

При диаметрах пузырьков воздуха  $d > 6$  мм пневмомеханическая аэрация обеспечивает экологическую эффективность больше, чем пневматическая на 7-9 %, а удельную мощность меньшую в 1,5 – 2,3 раза. При меньших диаметрах пузырьков воздуха целесообразно использовать пневматическую аэрацию.

**ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Боровский Б.И., Дихтярь Т.. Массопередача в процессе биологической очистки сточных вод (учебное пособие по дисциплине «Массопередача» для студентов специальности 7.092.601 «Водоснабжение и водоотведение»). – Симферополь: НАПКС, 2007 – 68 с.
2. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой, 1986. – 74 с.
3. Боровский Б.И., Дихтярь Т.В. Оценка необходимой мощности мешалки пневмомеханического аэратора аэротенка для очистки сточных вод- Строительство и техногенная безопасность / Сборник научных трудов КАПКС, вып. 7. – Симферополь: 2002. – с. 269-272.

УДК 658.152.001.26

**ОГЛЯД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ МАКСИМІЗАЦІЇ ПРОЕКТНОГО ПРИБУТКУ (ЗАКОРДОННИЙ ДОСВІД)**

к.т.н., доц. Доненко В.І., к.т.н., доц. Антипенко Є.Ю., асп. Книжнікова О.О.

Запорізька державна інженерна академія, м. Запоріжжя

**Постановка проблеми:** Представлені у закордонній і вітчизняній літературі існуючі методи та моделі дослідження проектів, розглядають завдання скорочення тривалості проекту як пріоритетне. Однак застосування даних методів в управлінні проектами призводить до того, що керівництво проекту в значній мірі нехтує фінансовими аспектами проекту.

Інвестор завжди володіє обмеженими фінансовими можливостями, тому останнім часом деякі дослідники зосереджують увагу на максимізації чистого дисконтованого прибутку (ЧДП) проекту, для отримання раціонального графіка реалізації проекту через отриманий план розподілу грошових коштів інвестора.

**Мета дослідження** – огляд і аналіз існуючих закордонних методик, які розглядають знаходження оптимальних або раціональних планів реалізації проектів (програм) за умови максимізації ЧДП із застосуванням сітьового моделювання.

**Матеріал дослідження:** Метод ЧДП відноситься до динамічних методів визначення ефективності проекту, суть яких полягає в приведенні різночасних

грошових потоків (ГП) (витрат та доходів) до одного моменту часу, після чого різночасні витрати та доходи можуть порівнюватись.

Такий показник економічної ефективності проекту, як ЧДП знаходить найбільш широке застосування в проектному аналізі, і являє собою різницю між значеннями всіх проектних доходів та витрат за відповідні часові періоди, перелічені у вартісному значенні. Чистий грошовий потік є основою аналізу ефективності інвестиційного проекту та дослідження його ризикованості, що робить ЧДП основним показником при розробці проекту, визначення його ефективності та прийняття рішення при його реалізації.

ЧДП визначається як:

$$ЧДП = \sum_{t=1}^k \frac{ГП_t}{(1+e)^t} - ГП_0 = \sum_{t=1}^k \frac{ГП_t^{(+)} - ГП_t^{(-)}}{(1+e)^t}, \tag{1}$$

де ГП<sub>t</sub> – грошовий потік періоду t, ГП<sub>t</sub> = ГП<sub>t</sub><sup>(+)</sup> - ГП<sub>t</sub><sup>(-)</sup>;

e – ставка дисконту по проекту;

k – кількість періодів у життєвому циклі проекту.

Метод ЧДП крім визначення ефективності проекту дозволяє розрахувати важливі проектні показники, які мають особливе значення для інвестора: оптимальну тривалість реалізації проекту в цілому і його окремих частин. У момент часу - T<sub>opt</sub> коли функція залежності значення ЧДП від часу досягає свого максимуму на відрізку t = [1 ..., T], визначається оптимальний період реалізації проекту і його окремих етапів.

Ідея максимізації ЧДП, як критерію для визначення термінів виконання проекту була запропонована американським вченим Расселом (Russel A.H.) в 1970г. [12] (див. табл. 1). Рассел розглядав проект у вигляді сітьової моделі, орієнтованої на дуги, що складається з m – робіт з фіксованою тривалістю (d<sub>k</sub>) та n – подій з грошовими потоками (C<sub>i</sub>) в моменти часу T<sub>i(k)</sub>.

Цільова функція за Расселом має вигляд:

$$\sum_{i=1}^n C_i \cdot \beta^{T_i} \Rightarrow \max \tag{2}$$

де  $\beta = 1/(1+r) = e^{-\alpha}$  – коефіцієнт дисконтування.

З лінійними часовими обмеженнями:

$$T_{i(k)} + d_k \leq T_{j(k)}, \quad k = 1, \dots, m \tag{3}$$

Проблему нелінійності функції (2) та обмежень (3) Рассел вирішив за допомогою розкладання цільової функції в ряд Тейлора, і використання процедури наближення (ітераційного підходу) для її лінійної частини. Таким чином, необхідно було максимізувати лінійну функцію, що можливо зробити за допомогою будь-якого з методів лінійного програмування, наприклад з допомогою симплекс методу. Проте Рассел запропонував використовувати принцип подвійності, як ефективний і такий, що дає краще розуміння суті проблеми.

Розроблений Расселом алгоритм дозволяє знаходити оптимальні плани реалізації проекту, проте має слабку збіжність та багато «вузьких» місць, що не дозволяє його використовувати в сучасних умовах. Основним недоліком є, знаходження оптимального розподілу інвестицій тільки на позитивних дугових потоках, не враховуючи присутність негативних дугових потоків.

Пізніше методи максимізації ЧДП розглядали Грінгольд (*Grinold R.C.*), Херроелен (*Herroelen W.S.*), Ельмаграбі (*Elmaghraby S.E.*), Змерековський (*Szmerekovsky*), Вайрактаракис (*Vairaktarakis*), Падман (*Padman R.*), Галленс (*Gallens E.*) та інші.

У останніх роботах Сепіл (*Sepil C.*) та Казаз (*Kazaz B.*) вивчають проблему не обмеженого максимального ЧДП з різними припущеннями [14]. Замість з'єднання негативних та/або позитивних грошових потоків подій на дугах сітьової моделі, їх дослідження направлені на великомасштабні проекти, особливо в будівельному секторі, де контракти з додатковою надбавкою визначають, як деякі платежі (кошторисні витрати, які збільшені на величину прибутку), що повинні бути зроблені на завершуючій стадії періоду, та розглядається, для закінчених і частково закінчених робіт. Вони формулюють проблему, як проблему інтегрального програмування, що використовує криві прибутковості процесів (робіт), що задані кусково-лінійними функціями, для обліку взаємодії змін ЧДП від змін робіт проекту.

Сміт-Деніелс Д. (*Smith-Daniels D.E.*) спробував сформулювати модель обмеженого максимального ЧДП, де єдиний позитивний грошовий потік надходить по завершенню проекту (як наприклад, в проектах з контрактом на обумовлену суму) [15]. Відповідно до передумов про позитивність ЧДП та існування критичного шляху з часовими обмеженнями, роботи, що знаходяться на критичному шляху повинні бути зпівставлені до їх ранніх початків, в той час, як роботи, що не відносяться до критичного шляху, повинні бути зпівставлені до їх пізніх початків. Для цієї задачі Сміт-Деніелс Д. розробляє декілька базових правил визначення ЧДП проекту.

Таблиця 1

**Класифікація методів максимізації ЧДП**

| Позначка | Орієнтовані на події                               |               | Орієнтовані на дуги                                 |               |                       |
|----------|--|---------------|---|---------------|-----------------------|
|          |  |               | Поетапні виплати                                    |               | Виплата по закінченню |
|          | Оптимальні   | Субоптимальні | Оптимальні  | Субоптимальні |                       |
| I        | Russel<br>Grinold<br>Elmaghraby<br>ma<br>Herroelen | -             | Demeuleme<br>ester ma<br>inui.<br>Sepil ma<br>Kazaz | -             | Smith-<br>Daniels     |
| II       | -  | -             | -   | -             | Buss ma<br>Rosenblatt |

|       |                       |   |  |   |   |
|-------|-----------------------|---|--|---|---|
| III.A | -                     | Russel<br>Padman ma<br>Smith-Daniels<br>Özdamar ma<br>inui. | Yang ma<br>inui.<br>Baroum<br>Icmeli ma<br>Erengüç   | Ulusoy ma<br>Özdamar<br>Baroum ma<br>Patterson<br>Icmeli ma<br>Erengüç<br>Yang ma inui.<br>Smith-Daniels<br>ma Aquilano | - |
| III.B | -                     | Padman ma<br>Smith-Daniels                                  | Doersch ma<br>Patterson<br>Smith-<br>Daniels<br>Patterson<br>ma inui.<br>Dayanand<br>ma Padman | -   | - |
| III.B | -                     | Ulusoy ma<br>Özdamar  | -  | -   | - |
| IV    | Dayanand<br>ma Padman | -   | Dayanand<br>ma Padman  | -   | - |

I - Детерміністичні методи максимізації ЧДП необмеженого по ресурсах.

II - Стохастичні методи максимізації ЧДП необмеженого по ресурсах.

III- Максимізація ЧДП з обмеженими ресурсами:

III.A - З поновлюваними ресурсами;

III.B - З не відновлювальними ресурсами;

III.B - Ресурсами з подвійними обмеженнями.

IV - Знаходження графіка фінансування

Істотний внесок в надзвичайно складну проблему не стохастичного обмеженого максимального ЧДП внесли Басс (*Buss A.H.*) і Розенблатт (*Rosenblatt M.J.*) [3]. Автори розглядають сітьову модель роботи-дуги, в яких тривалість робіт розподілена по експоненті з відомим середнім і різницею. Вони прагнуть до визначення оптимальної величини затримки робіт, після їх раннього початку, щоб максимізувати очікувану поточну вартість проекту.

Діксит (*Dixit A.K.*) і Піндик (*Pindyck R.S.*) розглядають базисну теорію необоротних інвестицій, що враховують різні характеристики в умовах невизначеності (наприклад, опціони та інвестиційні можливості) [6].

Концептуально, ресурсні обмеження для поновлюваних ресурсів приймають наступний вигляд:

$$\sum_{i \in S_t} r_{ik} \leq b_k, \quad t = 1, 2, \dots, f_n, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

де  $r_{ik}$  – кількість замінованого типу ресурсу до заданого роботою,  $i$ ,  $b_k$  - повна доступність типу ресурсу  $k$ ,  $f_n$  - змінна, що позначає термін звершення кінцевої події проекту і  $S_t = \{i: f_i - d_i < t \leq f_i\}$ , з  $d_i$  фіксованою тривалістю роботи  $i$  з безлічі робіт на інтервалі часу  $[t - 1, t]$ .

Янг (*Yang K.K.*) та інші [20] описують цілочисельний алгоритм проблеми знаходження максимального ЧДП з обмеженими ресурсами на сітьовій моделі

роботи-вузли, припускаючи, що початок робіт вимагає капіталовкладень, які повертаються по завершенню робіт. Автори використовують припущення, що ГП (платежі готівкою та грошові витрати) відбуваються впродовж виконання кожної роботи. Цінність завершення визначається для робіт, сполучаючи вимоги до капіталу і зв'язані ГП до кінця робіт. Іншими словами, вартість робіт до моменту їх закінчення, буде:

$$D_j = \sum_{t=1}^{d_j} F_{jt} \cdot e^{\alpha(d_j-t)} + C_j \cdot (1 - e^{-\alpha d_j}), \quad (5)$$

де  $D_j$  – граничне значення ГП в роботі  $j$  по закінченню;  $F_{jt}$  – ГП роботи  $j$  в періоді  $t$ ,  $t = 1, 2, \dots, d_j$ ;  $e^{-\alpha}$  – коефіцієнт дисконтування;  $d_j$  – тривалість роботи  $j$ ;  $C_j$  – капіталовкладення роботи  $j$ .

Перший доданок в рівнянні (5) дає суму грошових потоків, пов'язаних з роботою, що дисконтується до закінчення роботи ( $F_{jt}$ ). Різниця ( $d_j - t$ ) дає кількість періодів, в яких ГП знецінюється на завершуючій стадії періоду  $t$ . Друга частина рівняння (5) надає оцінку можливої додаткової вартості від утримання початкових інвестицій ( $C_j$ ) впродовж терміну виконання роботи.

Враховуючи премії (штрафи) при завершенні проекту, представлена цільова функція може використовуватися наступним чином:

$$\max \sum_{j=1}^n q_{f_j} \cdot D_j + q_{f_n} \cdot B_{f_n}, \quad (6)$$

де,  $q_t$  – коефіцієнт дисконтування по  $t$  періодах до часу 0;  $B_t$  – премія по закінченню проекту в періоді  $t$  ( $B_t < 0$  має на увазі, що  $B_t$  - штраф);  $f_j$  – ціла змінна, що представляє кінець часу роботи  $j$  ( $f_n \leq$  проектний термін закінчення робіт).

Бароум (*Baroum S.M.*) розглядає окремий випадок проблеми максимального ЧДП з обмеженими ресурсами, де роботи тільки з позитивним ГП (тобто позитивне значення  $D_j$  в рівнянні (5)) враховують при закінченні проекту [1].

Ікмелі (*Icmeli O.*) і Еренгюк (*Erenguc S.S.*) представили процедуру методу дерев та меж для проблеми максимального ЧДП з обмеженими ресурсами [9]. Всупереч Бароум вони враховують позитивні і негативні грошові потоки.

Процедура методу дерев та меж також розглядає розповсюджену ДН-процедуру (Демеулеместера (*Demeulemeester E.*) та Херарослена (*Herroelen W.*) для вирішення проблеми мінімальної тривалості проекту з обмеженими ресурсами [5].

Рассел (*Russel R.A.*) був перший хто застосував евристику для вирішення проблеми максимального ЧДП з обмеженими ресурсами [13]. Він аналізував сітьові моделі роботи-дуги, спираючись на вузли моделі, пов'язуючи позитивні та негативні грошові потоки відповідним подіям.

Сміт-Деніелс Д. і Акьюлено (*Aquilano N.J.*) [16] вважали, що проблема максимального ЧДП з обмеженими ресурсами, вирішується на сітьовій моделі типу роботи-вузли, де вихідні грошові потоки знаходяться на початку кожної роботи, та єдиноразовий платіж (вхідний грошовий потік, що дорівнює вартості роботи з відсотком) акумулюється по закінченню проекту.

Бароум і Патерсон пропонують евристичну процедуру [2], яка заснована на понятті ваги грошового потоку (ВГП). ВГП робіт ґрунтується на сумі грошових потоків відповідних робіт та грошових потоків робіт, які повинні логічно слідувати за проектом.

Ґрунтуючись на дослідженні проблеми планування робочого часу, Падман і Сміт-Деніелс Д. висувають гіпотезу, що пріоритетні роботи проекту виконуться відповідно до розкладу з максимальною інтенсивністю покращуючі ЧДП проекту, при цьому зменшуючи потенційно вузькі місця, викликані конфліктами ресурсів [11].

Оздамар (*Özdamar L.*) та інші прагнуть до максимізації ЧДП та зменшенню величини виробничих затримок на сітьовій моделі (роботи-дуги), що підпорядковані терміну закінчення, а грошові притоки та відтоки пов'язані з вузлами моделі [10].

Улусой (*Ulusoy G.*) і Оздамар також застосовують цей тип ітераційної процедури планування для багаточільової задачі зменшення проектних затримок та максимізації ЧДП [18].

Ікмелі і Еренгюк [8] вивчають проблему максимального ЧДП з обмеженими ресурсами на сітьових моделях (роботи-вузли), що використовують подібні припущення до Янга та інших (де цільова функція описується рівнянням (6) з урахуванням залежності (5), для обчислення значення завершення робіт) [19].

Доерч (*Doersch R.H.*) і Патерсон були першими хто вивчив капітал, як обмежений неповновлований ресурс в контексті проблеми максимального ЧДП з обмеженими ресурсами [7]. Вони розглядають в своїх роботах модель використовуючи функцію (6) та додають до поновлованих обмежених ресурсів (4) набір обмежень, які відображають використання капіталу в кожному часовому періоді.

Сміт-Деніелс Д. та Сміт-Деніелс В. (*Smith-Daniels V.L.*) [17] використовували двійкову систему числень в своїй моделі, що дозволяє вартість матеріалів та обмеження додавати до базисного обмеженого капіталу моделі Доерча та Патерсона. Матеріально-заготовчі витрати розглядаються, як витрати і не вважаються використанням доступного капіталу і відносяться до часового інтервалу, в якому отримано замовлення. Вартість матеріальних запасів освоюється повністю до закінчення відповідного періоду і, таким чином, освоєна вартість віднімається від інвестиційного капіталу.

Вище перераховані моделі припускають, що часові показники та кількість ГП відомі. Даянанд (*Dayanand N.*) та Падман стверджують, що виконавець зазвичай знає витрати, пов'язані з будівельними роботами, але величина і часові характеристики платежів – важливі змінні, які можуть бути договірними для поліпшення фінансового прибутку [4].

**Виводи.** В роботі представлені численні закордонні моделі (див. табл. 1) вирішення проблем планування у будівельній галузі з дисконтованими грошовими надходженнями. Більшість досліджень приймають детерміновану постановку, в якій тривалості робіт, ГП і коефіцієнт дисконтування відомі на початку проекту.

Незважаючи на моделі та результати, висвітлені в цьому огляді та багато досліджень, що здійснюються, досвід вказує, що використання критерію максимального ЧДП, ще не знаходить застосування у щоденних рішеннях керівництва проекту. І це пояснюється наступними чинниками: по-перше, це, у багатьох випадках, мале розуміння значення і важливості фінансових критеріїв та результатів серед практиків на стадії планування проекту; по-друге, критерій максимізації ЧДП слабо опрацьовується та враховується при створенні автоматизованих систем підтримки та ухвалення рішень. Тільки деякі, із згаданих досліджень були впроваджені та використані в реальних комерційних програмних продуктах з планування, управління проектами та ухвалення рішень. Тому, розглянуті дослідження потребують подальшого аналізу і поліпшення для впровадження в автоматизованих програмних рішеннях з управління проектами.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Baroum S.M. An Exact Solution Procedure for Maximizing the Net Present Value of Resource-Constrained Projects: Indiana University, 1992.
2. Baroum S.M., Patterson J.H. A Comparative Evaluation of Cash Flow Weight Heuristics for Maximizing the Net Present Value of a Project: King Abdul Aziz University, June 1993.
3. Buss A.H., Rosenblatt M.J. Activity Delay in Stochastic Project Networks: Washington University, November 1993.
4. Dayanand N., Padman R. On Modeling Progress Payments in Projects: Carnegie Mellon University, December 1995.
5. Demeulemeester E., Herroelen W., Van Dommelen P. An Optimal Recursive Search Procedure for the Deterministic Unconstrained Max-npv Project Scheduling Problem: Department of Applied Economics, K.U. Leuven, 1996.
6. Dixit A.K., Pindyck R.S. Investment under Uncertainty: Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1994.
7. Doersch R.H., Patterson J.H. Scheduling a Project to Maximize its Present Value: A Zero-One Programming Approach – Management Science, 23, 1977. – pp.882-889.
8. Icmeli O., Erengii S.S. A Tabu Search Procedure for Resource Constrained Project Schedule to Improve Project Scheduling Problems with Discounted Cash Flows – Computers and Operations Research, 21, 1994. – pp. 841-853.
9. Icmeli O., Erengii S.S. A Branch and Bound Procedure for the Resource Constrained Project Scheduling Problem with Discounted Cash Flows: Cleveland State University, July 1995.
10. Ozdamar L., Ulusoy G., Bayyigit M. A Heuristic Treatment of Tardiness and Net Present Value Criteria in Resource Constrained Project Scheduling: Department of Industrial Engineering, Marmara University, October 1994.
11. Padman R., Smith-Daniels D.E. Maximizing the Net Present Value of Capital Constrained Projects: An Optimization-Guided Approach: Camegie Mellon University, September 1993a.
12. Russell A.H., Cash Flows in Networks – Management Science, 16, 1970. – pp.357-373.

13. Russell R.A. A Comparison of Heuristics for Scheduling Projects with Cash Flows and Resource Restrictions – Management Science, 32, 1986. – pp.291-300.
14. Sepil C., Kazaz B. Project Scheduling with Discounted Cash Flows and Progress Payments: Middle East Technical University, Ankara, 1994.
15. Smith-Daniels D.E. Summary Measures for Predicting the Net Present Value of a Project: College of St. Thomas, St. Paul, Minnesota, 1986.
16. Smith-Daniels D.E., Aquilano N.J. Using a Late-Start Resource-Constrained Project Schedule to Improve Project Net Present Value – Decision Sciences, 18, 1987. – pp.617-630.
17. Smith-Daniels D.E., Smith-Daniels V.L. Maximizing the Net Present Value of a Project Subject to Materials and Capital Constraints – Journal of Operations Management, 7, 1987. – pp.33-45.
18. Ulusoy G., Ozdamar L. A Heuristic Scheduling Algorithm for Improving the Duration and Net Present Value of a Project – International Journal of Operations and Production Management, 15, 1995. – pp.89-98.
19. Yang K.K., Talbot F.B., Patterson J.H., "Scheduling a Project to Maximize Its Net Present Value: An Integer Programming Approach – European Journal of Operational Research, 64, 1992. – pp.188-198.
20. Yang K.K., Tay L.C., Sum C.C., "A Comparison of Stochastic Scheduling Rules for Maximizing Project Net Present Value – European Journal of Operational Research, 85, 1995. – pp.327-329.

#### УДК 681.518:332.8

#### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НАИСКОРЕЙШЕГО ВЫХОДА ФИРМЫ НА ЗАДАННУЮ ПОТРЕБНОСТЬ

д.т.н., проф. Ершова Н.М., соиск. Лавренко И.В., соиск. Шибко О.Н.  
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

**Проблема.** При разработке стратегии развития фирмы важно решить задачу формирования ассортимента продукции, в наибольшей степени удовлетворяющего актуальные индивидуальные и общественные потребности потенциальных покупателей и обеспечивающего на этой основе систематическое получение фирмой прибыли для реализации программы расширенного воспроизводства. Необходимо также выяснить время выхода фирмы на заданную производственную мощность, которая определяется потребностью в строительной продукции  $P(t)$ . Это задача наискорейшего выхода фирмы на потребность. Решается она методами теории оптимального управления.

**Постановка задачи.** Решить задачу наискорейшего выхода фирмы на потребность и определить необходимые для этого условия.

**Метод простого перебора.** Уравнение производственной мощности фирмы имеет вид [1]: