

РОЗДІЛ 6
АДМІНІСТРАТИВНЕ ПРАВО І ПРОЦЕС;
ФІНАНСОВЕ ПРАВО; ІНФОРМАЦІЙНЕ ПРАВО

УДК 658.512

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ
ОПТИМАЛЬНОГО КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ
З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ АЛГОРИТМІВ

THE BASIC PEDITTS OF THE SPECIAL VALUE OF THE OPTIMAL
CALENDAR PLANNED WITH USING SPECIAL ALGORITHM

Балтовський О.А.,
доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри кібербезпеки та інформаційного забезпечення
Одеського державного університету внутрішніх справ

Сіфоров О.І.,
кандидат технічних наук, доцент,
начальник навчально-методичного відділу
Одеського державного університету внутрішніх справ

Ісмайлов К.Ю.,
кандидат юридичних наук,
завідувач кафедри кібербезпеки та інформаційного забезпечення
Одеського державного університету внутрішніх справ

У статті розглядаються підходи до вирішення завдання календарного планування з використанням евристичних алгоритмів, який дає змогу отримати близький до оптимального календарний план як для організації загалом, так і для її підрозділів на різні планові періоди з урахуванням зміни функцій переваги або, іншими словами, вибору претендента на включення в комбінацію на поле розкладу в конфліктних ситуаціях. Розглянута задача має комбінаторну природу, для якої характерне неполіноміальне зростання часу рішення зі зростанням розмірності задачі. З цим будуть пов'язані основні проблеми побудови системи календарного планування, яка має, як правило, розмірність вище від середньої. У цьому випадку проблема стає ще гострішою при переході до календарного планування одиничних багатоміноміальних організацій, що робитиме неможливим застосування точних методів у процесі вирішення завдань календарного планування. Як основа нормативно-довідкової бази для календарного планування приймаються типові технологічні схеми, що відображають доцільні послідовності і паралельності проектних робіт із найбільш очікуваною тривалістю їх виконання і відповідними цінами цих робіт, вираженими у відносних відсотках від загальних тривалості і вартості проектування об'єкта представника, для якого складається схема. Деталізація робіт у цих схемах визначається необхідністю і достатністю подій, що забезпечують обмін технічними завданнями між учасниками процесу проектування, як і між спеціалізованими підрозділами (суміжними відділами), так і всередині комплексних відділів. Загальна декомпозиція задачі на підзадачі відповідних звітних періодів дає змогу врахувати планові обмеження на кошторисну вартість проектних робіт і здійснити перерахунок окремих варіантів планів у процесі оперативного управління не на весь планований період, а на найближчий. Представлений комплекс включає два етапи, перший з яких призначений для стадії формування й аналізу річного тематичного плану робіт проектної організації. Алгоритм першого етапу погоджує час виконання окремих проектів із директивними строками і водночас виробляє розподіл проектних робіт по кварталах і місяцях із метою оптимізації сумарного завантаження трудових ресурсів за критерієм рівномірності, а основною частиною другого етапу алгоритму є алгоритм планування по фінансованих пріоритетах робіт, який багаторазово вирішує завдання календарного планування.

Ключові слова: алгоритм, планування, контроль, евристичний метод, модель, об'єкт, субоптимальні плани, рандомізація, комбіновані правила переваги.

The article discusses approaches to the solution of using heuristic algorithms scheduling problem which allows you to get closer to the optimal time schedule for the organization as a whole and for its subsidiaries for various planning periods, taking into account changes in the functions of preference or other challenger choice words for inclusion in the combination on the schedule in conflict situations. The considered problem is a combinatorial nature, which is characterized by the growth of non-polynomial-time solution to the growth dimension of the problem. Since this will be linked the main difficulties of building a scheduling system, which is usually higher than the average dimension. In this case, the problem becomes even more acute in the transition to the scheduling unit multinomenclature organizations that will make it impossible to use precise methods for solving scheduling problems. In enacting technological schemes, reflecting reasonable serial and parallel design works with most expectancy of their performance and corresponds to the value of these works, expressed in relative percentage of total length and cost of designing representative object as the basis of regulatory and reference framework for scheduling, for which is compiled scheme. Detailing work in these circuits is determined by the necessary and sufficient events to ensure the exchange of technical projects between the participants in the design process, as well as between the specialized units (adjacent departments), and inside the complex departments. Presented task scheduling of the design process is formulated as a compilation and updating of schedules, ensuring the minimization of the maximum value of the intensity of use of certain types of labor resources in each moment of the planning period, as well as algorithms that ensure the continuity of the planning process with a girth of the total volume of design work in a given period, taking into account changes the external environment. The total decomposition of tasks into subtasks, the relevant reporting period, allows taking into account the planned restrictions on the estimated cost of design work and recalculate the individual variations in the process of operational management plans, not for the entire planning period, and for the next. The complex of, which will include two stages, the first of which is designed for the stage of formation and the analysis of the annual work plan of the thematic project organization. The algorithm first stage coordinates the execution of individual projects with policy terms and at the same time produces a distribution of design work on the quarters and months in order to optimize the total load of manpower on the criterion of uniformity, and the main part of the second stage of the algorithm is a scheduling algorithm-funded work priorities, which solves the problem of multiple scheduling. The article discusses approaches to the solution of using heuristic algorithms scheduling problem which allows you to get closer to the optimal time schedule for the organization as a whole and for its subsidiaries for various planning periods, taking into account changes in the functions of preference or other challenger choice words for inclusion in the combination on the schedule in conflict situations. The considered problem is a combinatorial nature, which is characterized by the growth of non-polynomial-time solution to the growth dimension of the problem. In enacting technological schemes, reflecting reasonable serial and parallel design works with most expectancy of their performance and corresponds to the value of these works, expressed in relative percentage of total length and cost of designing representative object as the basis of regulatory and reference framework for scheduling, for which is compiled scheme.

Detailing work in these circuits is determined by the necessary and sufficient events to ensure the exchange of technical projects between the participants in the design process, as well as between the specialized units (adjacent departments), and inside the complex departments. Presented task scheduling of the design process is formulated as a compilation and updating of schedules, ensuring the minimization of the maximum value of the intensity of use of certain types of labor resources in each moment of the planning period, as well as algorithms that ensure the continuity of the planning process with a girth of the total volume of design work in a given period, taking into account changes the external environment. The total decomposition of tasks into subtasks, the relevant reporting period, allows taking into account the planned restrictions on the estimated cost of design work and recalculate the individual variations in the process of operational management plans, not for the entire planning period, and for the next. The complex of, which will include two stages, the first of which is designed for the stage of formation and the analysis of the annual work plan of the thematic project organization. The algorithm first stage coordinates the execution of individual projects with policy terms and at the same time produces a distribution of design work on the quarters and months in order to optimize the total load of manpower on the criterion of uniformity, and the main part of the second stage of the algorithm is a scheduling algorithm-funded work priorities, which solves the problem of multiple scheduling.

Key words: algorithm, planning, control, heuristic method, model, object, suboptimal plans, randomization, combined rules of preference.

Основним завданням планування в організації є розрахунок оптимального плану випуску різноманітного продукту з урахуванням основних факторів, що впливають на його обсяг. Залежно від умов і характеру до таких факторів можна зарахувати суспільні потреби, наявність сировинних і енергетичних ресурсів, загальні можливості, забезпеченість трудовими, фінансовими та іншими ресурсами. Тому розробка комплексів евристичних алгоритмів для вирішення завдань календарного планування (КП) є досить актуальною.

Формування основних напрямів науково-технічної політики в галузі планування протягом останніх років перебуває в центрі уваги уряду України, про що свідчать державні програми, сформульовані в рамках державної науково-технічної програми № 7 «Перспективні інформаційні технології, пристрої комплексної автоматизації системи зв'язку» (Постанова Верховної Ради України від 16.10.1992 р.).

У роботі «Евристические методы календарного планирования» [1] автори вказують, що для задач календарного планування (КП), а також інших завдань, що мають комбінаторну природу, характерне неполіноміальне зростання часу рішення зі зростанням розмірності задачі. З цим пов'язані основні проблеми побудови систем КП, які мають, як правило, розмірність вище від середньої. Проблема стає гострішою при переході до КП одиничних багатонаменклатурних організацій. Це робить неможливим застосування точних методів під час вирішення завдань КП.

У роботі «Планирование мелкосерийного производства в АСУП» [2] автори зазначають, що для КП практичне застосування знаходять в основному методи, що базуються на обмеженому переборі безлічі допустимих рішень. Цим зумовлений інтерес розробників систем КП до евристичних методів вирішення завдань, серед яких широко відомий підхід із використанням евристик, званих правилами переваги. Правила переваги встановлюють черговість технологічних операцій у разі виникнення конфліктів у процесі планування. Вони дають змогу отримувати субоптимальні плани, істотно скорочуючи при цьому обсяг необхідного перебору.

З методів спрямованого перебору найбільшу популярність здобув метод гілок і меж [3]. У цьому методі завдання КП поділяється на дві частини: 1) досить компактний алгоритм розгалуження і вибору чергового претендента, 2) визначення методу оцінки перспективних вершин і знаходження нижньої межі. Використання методу гілок і меж під час складання розкладів показало, що, незважаючи на громіздкість рішень, його можна використовувати при вдалому виборі способу завдання оцінок. Основна проблема полягає у визначенні взаємозв'язку оцінок і критерії якості.

Робилося чимало спроб вирішити завдання КП методом Монте-Карло. У цій області отримані результати, головним чином, дали змогу промодельовати різні способи завдання правил вибору і їх вплив на якість одержуваних розкладів для різних ситуацій.

На основі аналізу робіт [4–5] нами встановлено, що все різноманіття підходів і методів і безуспішність їх викорис-

тання в реальних ситуаціях призводять до незворотності використання евристичних методів рішення. При цьому під евристикою розуміється правило вибору претендента на включення в комбінацію на поле розкладу в конфліктних ситуаціях (функції переваги).

Нині роботи з дослідження функцій переваги ведуться за такими основними напрямками:

- визначення класу задач, в яких ця функція пріоритету призводить до кращих порівняно з іншими функціями результатів;
- виявлення функцій пріоритету, найбільш ефективних у процесі вирішення цього завдання;
- комбіноване їх застосування в поєднанні з рандомізацією.

На основі аналізу робіт [1–5] доходимо висновку, що в практиці використовується велика різноманітність правил переваги, підходів до створення нових і використання вже відомих евристик, наприклад, рандомізовані правила переваги, комбіновані правила переваги тощо. Через відсутність нині загального підходу, що дає змогу вирішити задачу вибору найкращого правила переваги для всього різноманіття сучасних виробництв і організацій, доходимо висновку, що вдала розробка нової евристики або вибір вже відомого правила переваги, що якнайкраще відповідає характеру конкретного випадку, буде сприяти підвищенню якості системи КП загалом.

Завдання календарного планування можна сформулювати таким чином: є безліч об'єктів, що складається з підмножин однотипних об'єктів: $E = \{E_i, i = \overline{1, I}\}$. Як E_i можна розглядати безліч партій d_i , Груп обладнання G_m^{ob} , G_m^k , Одиниць обладнання g_{mm} , Інструментів або пристосувань ω_{pq} , Груп робітників тощо. Потрібно побудувати на часовому інтервалі (O, T) розклад, що являє собою набір комбінацій по одному елементу з кожної підмножини E_i , які розміщені на тимчасовій осі таким чином, щоб задовольнити обов'язкові обмеження й додаткові, та залежать від умов конкретної технологічної системи, а також оптимізувати заданий критерій якості.

Основою нормативно-довідкової бази для календарного планування приймаються типові технологічні схеми, що відображають доцільні послідовності і паралельності проектних робіт із найбільш очікуваною тривалістю їх виконання і відповідними цінами цих робіт, вираженими у відносних відсотках від загальної тривалості та вартості проектування об'єкта представника, для якого складається схема. Деталізація робіт у цих схемах визначається необхідністю і достатністю подій, що забезпечують обмін технічними завданнями між учасниками процесу проектування, як і між спеціалізованими підрозділами (суміжними відділами), так і всередині комплексних відділів.

Виділення комплексів задач у системі календарного планування на рівні проектно-організаційної доцільно провести за функціонально-організаційною ознакою:

- формування, оптимізація і аналіз тематичного плану проектних робіт організації;
- розрахунок і складання планів робіт підрозділів;
- складання об'єктних календарних графіків розробки проектно-документації;

- коригування (оперативне перепланування) тематичного плану відповідно до поточних змін у ньому і даних про хід проектування;

- формування диспетчерської інформації, облік і контроль за ходом виконання проектних робіт.

Зазначені комплекси задач об'єднують основні етапи планування та управління роботами проектної організації.

Розроблена нами схема системи календарного планування включає вісім блоків:

Блок 1. Формування та оновлення вихідних даних (номенклатура і показника проекту плану, типові моделі проєктованих об'єктів, тимчасові, вартісні і ресурсні характеристики комплексів і окремих робіт, інші нормативно-довідкові дані) в режимах планування і оперативного управління.

Блок 2. Підготовка (коригування) масивів вихідних даних, введення в ЕОМ, первинна обробка і зберігання нормативної і поточної інформації.

Блок 3. Алгоритми календарного планування (перевірка сумісності обмежень; розрахунок (перерахунок) календарного плану на планований період за заданим критерієм оптимізації; формування календарного плану і представлення основних показників для аналізу керівництву.

Блок 4. Логіка (Стверджується чи план керівництвом? Якщо «Так», то перехід до блоку 6, якщо «Ні», то до блоку 5).

Блок 5. Логіка (Зміна обмежень за поданням керівництва. Якщо «Так», то перехід до блоку 2).

Блок 6. Формування і друк поточних і оперативних календарних планів, диспетчерських документів і доведення їх до відповідних рівнів керівництва і відповідальних виконавців.

Блок 7. Реалізація комплексів робіт, інформація про фактичний стан об'єктів, що проєктуються.

Блок 8. Логіка (Чи є відхилення від плану? Якщо «Так», то перехід до блоку 1, якщо «Ні» – до блоку 7).

Центральною ланкою функціонування системи є завдання розподілу ресурсів, що належать до оптимізаційного типу, яке вирішене для багатомережєвих моделей комплексів робіт з урахуванням одного виду ресурсів за кожною окремою роботою, проте стосовно багатьох видів за комплексом загалом, з постійною швидкістю й інтенсивністю споживання всіх видів ресурсів для окремої роботи та з можливістю перерв у веденні окремих робіт. Вже згадане завдання з точки зору критерію оптимальності класифікується як завдання оптимізації деякого показника якості використання трудових ресурсів організації в заданих інтервалах виконання кожного з об'єктів багатопроєктного комплексу, оскільки якість проєктів істотно залежить від якості використання цих ресурсів.

Відповідно до викладеного завдання календарного планування процесу проектування формулюється як складання і коригування розкладу, що забезпечує мінімізацію максимального значення інтенсивності використання окремих видів трудових ресурсів у кожен момент планового періоду [6].

Як вихідні дані задаються:

- плановий період;
- номенклатура об'єктів;
- відповідні технологічні моделі;
- тимчасові і вартісні оцінки цих моделей у натуральних одиницях або відносних відсотках від загальної тривалості;
- вартості об'єкта як детерміновані, невід'ємні величини.

Математична модель задачі має вигляд:

$$\sum_{m=1}^{\bar{m}} \gamma_m \max_{t \in [T_0, T]} R^m(t, \bar{T}) \rightarrow \min,$$

де γ_m – ваговий коефіцієнт відносної цінності згладжування ресурсу m -го виду; $R^m(t, \bar{T})$ – графік вико-

ристання ресурсів m -го виду в поточний момент t реалізації календарного плану \bar{T} .

Обмеження моделі:

1) вихідний план має включати всі безлічі робіт проєктованих об'єктів організації в планований період

$$P = \bigcup_k P_k, \quad P_k = \{q_{i_1 j_1}, q_{i_2 j_2}, \dots, q_{i_n j_n}\} \quad (k = 1, 2, \dots, n),$$

де P_k – k -тий об'єкт тематичного плану; $q_{ij} \in P_k$ – робота, що належить безлічі робіт технологічної моделі k -го об'єкта;

2) тимчасові обмеження. Час настання завершальних подій моделей, що характеризують реальні об'єкти, не має перевищувати встановлених директивних дат:

$$T_j \leq T_j^{\text{dир}} \quad (j \in E^{\text{dир}}),$$

де $T_j^{\text{dир}}$ – заданий директивний час настання e_j ; $E^{\text{dир}}$ – підмножина подій, час настання яких задано директивно;

3) технологічні тимчасові обмеження, відповідні топології технологічних моделей. Технологічно допустимим календарним планом назвемо вектор \bar{T} , компоненти якого задовольняють обмеженням:

$$T_{ij} + t_{ij} \leq T_j; \quad T_{ij} \geq T_j,$$

де T_{ij}, t_{ij} – відповідно, час початку і тривалість виконання роботи.

Вектор \bar{T} містить N компонент (N – число робіт у моделях всіх об'єктів, тобто число елементів множини

$$P = \bigcup_k P_k;$$

4) ресурсні обмеження. У кожен момент планового періоду число проєктувальників по кожній із спеціальностей організації не має перевищувати наявного:

$$R^m(t, \bar{T}) \leq R_0^m(t), \quad t \in [T_0, T] \quad (m = 1, 2, \dots, m).$$

Час прийнято у вигляді дискретної величини, тому плановий період $[T_0, T]$ включає в себе кінцеве число елементарних проміжків

$$R^m(t, T) = \sum r_{ij}^m, \quad q_{ij} \in Y_{T_{ij}}^m / T_{ij} \leq t \leq t_{ij} + T_{ij},$$

де r_{ij}^m – кількість ресурсів виду m_{ij} , необхідне в кожен момент часу $t \in [T_{ij}, T_{ij} + t_{ij}]$ для виконання роботи q_{ij} , що визначається за формулою

$$r_{ij}^m = \frac{C_k p_{ij}^c}{100 \cdot \bar{v} \cdot t_{ij}},$$

де C_k – загальна вартість усіх робіт об'єкта P_k ; p_{ij}^c – відносний відсоток вартості роботи q_{ij} від загальної вартості об'єкта; \bar{v} – середня для планового періоду вироблення одиниці ресурсу m -ої спеціальності.

Безліч робіт об'єкта P_k розбита на непересічні підмножини $Y_k^m CP_k$ таким чином, щоб виконувалися умови:

$$Y_k^m \cap Y_k^{m_2} = \emptyset, \quad m_1 \uparrow m_2, \quad \bigcup_k Y_k^m = P_k \quad (k = 1, 2, \dots, n).$$

Фіктивні роботи, а також роботи типу «очікування», які не потребують ресурсів, належать підмножині Y_k^0 ($m = 0$);

5) планові обмеження на кошторисну вартість проєктних робіт. Для того щоб фінансовий план організації та її підрозділів у звітний період було виконано, необхідно дотримання умови:

$$\sum C_k^v \geq C^s \quad (s = 1, 2, \dots, \hat{s}); \quad \{(k, v) / T_{s-1} < T_s^v \leq T_s\},$$

де C_s – планове завдання по вартості проєктних робіт, які виконуються в s -тому звітному періоді $[T_{s-1}, T_s]$; T_{s-1} – час початку звітнього періоду; T_s – час закінчення звітнього періоду.

Нехай кожен проект P_k містить v_k розділів. Позначимо Q_k^v – підмножина робіт l -го розділу проекту P_k ($v = 1, 2, \dots, v_k$).

Час настання завершальної події e_k^v v – розділу k -го проекту: $T_k^v = \max_{q_j \in Q_k^v} (T_j + t_j)$ ($v = 1, 2, \dots, v_k$), ($k = 1, 2, \dots, n$).

Якщо C_k^v – кошторисна вартість робіт кожного розділу проекту, то і вартість всього проекту P_k буде

$$C_k = \sum_{v=1}^{v_k} C_k^v \quad (k = 1, 2, \dots, n).$$

Для того, щоб планові завдання по кошторисної вартості проектних робіт і номенклатур об'єктів тематичного плану не суперечили одне одному, необхідне виконання умови

$$\sum_{k=1}^n C_k \geq \sum_{s=1}^{\hat{s}} C^s.$$

Отримані результати. Для вирішення завдання календарного планування з використанням ЕОМ можуть бути використані наведені нижче комплекси евристичних алгоритмів.

Перший комплекс заснований на «методі розгалужень» і полягає в тому, що безліч всіх робіт $P \cup_k P_k$ планованого

періоду розбивається на \hat{s} підмножин (s – число звітних періодів у планованому). Кожна підмножина P_s включає в себе роботи, які будуть виконуватися повністю або частково в s -тому звітному періоді. Декомпозиція задачі на підзадачі відповідно до звітних періодів дає змогу врахувати планові обмеження на кошторисну вартість проектних робіт і здійснити перерахунок окремих варіантів планів у процесі оперативного управління не на весь планований період, а на найближчий. Цей комплекс включає два етапи, перший з яких призначений для стадії формування і аналізу річного тематичного плану робіт проектної організації.

Алгоритм першого етапу погоджує час виконання окремих проектів із директивними строками і одночасно виробляє розподіл проектних робіт по кварталах і місяцях із метою оптимізації сумарного завантаження трудових ресурсів за критерієм рівномірності. Якість декомпозиції задачі календарного планування процесу проектування на першому етапі алгоритму оцінюється таким критерієм:

$$\sum_{s=1}^{\hat{s}} \sum_{m=1}^{\hat{m}} \gamma_m (W^{m,s} - W_{cp}^{m,s}) \rightarrow \min,$$

де $W^{m,s}$ – сумарна кількість ресурсів часу (людино-днів), необхідне для виконання робіт s -го звітному періоду ресурсами m -го виду:

$$W^{m,s} = \int_{T_{s-1}}^{T_s} R^m(t, \bar{T}) dt, \quad (m = 1, 2, \dots, \hat{m}), \quad (s = 1, 2, \dots, \hat{s}),$$

де $W_{cp}^{m,s}$ – середня трудомісткість m -го виду ресурсів в s -тому звітному періоді:

$$W_{cp}^{m,s} = (T_s - T_{s-1}) R_{cp}^m, \quad (m = 1, 2, \dots, \hat{m}), \quad (s = 1, 2, \dots, \hat{s}),$$

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Подчасова Т.П., Португал В.М., Татаров В.А., Шкурба В.В. Эвристические методы календарного планирования. Київ : Техника, 2008. С. 20–25.
2. Первин Ю.А., Португал В.М., Семенов А.И. Планирование мелкосерийного производства в АСУП. Москва : Наука, 2003. С. 16–32.
3. Перовская Е.И. Об одном алгоритме решения задачи календарного планирования. *Вычислительные процессы и структуры*. Л.: Машиностроение, 2002. С. 84–92.
4. Джостон Д.Ж. Экономические методы. Москва : Статистика, 2008. С. 444.
5. Математические вопросы кибернетики / под ред. С.В. Яблонского. Москва : Наука, 1992. С. 239.
6. Бирин Ю.Н., Звягинцева О.Л., Клевицкий Г.С. и др. Микро-ЭВМ в управлении строительством. Москва : Строиздат, 2009. С. 296.

Завдання другого етапу алгоритму полягає у визначенні для мережі P_s часу початку T_{ij} всіх робіт $q_{ij} \in P_s$, при якому не порушуються технологічні, директивні і ресурсні обмеження, а критерій планування приймає значення, близьке до оптимального. Основною частиною другого етапу алгоритму є алгоритм планування по фінансованих пріоритетах робіт, який багаторазово вирішує завдання календарного планування. Алгоритм заснований на послідовному переході від одного фронту робіт до наступного із застосуванням правил пріоритетності виконання проектних робіт і коригування пріоритетів на кожній ітерації алгоритму.

Другий комплекс заснований на використанні випадкового пошуку з включенням у нього низки евристичних правил, які уможливають вибір допустимих рішень не рівновірогідних, а зі збільшеною вірогідністю отримання прийнятних рішень. Алгоритм включає мінімально необхідну кількість відомостей для можливості отримання прогностичних рішень на всіх етапах календарного планування проектних робіт.

Послідовність дій для включення об'єкта до плану така:

- моделювання початку виконання об'єкта;
- визначення завантаженості кожного виду трудових ресурсів під час виконання робіт по заданому об'єкту;
- підсумовування однойменних трудових ресурсів у процесі виконання робіт по всіх об'єктах;
- обчислення критерію оптимальності.

Початок виконання об'єкта визначається за формулою

$$T_{нач} = T_{нач}^p + (T_{нач}^n - T_{нач}^p) \varepsilon,$$

де $T_{нач}^p$ і $T_{нач}^n$ – відповідно, ранній і пізній терміни початку проектування об'єкта; ε – випадкова величина, по-різному розподілена на відрізьку 0,1 для об'єктів із різними пріоритетами.

Так, для першого пріоритету ε розподілена з щільністю $P_\varepsilon(x) = 0$; для другого пріоритету прийнято розподіл випадкової величини зі щільністю

$$P_\varepsilon(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0; \\ 2 - 2x & \text{при } 0 \leq x \leq 1; \\ 0 & \text{при } x > 1. \end{cases}$$

Для третього і четвертого пріоритетів ε розподілена на заданому відрізьку рівномірно

$$P_\varepsilon(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0; \\ 1 & \text{при } 0 \leq x \leq 1; \\ 0 & \text{при } x > 1. \end{cases}$$

Висновки.

1. Рішення завдання календарного планування з використанням евристичних алгоритмів дає змогу отримати близький до оптимального щодо обраного критерію календарний план як для організації загалом, так і для її підрозділів на різні планові періоди.

2. Пропоновані алгоритми у разі їх програмної реалізації на ЕОМ забезпечують безперервність процесу планування з охопленням всього обсягу проектних робіт у заданий період.