПОДАРСТВ В УКРАЇНІ**

**MAIN TYPES OF NETWORK MODELS IN PLANNING AND MANAGEMENT
OF PROJECTS TO REDUCE ENERGY LOSSES IN HEAT SUPPLY NETWORKS
IN ORDER TO REDUCE ENERGY POVERTY IN HOUSEHOLDS**

Реформа енергетичних ринків за прикладом ЄС визначається не лише створенням вільного та висококонкурентного середовища, але й потребою держави виконувати свою соціальну функцію із захисту найбільш вразливих споживачів, які з різних причин не здатні забезпечити свої базові енергетичні потреби. Стаття присвячена систематизації і аспектам класифікації, аналізу характеристик і застосувань основних типів сітєвих моделей, зокрема детермінованих моделей з урахуванням часу, сітєвих моделей з урахуванням вартості, моделей з урахуванням ресурсів та ймовірнісних сітєвих моделей. Запропоновано адаптувати їх до практики планування модернізації, реконструкції та заміни технологічного обладнання теплових пунктів і теплових мереж підприємств теплоенергетики та управління ними задля зниження витрат під час виробництва, передачі та розподілення теплової енергії на виконання Енергетичної стратегії України на період до 2035 року, що має позначитися на розмірі тарифів на теплову енергію для населення й запобігати енергетичній бідності у довгостроковій перспективі.

Ключові слова: децентралізація, енергетична бідність, енергоефективність, класифікація, методи й моделі управління проєктами, сітєва модель, теплопостачання.

Реформа энергетических рынков по примеру ЕС определяется не только созданием свободной и высококонкурентной среды, но и потребностью государства выполнять свою социальную функцию по защите наиболее уязвимых потребителей, которые по разным причинам не способны обеспечить свои базовые энергетические потребности. Статья посвящена систематизации и аспектам классификации, анализу характеристик и применений основных типов сетевых моделей, в частности детерминированных моделей с учетом времени, сетевых моделей с учетом стоимости, моделей с учетом ресурсов и вероятностных сетевых моделей. Предложено адаптировать их к практике планирования модернизации, реконструкции и замены технологического оборудования тепловых пунктов и тепловых сетей предприятий теплоэнергетики и управления ими с целью снижения затрат при производстве, передаче и распределении тепловой энергии на выполнение Энергетической стратегии Украины на период до 2035 року, что должно отразиться на размере тарифов на тепловую энергию для населения и предотвратить энергетическую бедность в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: децентрализация, энергетическая бедность, энергоэффективность, классификация, методы и модели управления проектами, сетевая модель, теплоснабжение.

The reform of energy markets, following the example of the European Union, is determined not only by the creation of a free and highly competitive environment, but also by the state's need to fulfill its social function of protecting the most vulnerable consumers who, for various reasons, are unable to meet their basic energy needs. The lack of a long-term national strategy for the preservation and development of the district heating system in Ukraine, including its tariff, technical, financial and legislative aspects, led to its degradation. Depreciation of trunk and distribution networks reaches 70% of their total length. The average losses in such networks, determined by calculation, are 19%, in contrast to 13% stipulated by the norms. Capital costs for their modernization are quite large, and the payback period is at least 15 years and therefore the replacement of pipelines is an unattractive project for investors, and the municipalities do not have sufficient financial resources. The implementation of complex projects for the modernization of heat sources (self-sustaining projects) and heating networks (infrastructure projects) will allow attracting funds for the modernization of heating networks and economic and mathematical tools for recording time, cost and resources in the practice of planning and managing such projects is important. The article is devoted to the systematization and aspects of classification, analysis of the characteristics and applications of the main types of network models: deterministic models taking into account the time factor; network models taking into account the cost, models taking into account resources, as well as probabilistic network models. It is proposed to adapt them to the practice of planning and managing the modernization, reconstruction and replacement of technological equipment of heat points and heating networks of heat power enterprises in order to reduce costs in the production, transmission and distribution of heat energy for the implementation of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035, which should affect the size heat tariffs for the population and prevent energy poverty in the long term.

Key words: decentralization, energy poverty, energy efficiency, classification, project management methods and models, network model, heat supply.

Постановка проблеми. За останні 30 років країнами Євросоюзу, що використовують системи централізованого теплопостачання, в їх модернізацію вкладено більше €80 млрд., вуглеводневе паливо послідовно витісняється сміттям, біопаливом, скидним теплом, набула розвитку когенерація, теплові мережі переведені на попередньо ізольовані трубопроводи, поширені пластикові трубопровідні мережі.

В Україні, на відміну від країн ЄС, у 1990–2020 рр. не було необхідних інвестицій у модернізацію систем централізованого теплопостачання. Особливо сильно зношені теплофікаційні ТЕЦ та теплові мережі, втрати теплової енергії у джерелах і мережах України найбільші в Європі [1]. Деградація систем централізованого теплопостачання (СЦТ) в Україні обумовлена недосконалою політикою держави в цьому секторі, відсутністю довгострокової національної стратегії збереження й розвитку СЦТ, включаючи її тарифні, технічні, фінансові та законодавчі аспекти. Держава фактично переклала роботу з розвитку старіючих СЦТ на міські адміністрації. Сьогодні ця проблема потребує вирішення, оскільки низька енергоефективність збільшує попит на енергетичні ресурси, що прямо впливає на рівень енергетичної бідності, що формує хвилеподібне настання інших негативних наслідків (рис. 1) [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковий доробок І. Іваницького, З. Кадюка, Я. Сибаль [3], В. Сохань [4], П. Лазановського [5] та інших дослідників присвячений застосуванню методу планування мереж та управління ними в різних видах економіч-

ної діяльності. Проте є практично значущим і потребує розроблення завдання моделювання на базі теорії графів та аналізу мереж системи централізованого теплопостачання в Україні задля зниження рівня втрат енергоресурсів в мережах постачання та підвищення ефективності кінцевого енергоспоживання.

Мета статті полягає у систематизації та аналізі основних типів сіткових моделей планування й управління, які актуальні в регулюванні ресурсів і витрат під час модернізації систем централізованого теплопостачання, зокрема міських тепломереж територіальних громад в умовах реформи децентралізації в Україні.

Виклад основного матеріалу. Проблема енергетичної бідності («energy poverty»), незважаючи на те, що відповідне поняття не має визначеної кваліфікації у правовому полі ЄС, присутня у кожній країні-члені. Дослідники аналітичного центру «INSIGHT_E» визначають енергетичну бідність як «комплекс умов, за яких фізичні особи або домогосподарства не в змозі обігрівати або забезпечити інші енергетичні послуги у своїх будинках за доступною ціною» [6].

Більш детальна кваліфікація може визначити енергетичну бідність як неспроможність реалізувати базові можливості внаслідок прямого або опосередкованого недостатнього доступу до енергетичних послуг з урахуванням доступних альтернативних засобів реалізації цих можливостей [7]. До того ж на практиці кваліфікація стану енергетичної бідності у країнах-членах ЄС (формально чи, як у Франції, неформаль-

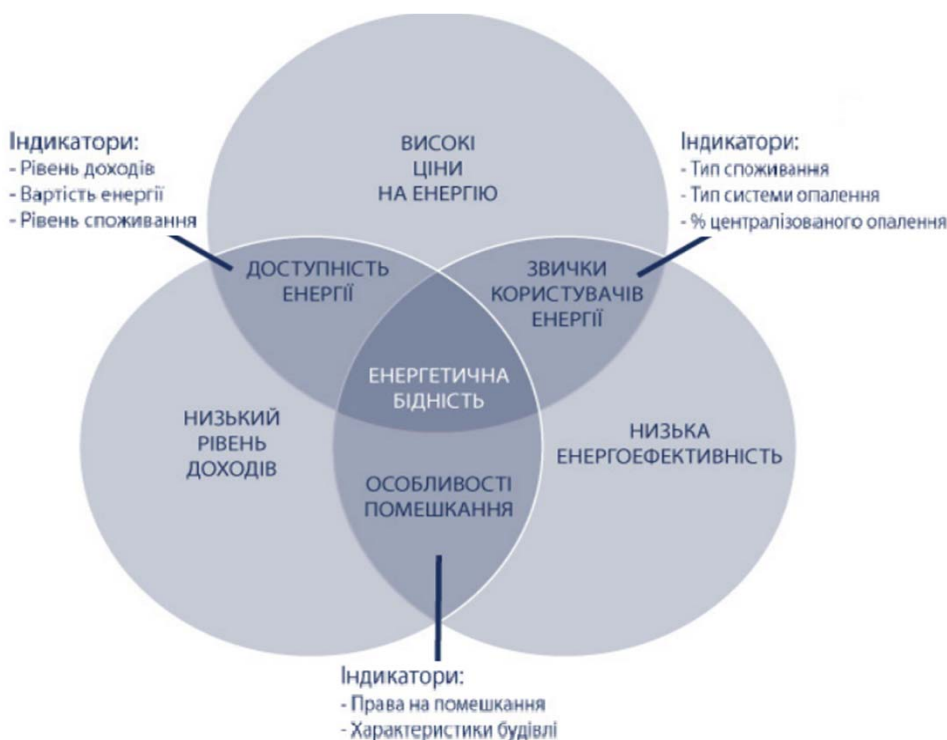


Рис. 1. Фактори енергетичної бідності та їх взаємозалежність

Джерело: *Energy Poverty and Vulnerable Consumers in the Energy Sector Across the EU: Analysis of Policies and Measures*

но), включає оцінку частки сукупного доходу домогосподарства або особи, що витрачається на енергоносії. Розмір такої частки може бути оціночним («істотний», “substantial”), або у деяких випадках він визначається на рівні 10% [8]. На підставі цих загальних визначень можна виділити пов’язані, але все ж таки самостійні проблеми, такі як власне енергетична бідність та бідність як така, або невідповідність між доходами особи або домогосподарства та витрат на забезпечення принаймні мінімального рівня якості життя.

В Україні поняття енергетичної бідності так само не є формалізованим і сталим, однак саме явище, на жаль, від цього не менш нагальне, адже чисельність населення (рис. 2), як і доходи (рис. 3), знижуються. Дієвим визначенням для енергетичної бідності в реаліях України варто вважати критерій, за якого приймається рішення про надання або відмову у наданні

субсидій, а саме перевищення витрат домогосподарства на житлово-комунальні послуги у межі 15% сукупних доходів [9]. Численні соціологічні опитування засвідчують, що оплата комунальних платежів, включаючи послуги з центрального опалення, є істотною проблемою для більшості населення країни, а отримувачі субсидій на оплату житлово-комунальних послуг на початок 2019 р. склали приголомшливі 65% домогосподарств, у грудні 2019 р. субсидію отримували 3 283,6 тис. домогосподарств (рис. 4), у вересні 2020 р. – 2 937,19 тис. [10].

За перше півріччя 2020 р. добробут українців знизився на 9% у доларовому вираженні. Про це йдеться в доповіді [14] про багатство у світі швейцарського банку «Credit Suisse», який для оцінювання добробуту домогосподарств враховує капіталізацію фондового ринку, ціни на житло, валютні курси та зміни ВВП.

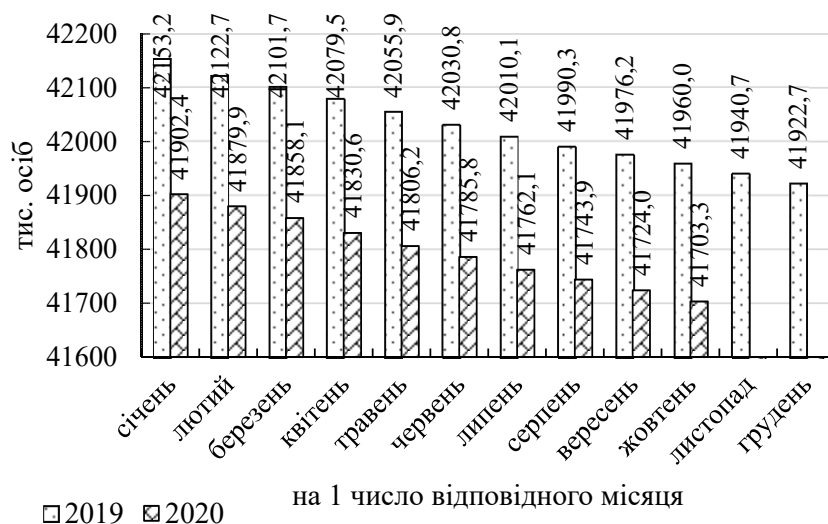


Рис. 2. Чисельність наявного населення (за оцінкою)

Джерело: побудовано автором за даними джерела [11]

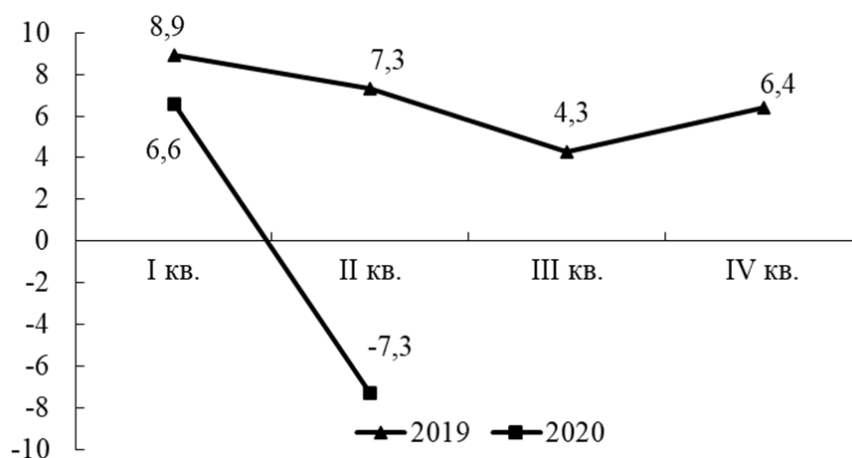


Рис. 3. Зміна реального наявного доходу (% до відповідного кварталу попереднього року)

Джерело: [12]

За даними МВФ річний дохід на душу населення в Україні становить \$3 424. У системі отримання житлових субсидій в Україні є понад 2,5 млн. домогосподарств. У проєкті державного бюджету на 2021 р. Кабінет Міністрів заклав видатки на субсидії суму 36,6 млрд. грн., що на 6,9%, або на 2,7 млрд. грн., менше, ніж у 2020 р. (39,3 млрд. грн.) [15].

«Незважаючи на схожість із домогосподарствами в інших країнах Східної та Центральної Європи, в Україні більша кількість (на душу населення) людей, які страждають від енергетичної бідності. Українські домогосподарства також витрачають більшу частину своїх доходів на оплату енергії, ніж домогосподарства у більшості європейських країн», – йдеться у загальнонаціональному дослідженні енергоспоживання, проведеному за підтримки Проєкту енергетичної безпеки USAID [16].

Завершення процесів децентралізації та реформ самоврядування в Україні, практична реалізація принципу повсюдності місцевого самоврядування покладуть на лідерів громад інший рівень відповідальності за розвиток: територіальні громади мають перетворитись із об'єкта управління на суб'єкт управління й самостійно забезпечувати свою спроможність [17, с. 2], зокрема щодо вжиття заходів зі збільшення ефективності систем теплопостачання міст України та зменшення втраг енергоносіїв, заміни зношених теплотрас. Розвиток України залежить від можливості та зацікавленості громад займатися місцевим розвитком. Місцеві влади мають глибоко розуміти особливості динаміки місцевого економічного розвитку, володіти необхідними знаннями, інформацією [18], навичками та досвідом, щоб забезпечити більшу конкурентоспроможність своїх громад у складному світі нових реалій. Вони не можуть сьогодні чекати рішень «згори», а повинні самостійно вирішувати свої питання місцевого розвитку, якими є створення нових робочих місць, збільшення зайнятості населення, залучення інвестицій, зростання доходів місцевих бюджетів, підвищення якості життя, розвиток благоустрою та інфраструктури.

Адаптація методів теорії графів та детермінованих і ймовірнісних мережевих моделей з урахуванням часу, вартості й ресурсів [19] до практики планування модернізації, реконструкції та заміни технологічного обладнання теплових пунктів і теплових мереж підприємств теплоенергетики України та управління ними дасть змогу планувати роботу над проєктом і передбачати можливі джерела труднощів та затримки виконання його у строк, встановлювати ймовірнісні нормативи часу в умовах невизначеності; регулювати споживання ресурсів; планувати завершення робіт у потрібні терміни згідно з необхідною послідовністю виконання завдань задля якнайшвидшої реалізації проєкту; координувати та контролювати виконання робіт для дотримання календарного графіку й завершення проєкту в строк.

В практиці планування й управління найбільш поширені детерміновані моделі з урахуванням часу, вартості і ресурсів. В цих моделях всі характеристики робіт є фіксованими та достатньо точними.

Найпростішою серед детермінованих моделей з урахуванням часу є одноцільова детермінована з урахуванням часу (в російськомовних джерелах – модель ПДВ («простейшая детерминированная временная»)). Одноцільова детермінована модель з урахуванням часу містить таку інформацію:

- 1) мережа містить по одній початковій (первинній) та завершальній події;
- 2) тривалості t_{ij} всіх робіт задані як детерміновані невід'ємні величини (для фіктивних робіт $t_{ij} = 0$);
- 3) відомі момент початку виконання комплексу та нормативний строк завершальної події.

Аналіз моделі ПДВ дає змогу визначити моменти початку t_{ij}^n і закінчення t_{ij}^k кожної роботи $i-j$, а також момент T_i настання кожної події (дорівнює максимальному значенню t_{ki}^k серед усіх робіт, що входять в подію i).

Модель ПДВ записується у вигляді такої системи нерівностей:

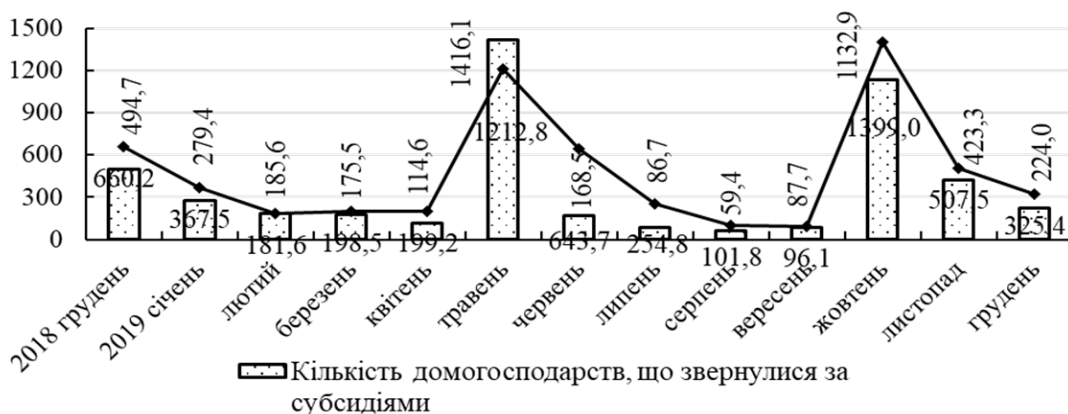


Рис. 4. Надання населенню України субсидій на оплату житлово-комунальних послуг (у звітному місяці, тис. домогосподарств)

Джерело: [13]

$$\begin{cases} t_{kl}^n \geq t_{ij}^k & (\text{робота } i - j \text{ виконується перед роботою } k - l); \\ t_{ij}^k \geq t_{ij}^n + t_{ij}; \\ T_j \geq T_i + t_{ij}; \\ t_{ij}^n \geq T_i; \\ t_{ij}^k \leq T_j. \end{cases}$$

Кожна така нерівність складається для всіх робіт. Якщо задано момент початку виконання комплексу T_0 і нормативний строк завершення його ($T_{дир}$), то включаються ще такі обмеження:

$$t_{ij}^n \geq T_0; t_{ij}^k \leq T_{дир}; T_i \geq T_0; T_i \leq T_{дир}.$$

Таку систему обмежень моделі ПДВ можна використовувати для визначення критичного часу $T_{кр}$, т. б. задача зводиться до мінімізації часу настання завершальної події $T_{в}$.

Більш складною є багатоцільова детермінована модель з урахуванням часу (ДВ). На відміну від моделі ПДВ, ця модель відображає моменти настання всіх вихідних подій, а також може містити нормативні терміни для цільових подій та обмеження на моменти настання деяких контрольних подій. У моделі ДВ тривалості робіт також задаються як детерміновані та невід'ємні величини. Існують також інші моделі з урахуванням часу [20].

Сітьова модель може включати інформацію про вартість як окремих робіт, так і комплексу загалом. Найбільш поширені моделі, в яких враховується залежність вартості кожної роботи від її тривалості, т. б. функція «час – вартість». За допомогою таких моделей розв'язуються задачі, в яких необхідно визначити, за яких технологічно допустимих тривалостей усіх робіт час виконання всього комплексу не перевищить заданого $T_{дир}$, а сумарні прямі витрати будуть мінімальними; або прямі витрати на виконання всього комплексу не перевищуватимуть заданої величини $C_{пр}$, а тривалість виконання всього комплексу робіт буде мінімальною.

Функцію «час – вартість» визначають або шляхом аналізу можливих варіантів виконання робіт, або в результаті статистичних досліджень [21].

Як правило, такі залежності мають криволінійний характер. Для практичних розрахунків припускають існування лінійної залежності між часом та вартістю й будують апроксимуючу пряму. При цьому для роботи ij , що розглядається, встановлюють нормальну та аварійну оцінки. Нормальна оцінка відповідає мінімальним витратам C_{ij}^n і нормальному часу виконання роботи t_{ij}^n (застосовуються звичне обладнання, нормальна чисельність робітників, не використовуються понаднормові роботи). Аварійна оцінка розрахована на найменший (екстремний) час t_{ij}^m , необхідний для виконання цієї роботи, за підвищених витрат C_{ij}^m .

За допомогою цих оцінок визначають коефіцієнт вартості прискорення роботи η_{ij} (його також називають «нахил роботи»), що показує збільшення вартості роботи за скорочення її тривалості на одиницю часу:

$$\eta_{ij} = \frac{C_{ij}^n - C_{ij}^m}{t_{ij}^n - t_{ij}^m}.$$

Коефіцієнт η_{ij} використовують під час оптимізації сітьового графіка за методом «вартість – час».

Часові та вартісні оцінки являють собою найбільш загальні та усереднені показники витрачання ресурсів під час виконання робіт. Проте в багатьох задачах СПУ необхідно враховувати дані про конкретні види ресурсів, представлені в натуральному вираженні (кількість виконавців, машин, матеріалів тощо). При цьому на використання ресурсів можуть накладатися різноманітні обмеження, такі як вимога рівномірного споживання, врахування наявних ресурсів, наявність певного графіка поставок.

Задачі врахування й розподілу ресурсів найчастіше виникають під час використання багатосітьових моделей, коли потрібно пов'язати строки виконання робіт, що належать до різних комплексів, і розподілити між ними загальні ресурси. Такі моделі класифікують за двома основними ознаками: залежно від кількості видів ресурсів, що мають бути враховані, і за складністю графіків споживання ресурсів окремими роботами, що враховуються.

Багато задач сітьового планування характеризуються невизначеністю окремих параметрів або елементів комплексу, наприклад неможливо точно передбачити тривалість усіх або частини робіт комплексу. Для розв'язування таких задач показані до використання ймовірнісні сітьові моделі, що містять лише невизначеності типу випадкових величин і подій. Ці моделі класифікують переважно аналогічно до детермінованих. Так, імовірнісна часова модель з детермінованою мережею (ВВ) відрізняється від моделі ДВ тільки тим, що тривалості робіт задані тут як випадкові величини.

Під час аналізу моделі ВВ визначають середні очікувані оцінки часу виконання робіт $t_{оч}$. Щоб розрахувати їх, необхідно визначити три такі часові оцінки:

– песимістична t_{max} , що означає максимальну тривалість роботи за найбільш несприятливого перебігу подій;

– найбільш ймовірна $t_{н.й}$, т. б. тривалість за нормальних, таких, що найчастіше трапляються, умов виконання робіт;

– оптимістична t_{min} , яка відповідає мінімальній тривалості роботи за найбільш сприятливих обставин.

Очікуваний час виконання роботи, який буде використано в сітьовій моделі, розраховується за такою формулою:

$$t_{оч} = \frac{t_{min} + 4t_{н.й} + t_{max}}{6}.$$

Необхідно відзначити, що методи СПУ, що враховують вартість робіт, наявні ресурси та невизначеність їх характеристик являють собою фактично вдосконалені системи СПУ з динамічними моделями, тому побудова сітьових моделей і розрахунок параметрів мережі виконуються переважно однаково для всіх методів, а відмінності полягають у методах оптимізації сітьових графіків.

Висновки. Реформа енергетичних ринків за прикладом ЄС визначається не лише створенням вільного

та висококонкурентного середовища, але й потребою держави виконувати свою соціальну функцію із захисту найбільш вразливих споживачів, які з різних причин не здатні забезпечити свої базові енергетичні потреби.

Стандартна практика заходів, що діють на рівні енергетичних ринків, загалом зводиться до субсидій на оплату рахунків за енергетичні послуги, встановлення певних пільгових тарифів на постачання, подовження тривалості процедури з відключення або повної заборони на відключення від постачання у певних випадках, і вони можуть бути краще таргетовані до специфічних груп населення, які мають відносно вищий ризик енергетичної бідності.

Більш раціональним способом державної допомоги для боротьби з енергетичною бідністю, що, як показує аналіз наявних у країнах-членах ЄС практик, такі довгострокові заходи менш поширені порівняно з легшими в адмініструванні та житті заходів підтримки на рівні рахунків чи пільг, є перевірка їхнього ефекту на довготривалість та сталість. Іншими словами, деякі форми допомоги мають лише короткостроковий ефект (субсидія на часткову оплату рахунків, соціальний тариф), тоді як інші здатні запобігати енергетичній бідності у довгостроковій перспективі (пільгові або безкоштовні заходи з термомодернізації, що включає

енергетичні аудити та професійні консультації з енергозбереження, а також допомога зі встановлення систем з відновлюваних джерел енергії).

У зв'язку з тим, що надійність системи централізованого теплопостачання, особливо трубопроводів, в Україні катастрофічно знижується, заміна неефективного обладнання, розроблення й реалізація відповідних комплексних капіталомістких інвестиційних проєктів, коли йдеться про велику кількість взаємопов'язаних робіт, що мають виконуватись у суворій технологічній послідовності, потребують встановлення термінів і контролю для досягнення поставленої цілі. Це має супроводжуватись використанням економіко-математичного інструментарію теорії планування та управління мережами, що допомагатиме генерувати інваріанти управлінських рішень щодо встановлення послідовності й термінів використання обмежених ресурсів протягом усього періоду реалізації проєкту, проводити динамічне регулювання термінів початку кожного виду робіт, здійснювати оптимальний розподіл засобів, відведених на проєкт за критерієм скорочення тривалості усього проєкту, виконувати аналіз компромісних співвідношень між витратами й термінами виконання різноманітних робіт з урахуванням наявного резерву часу.

Список літератури:

1. Степаненко В. Безопасность в централизованном теплоснабжении в городах Украины / Центр енергетичної безпеки України. URL: <https://energy-security.org.ua/2020/02/bezopasnost-v-centralizovanom-teplosnabzheny-v-gorodah-ukrainy> (дата звернення: 19.11.2020).
2. Quantifying the severity of fuel poverty, its relationship with poor housing and reasons for non-investment in energy-saving measures in Ireland. *Energy Policy*. 2004. Vol. 32. Issue 2. P. 207–220. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421502002653> (дата звернення: 19.11.2020).
3. Сибаль Я., Іваницький І., Кадюк З. Сіткові методи планування та управління в оптимізації виробництва продукції. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія «Економіка АПК»*. 2014. № 21 (1). С. 322–326.
4. Сохань В. Сітвові моделі оперативного управління проєктами в дорожньому будівництві. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. 2015. Вип. 1 (31). С. 499–507. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/31_1_tech_2015/499-507.pdf (дата звернення: 05.04.2019).
5. Лазановський П. Використання методу мережевого планування в операційному управлінні виробництвом книжково-журнальної продукції. *Наукові записки. Економічні науки*. 2016. № 2 (53). С. 205–212.
6. Pye S., Dobbins S., Baffert C., Brajković J., Grgurev I., Miglio D.R. & Deane P. (2015) *Energy Poverty and Vulnerable Consumers in the Energy Sector Across the EU: Analysis of Policies and Measures* London, Insight E. URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/INSIGHT_E_Energy%20Poverty%20-%20Main%20Report_FINAL.pdf (дата звернення: 19.11.2020).
7. Rosie Day, Gordon Walker, Neil Simcock. Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework. URL: https://ac.els-cdn.com/S0301421516301227/1-s2.0-S0301421516301227-main.pdf?_tid=5567266d-dc71-4c5e-8a46-e657a7ae82cd&acdnat=1548327637_c9916ab2a50e4345333dbea7e72d (дата звернення: 19.11.2020).
8. Thomson H., Snell C. (2016) Definitions and indicators of energy poverty across the EU. In K. Csiba (Ed.). *Energy Poverty Handbook*, pp. 101–117. Publications Office of the European. URL: <http://meszerics.eu/pdf/energy-poverty-handbook-online.pdf> (дата звернення: 19.11.2020).
9. Про житлово-комунальні послуги : Закон України зі змінами в редакції від 2 квітня 2020 р. №2189-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text> (дата звернення: 19.11.2020).
10. Інформація про надання субсидій на оплату житлово-комунальних послуг у вересні 2020 року / Державна служба статистики України : веб-сайт. URL: ukrstst.gov.ua (дата звернення: 19.11.2020).
11. Демографічна ситуація у січні-вересні 2020 року : експрес-випуск. 18.11.2020 / Державна служба статистики України : веб-сайт. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 19.11.2020).
12. Доходи та витрати населення в II кварталі 2020 року : експрес-випуск. 30.09.2020 / Державна служба статистики України : веб-сайт. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 19.11.2020).

13. Про надання населенню субсидій у грудні 2019 року : експрес-випуск. 20.01.2020 / Державна служба статистики України : веб-сайт. URL: ukrstst.gov.ua (дата звернення: 19.11.2020).
14. How COVID affected our wealth. Women, millennials, and low-skilled workers hit hardest. URL: <https://www.credit-suisse.com/about-us/news/en/articles/news-and-expertise/global-wealth-report-2020-households-resistant-to-covid-19-202010.html> (дата звернення: 19.11.2020).
15. Субсидії в опалювальному сезоні: порядок нарахування та перевірка одержувачів / РБК-Україна : веб-сайт. URL: <https://www.rbc.ua/ukr/news/subsidii-otopitelnom-sezone-poryadok-nachisleniya-1603792381.html> (дата звернення: 19.11.2020).
16. Більшість українців страждає від енергетичної бідності через високі тарифи – USAID. URL: <https://thepage.ua/ua/news/elektroenergiya-v-ukrayini-znachno-dorozhcha-nizh-u-yevropi-usaid> (дата звернення: 19.11.2020).
17. Васильченко Г., Парасюк І., Єременко Н. Планування розвитку територіальних громад : навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / Асоціація міст України. Київ : ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. 256 с.
18. Створення системи електронної обробки інформації сільських, селищних, міських та об'єднаних рад (СЄОІ МР). Технічне завдання. URL: <http://dfr.minregion.gov.ua/region-tz?NID=4302> (дата звернення: 19.11.2020).
19. Ющенко Н. Математичні моделі визначення резерву часу для збалансованого розподілу трудових, матеріальних і фінансових ресурсів при модернізації комунальної теплоенергетики України. *Науковий вісник Полісся*. 2016. № 2. С. 16–25.
20. Новые положения по разработке и применению систем сетевого планирования и управления : межотраслевые инструментально-методические материалы : утверждены Постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике от 11 сентября 1973 г. № 439 / научный редактор В. Глушков. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Экономика, 1974. URL: <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA41528186> (дата звернення: 19.11.2020).
21. Лебедев Г., Овчинников С., Пушкин П. Подготовка производства новых видов обуви с использованием сетевого планирования и управления. Москва : Легкая индустрия, 1970. 76 с.

References:

1. Stepanenko V. Bezopasnost' v centralizovannom teplosnabzhenii v gorodah Ukrainy [Safety in district heating in Ukrainian cities]. *Sentr enerhetychnoi bezpeky Ukrainy*. Available at: <https://energy-security.org.ua/2020/02/bezopasnost-v-centralizovannom-teplosnabzhenii-v-gorodah-ukraynu> (accessed 19 November 2020).
2. Quantifying the severity of fuel poverty, its relationship with poor housing and reasons for non-investment in energy-saving measures in Ireland. *Energy Policy*. 2004. Volume 32. Issue 2. P. 207–220. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421502002653> (accessed 19 November 2020).
3. Sybal Ya., Ivanytskyi I., Kadyuk Z. (2014) Sitkovi metody planuvannya ta upravlinnya v optymizatsiyi vyrobnytstva produktsiyi [Network methods of planning and management in production optimization]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Ekonomika APK»*, no. 21 (1), pp. 322–326 (in Ukrainian).
4. Sokhan' V. (2015) Sit'ovi modeli operatyvnoho upravlinnya proektamy v doozhn'omu budivnytstvi [Network models of operational management of projects in road construction]. *Visnyk Nacional'nogo transportnogo universitetu. Seriya "Tekhnichni nauki"*, no. 1 (31), pp. 499–507. Available at: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/31_1_tech_2015/499-507.pdf (accessed 05 April 2019).
5. Lazanovs'kyi P. (2016) Vykorystannya metodu merezhevoho planuvannya v operatsynomu upravlinni vyrobnytstvom knyzhkovo-zhurnal'noyi produktsiyi [The use of network planning in the operational management of the production of book-magazine products]. *Naukovi zapysky. Ekonomichni nauky*, no. 2 (53), pp. 205–212. (in Ukrainian)
6. Pye S., Dobbins S., Baffert C., Brajković J., Grgurev I., Miglio D.R. & Deane P. (2015) Energy Poverty and Vulnerable Consumers in the Energy Sector Across the EU: Analysis of Policies and Measures London, Insight_E. Available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/INSIGHT_E_Energy%20Poverty%20-%20Main%20Report_FINAL.pdf (accessed 19 November 2020).
7. Rosie Day, Gordon Walker, Neil Simcock. Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework. Available at: https://ac.els-cdn.com/S0301421516301227/1-s2.0-S0301421516301227-main.pdf?_tid=5567266d-dc71-4c5e-8a46-e657a7ae82cd&acdnat=1548327637_d249c9916ab2a50e4345333dbea7e72d (accessed 19 November 2020).
8. Thomson H., Snell C. (2016) Definitions and indicators of energy poverty across the EU. In K. Csiba (Ed.). *Energy Poverty Handbook*, pp. 101–117. Publications Office of the European. Available at: <http://meszerics.eu/pdf/energypoverthyhandbook-online.pdf> (accessed 19 November 2020).
9. Pro zhytlovo-komunalni posluhy : Zakon Ukrainy zi zminamy v redaktsii vid 2 kvitnia 2020 r. № 2189-VIII [On housing and communal services: Law of Ukraine as amended on April 2, 2020 № 2189-VIII]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text> (accessed 19 November 2020).
10. Informatsiia pro nadання subsydii na oplatu zhytlovo-komunalnykh posluh u veresni 2020 roku [Information on the provision of subsidies for housing and communal services in September 2020]. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy: veb-sajt*. Available at: <https://ukrstst.gov.ua> (accessed 19 November 2020).
11. Demografichna sytuatsiia u sichni-veresni 2020 roku : ekspres-vypusk. 18.11.2020 [Demographic situation in January-September 2020: Express issue 18.11.2020]. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy: veb-sajt*. Available at: <http://ukrstst.gov.ua> (accessed 19 November 2020).

12. Dokhody ta vytraty naselennia v II kvartali 2020 roku : ekspres-vypusk. 30.09.2020 [Incomes and expenditures of the population in the second quarter of 2020: Express issue 30.09.2020]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy: veb-sajt. Available at: <http://ukrstat.gov.ua> (accessed 19 November 2020).
13. Pro nadannia naselenniu subsydii u hrudni 2019 roku : ekspres-vypusk. 20.01.2020 [On granting subsidies to the population in December 2019: express issue 20.01.2020]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy: veb-sajt. Available at: <http://ukrstst.gov.ua> (accessed 19 November 2020).
14. How COVID affected our wealth. Women, millennials, and low-skilled workers hit hardest. Available at: <https://www.credit-suisse.com/about-us-news/en/articles/news-and-expertise/global-wealth-report-2020-households-resistant-to-covid-19-202010.html> (accessed 19 November 2020).
15. Subsidiy v opaliuvalnomu sezoni: poriadok narakhuvannia ta perevirka oderzhuvachiv [Subsidies in the heating season: the order of accrual and verification of recipients]. RBK-Ukrayina: veb-sajt. Available at: <https://www.rbc.ua/ukr/news/subsidiy-otopitelnom-sezone-poryadok-nachisleniya-1603792381.html> (accessed 19 November 2020).
16. Bilshist ukraintsev strazhdaie vid enerhetychnoi bidnosti cherez vysoki taryfy – USAID [Most Ukrainians suffer from energy poverty due to high tariffs – USAID]. Available at: <https://thepage.ua/ua/news/elektroenergiya-v-ukrayini-znachno-dorozhcha-nizh-u-yevropi-usaid> (accessed 19 November 2020).
17. Vasylenko G., Parasyuk I., Yeremenko N. (2015) Planuvannya rozvytku terytorialnyh gromad [Planning the development of territorial communities]. Association of Ukrainian Cities. Kyiv. 256 p. (in Ukrainian)
18. Stvorennia systemy elektronnoi obrobky informatsii silskykh, selyshchnykh, miskykh ta obiednanykh rad (SEOI MR). Tekhnichne zavdannya [Creation of a system of electronic information processing of village, settlement, city and joint councils (SEOI MR)]. Available at: <http://dfr.minregion.gov.ua/region-tz?NID=4302> (accessed 19 November 2020).
19. Yushchenko N. (2016) Matematychni modeli vyznachennya rezervu chasu dlya zbalansovanoho rozpodilu trudovykh, material'nykh i finansovykh resursiv pry modernizatsiyi komunal'noyi teploenerhetyky Ukrainy [Mathematical models to determine the reserve time a balanced distribution of manpower, material and financial resources for modernization of municipal power system of Ukraine]. *Naukovyy visnyk Polissya – Scientific Bulletin of Polissia*, no. 2 (6), pp. 16-25. Available at: <http://nvp.stu.cn.ua/ru/component/k2/item/489-yuschenko-n-l-matematichni-modeli-viznachennya-rezervu-chasu-dlya-zbalansovanogo-rozpodilu-trudovih-materialnih-i-finansovih-resursiv-pri-modernizatsiyi-komunalnoyi-teploenergetiki-ukrayini.html> (accessed 19 November 2020).
20. Osnovnye polozheniya po razrabotke i primeneniyu sistem setevogo planirovaniya i upravleniya [Basic provisions for the development and application of network planning and management systems]. Moscow: Economics, 1974. Available at: <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA41528186> (accessed 19 November 2020).
21. Lebedev G., Ovchinnikov S., Pushkin P. (1970) Podgotovka proizvodstva novykh vidov obuvi s ispol'zovaniem setevogo planirovaniya i upravleniya [Preparing the production of new types of footwear using network planning and management]. Moscow: Light Industry. (in Russian)