

О. Є. Федорович, Ю. Л. Прончаков

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Україна

## МЕТОД ТА МОДЕЛІ ВИБОРУ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ПІДПРИЄМСТВА, ЩО РОЗВИВАЄТЬСЯ ДО НАЙБЛИЖЧОЇ ЦІЛІ РЕФОРМУВАННЯ

**Анотація.** Предметом дослідження в публікації є процес модернізації підприємства, що розвивається в умовах обмежених можливостей (витрат, строків, ризиків). Метою роботи є розробка методів та моделей, спрямованих на дослідження досягнення найближчих цілей реформування підприємства. В статті вирішуються наступні задачі: аналізуються цілі розвитку підприємства та робиться висновок відносно реалістичності досягнення найближчих цілей, які володіють мінімальним ризиком в умовах обмежених можливостей підприємства. Формується траєкторія руху до найближчої цілі, яка складається з кроків, пов'язаних з обмеженими можливостями підприємства. Кожний виконаний крок пов'язаний з вибором одного з можливих напрямів руху до найближчої цілі та оцінкою витрат, строків та ризиків для нового кроку. Ітеративний покроковий процес закінчується досягненням найближчої цілі. Запропоновані показники та фактори, пов'язані із досягненням найближчої цілі. Розглянуто дві постановки задачі для оптимізації витрат, строків та ризиків. Перша постановка задачі, пов'язана з якісним представленням значень показників та факторів. Запропоновано метод лексикографічного впорядкування «слів», які складаються з лінгвіністичних змінних. Шляхом впорядкування «слів», здійснюється вибір варіанту заходів реформування з оптимальними значеннями показників. Для другої постановки та рішення оптимізаційної задачі використано метод на основі кількісних оцінок з залученням булевих змінних. Проводиться оптимізація окремих (локальних) показників, а також компромісна оптимізація в умовах протиріччя показників. Запропоновано метод для оцінювання важливості показників у випадку суперечливих представлень експертами великої початкової невизначеності. В методі використовується величина розкиду оцінок показників для різних варіантів заходів, що проводяться відносно реформування підприємства. В роботі використані наступні методи: системний аналіз для представлення стратегій та траєкторій руху до найближчої цілі реформування; послідовні методи оптимізації, засновані на ітеративному процесі руху до цілі; метод якісного оцінювання варіантів за допомогою лінгвіністичних змінних та лексикографічного впорядкування варіантів; метод цілочисельної оптимізації та цілочисельного вибору варіантів реформування; метод оцінки важливості показників, заснований на величині розкиду значень показників для множини досліджуваних варіантів заходів, пов'язаних з реформуванням виробництва; метод багатокритеріальної оптимізації для пошуку компромісного рішення при виборі варіанту реформування підприємства. Були отримані наступні результати: обґрунтовано траєкторію руху до найближчої цілі реформування підприємства у вигляді ітеративного процесу досягнення цілі; представлені показники та фактори, які впливають на досяжність найближчої цілі реформування підприємства в умовах обмежених можливостей; запропоновано метод якісного оцінювання та оптимізації основних показників підприємства, що розвивається; представлено оптимізаційну модель для вибору найліпшого варіанту заходів, що проводились відносно реформування, заснованих на цілочисельній оптимізації за допомогою булевих змінних; запропоновано метод для вибору «ваги» (значимості) показників, заснований на величині розкиду оцінок показників на множині можливих заходів щодо реформування виробництва; запропонована оптимізаційна модель для вибору компромісного рішення з урахуванням отриманих значень «ваги» окремих показників

**Ключові слова:** траєкторія руху до найближчої цілі підприємства, що розвивається; вибір раціональних варіантів заходів, що проводились відносно реформування; якісні та кількісні оцінки показників та факторів в оптимізації; лексикографічне впорядкування варіантів; визначення значимості показників за допомогою величин розкиду оцінок показників; пошук компромісних рішень.

### Вступ

Глобалізація та турбулентність економічних процесів привела до необхідності планування процесів в умовах короткострокової перспективи [1, 2, 3]. Динаміка зміни вимог, велика невизначеність та непередбачуваність ринків збуту високотехнологічної продукції вимагають перегляду стратегії використання довгострокових прогнозів, які мають великі ризики невиконання та беззмстовні витрати [4, 5, 6]. Тому актуальна тема запропонованої публікації, в якій розглядається проблема формування та реалізації найближчих цілей реформування підприємства в умовах динамічних змін вимог ринку та обмежених можливостей підприємства.

### 1. Постановка завдання дослідження

Рух підприємства до наміченої найближчої цілі можна представити у вигляді деякої траєкторії у просторі основних факторів, які впливають на дося-

гнення цілі [7-9]. Наприклад, найближча ціль підприємства представляє покращення конкурентоспроможності [10-12]. Показниками та факторами, які впливають на досягнення цілі є якість (продукції та процесів виробництва), витрати на модернізацію, строки реформування, ризики досягнення цілі [13-15]. З-за обмежених можливостей підприємства рух до цілі за наміченої траєкторією буде здійснюватись покроково. При цьому на кожному  $e$ -му кроці, після його завершення, визначається ступень близькості до наміченої цілі, а також витрати, час виконання  $e$ -го кроку та ризики, які були подолані. Таким чином, досягнення найближчої цілі представляє собою ітеративний процес у вигляді послідовності кроків. На кожному  $e$ -му кроці проводяться заходи щодо поліпшення конкурентоспроможності, які приводять до зміни значень показників  $K$ ,  $Q$ , де  $K$  – рівень конкурентоспроможності продукції підприємства;  $Q$  – рівень якості та факторів  $W$ ,  $T$ ,  $R$ , де  $W$  – витрати на проведення заходів щодо реформування підприємства

тва;  $T$  – час, який було витрачено на модернізацію підприємства;  $R$  – ризики досягнення найближчої цілі. В незалежності від обмежених ресурсів підприємства на кожному  $e$ -му кроці можливі наступні стратегії досягнення найближчої цілі:

- мінімізація витрат,
- мінімізація часу витраченого на заходи щодо реформування підприємства;
- мінімізація ризиків;
- компромісна стратегія.

## 2. Рішення завдання дослідження

В залежності від ступеня невизначеності, пов'язаної з неповною інформацією та передбачуваністю поведінки зовнішнього середовища (конкурентоздатність ринків високотехнологічної продукції, що змінюється, економічна нестабільність та інш.) значення показників  $K$ ,  $Q$ , а також фактори  $W$ ,  $T$ ,  $R$  можуть бути надані в якісному або кількісному вигляді. Розглянемо якісні представлення значень показників та факторів. В цьому випадку можна скористатися лінгвістичними змінними  $X_j$ , значення яких задаються експертами. Наприклад, для фактора витрат  $W$ :

$$X_W = \begin{cases} A - \text{мінімальні затрати;} \\ B - \text{задовільні затрати;} \\ C - \text{великі затрати;} \\ D - \text{неприпустимі затрати;} \\ \text{(не відповідають можливостям підприємства).} \end{cases}$$

Тоді захід, що проводиться із множини можливих на  $e$ -му кроці досягнення цілі можна представити у вигляді деякого «слова»:

$$X_K, X_Q, X_W, X_T, X_R$$

де  $X_j$  має значення  $A, B, C, D$  для кожного представлення змінної  $X_j$ . Внутрішній зміст «слова» впорядковано в залежності від важливості показників (факторів). Розглянемо приклад пошуку найкращого, з точки зору витрат, заходу, який містить комплекс робіт, спрямованих на покращення конкурентоспроможності  $K$  та якості  $Q$  продукції, що випускається з урахуванням множини можливих варіантів заходів. В цьому випадку змінну  $X_j$  розташуємо в наступному порядку з урахуванням важливості показників (факторів)  $X_W, X_K, X_Q, X_T, X_R$ . Нехай, експерти надали множину можливих варіантів у вигляді набору неупорядкованих «слів» (значень показників (факторів)):

1.  $B B C B A$
2.  $A C B C B$
3.  $C A B A C$
4.  $A B C C B$
5.  $B B B B A$

Шляхом лексикографічного впорядкування «слів» можна відокремити варіант з мінімальними витратами та задовільними значеннями інших показників.

В результаті отримуємо:

4.  $A B C C B$
2.  $A C B C B$
5.  $B B B B A$
1.  $B B C B A$
3.  $C A B A C$

У прикладі, що розглядається, найкращим варіантом є четвертий, у якого мінімальні витрати (значення  $A$ ) та відносно добрі значення показників конкурентоспроможності. Якщо необхідно знайти компромісне рішення відносно всіх показників, то в цьому випадку експерти повинні надати бажане рішення у вигляді деякого контрольного «слова», наприклад,  $B B B B B$ . Це контрольне «слово» поміщається та впорядковується в існуючому списку «слів», наведених можливим варіантом заходів. Для нашого прикладу отримуємо:

4.  $A B C C B$
2.  $A C B C B$
5.  $B B B B A$
- $B B B B B$
1.  $B B C B A$
3.  $C A B A C$

Найближчим «словом» до контрольного  $B B B B B$  є 5-й варіант заходів  $B B B B A$ , який можна використовувати для досягнення найближчої цілі, пов'язаної з поліпшенням конкурентоспроможності підприємства. Якщо оцінки показників та факторів можна представити в кількісному вигляді, то скористаємося значенням булевих змінних  $X_e$ , де

$$X_e = \begin{cases} 1 - \text{якщо обрано } e\text{-захід} \\ 0 - \text{у іншому випадку.} \end{cases}$$

Тоді показники (фактори) можна представити у такому вигляді:

$$K = \sum_{e=1}^M K_e X_e; \quad Q = \sum_{e=1}^M Q_e X_e; \\ W = \sum_{e=1}^M W_e X_e; \quad T = \sum_{e=1}^M T_e X_e; \quad R = \sum_{e=1}^M R_e X_e,$$

де  $M$  – кількість можливих заходів щодо модернізації виробництва.

Для проведення оптимізації за окремим показником, наприклад, конкурентоспроможність  $K$ , необхідно скористатися одним із методів лінійного цілочисельного програмування (модернізований метод гілок та границь):

$$\max K; \quad K = \sum_{e=1}^M K_e X_e,$$

при виконанні обмежень:

$$Q \geq Q', \quad Q = \sum_{e=1}^M Q_e X_e; \quad W \leq W', \quad W = \sum_{e=1}^M W_e X_e;$$

$$T \leq T', T = \sum_{e=1}^M T_e X_e; \quad R \leq R', R = \sum_{e=1}^M R_e X_e,$$

де  $Q', W', T', R'$  – допустиме значення показників (факторів).

При цьому  $\sum_{e=1}^M X_e = 1$ , що означає обов'язковий

вибір конкретного заходу із множини можливих. Для пошуку компромісних рішень необхідно вказати важливість або «вагу» окремих показників (факторів), пов'язаних з досягненням найближчої цілі реформування. Дуже часто експерти не можуть або дають суперечливі оцінки важливості показників. Тому пропонуємо метод оцінки важливості показників (факторів), заснований на кількісних представленнях показників, оцінки, яких містяться у множині можливих варіантів заходів.

Якщо впорядкувати значення показників (факторів) за зростанням, то отримаємо мінімальні та максимальні значення показників (факторів) з усієї множини можливих заходів щодо реформування виробництва. Нас буде цікавити величина діапазону зміни значень показників (факторів). Чим більше діапазон у значеннях показників, тим більш дошкульніше показник (фактор). І навпаки, чим менш діапазон змін – тим менш дошкульніше показник (фактор) у множині варіантів. Найбільш дошкульні до змін значень показники (фактори) будуть відповідати найбільшій їх важливості. Тоді для розрахунку важливості (ваги) показників необхідно повести наступні дії:

1. Визначити відносну величину зміни значень за кожним показником (фактором) та пронормувати з урахуванням множини варіантів заходів:

$$\Delta F_i = (F \max_i - F \min_i) / \sum_{i=1}^M F_i,$$

де  $F \max_i$  – максимальне значення  $i$ -го показника (фактора),  $F \min_i$  – мінімальне значення  $i$ -го показника (фактора).

2. Провести розрахунок важливості (ваги) окремих показників (факторів):

$$\alpha_i = \Delta F_i / \sum_{i=1}^M \Delta F_i, \quad \sum_{i=1}^m \alpha_i = 1,$$

де  $m$  – кількість показників (факторів).

Для пошуку компромісного рішення скористуємося мінімізацією комплексного показника у вигляді адитивної згортки.

Для нашого прикладу:

$$\min F; \quad F = \alpha_K \cdot \hat{K} + \alpha_Q \cdot \hat{Q} + \alpha_W \cdot \hat{W} + \alpha_T \cdot \hat{T} + \alpha_R \cdot \hat{R},$$

$$\text{де } \hat{K} = \frac{K^* - K}{K^* - K'}, \quad \hat{Q} = \frac{Q^* - Q}{Q^* - Q'}, \quad \hat{W} = \frac{W - W^*}{W' - W^*},$$

$$\hat{T} = \frac{T - T^*}{T' - T^*}, \quad \hat{R} = \frac{R - R^*}{R' - R^*},$$

де  $K', Q', W', T', R'$  – допустимі значення показників (факторів);  $K^*, Q^*, W^*, T^*, R^*$  – екстремальні значення показників (факторів).

$$K = \sum_{e=1}^M K_e X_e, \quad Q = \sum_{e=1}^M Q_e X_e, \quad W = \sum_{e=1}^M W_e X_e,$$

$$T = \sum_{e=1}^M T_e X_e, \quad R = \sum_{e=1}^M R_e X_e, \quad \sum_{e=1}^M X_e = 1.$$

## Висновки

В роботі отримані наступні результати. В теоретичному плані розроблено методологічний підхід, спрямований на оцінку можливостей реформування підприємства для реалізації найближчої цілі. Процес руху до найближчої цілі наведено у вигляді траєкторії з покроковим переходом від поточного стану до наступного. Кожний раз, при цьому, коректується напрям руху до найближчої цілі реформування підприємства та оцінюються витрати часу виконання заходів та ризику. В залежності від невизначеності кожного кроку, оцінки показників та витрат представлені якісно та кількісно. Розроблено метод для якісного оцінювання варіантів заходів, заснований на лінгвістичних змінних. При використанні кількісних оцінок за допомогою булевих змінних, представлені основні показники та фактори, пов'язані з оптимізацією проведення заходів щодо реформування підприємства. Розроблено метод оцінки важливості показників, заснований на величині діапазону кількісних оцінок варіантів заходів, що проводилися.

Запропонований підхід доцільно використовувати на початковому етапі реформування підприємства, коли формується найближча ціль модернізації виробництва, визначаються показники та фактори для досягнення найближчої вибраної цілі. В подальшому, при покроковій стратегії руху до найближчої цілі, необхідно враховувати обмеження можливості підприємства на кожній ітерації реформування.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Клыкков, Ю. Н. Ситуационное управление большими системами [Текст] / Ю. Н. Клыкков. – М. : Энергия, 1974. – 136 р.
2. Lindgren, M. Scenario Planning The link between future and strategy [Text] / M. Lindgren, N. Bandhold. – Palgrave Macmillan UK, 2002. – 180 p. DOI: 10.1057/9780230511620.
3. Мелёхин, В. Б. Теоретические аспекты эффективного управления поведением социально-экономических объектов в нестабильной окружающей среде [Электронный ресурс] / В. Б. Мелёхин, Н. Ш. Шихалиева // Интернет журнал «Науковедение». – 2014. – Вып. 4 (23), – Режим доступа: <https://naukovedenie.ru/PDF/116EVN414.pdf>. – 11.02.2020.
4. Ямпольский, С. М. Ситуационный подход к управлению организационно-техническими системами при планировании операции [Текст] / С. М. Ямпольский, А. Н. Костенко // Научно-технические технологии в космических исследованиях Земли. – 2016. – Том. 8. – №. 2. – С. 62–69.

5. Uskenbayeva, R. K. Situational Management for Process Implementation of Working Operations of the Business Process [Text] / R. K. Uskenbayeva, B. K. Kurmangaliyeva, D. Yedilkhan // 54th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE) . – Hangzhou; China, 2015. – P. 292–297. DOI: 10.1109/SICE.2015.7285573.
6. Системы поддержки принятия решений в управлении проектами, основанные на качественных методах [Текст] / О. Н. Гуца, Д. Б. Ельчанинов, А. П. Порван, С. В. Якубовская // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Стратегическое управление, управление портфелями, программами и проектами. – X. : НТУ "ХПИ", 2017. – № 3 (1225). – С. 82-88. DOI: 10.20998/2413-3000.2017.1225.14.
7. Кравец, Р. О. Динамічна координація стратегій мультиагентних систем [Текст] / Р. О. Кравец // Бюлетень Національного університету «Львівська політехніка». – 2011. – No. 699. – P. 134–144.
8. Федорович, О. Е. Использование компонентно-компетентностного подхода для формирования кооперации исполнителей инновационного заказа при создании сложной аэрокосмической техники [Текст] / О. Е. Федорович, О. А. Гайденко, В. А. Пуйденко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2018. – № 2 (146). – С. 54-58. DOI: 10.32620/akt.2018.2.07.
9. Федорович, О. Е. Логистика выполнения портфеля заказов высокотехнологической продукции развивающегося виртуального предприятия [Текст] / О. Е. Федорович, Ю. Л. Прончаков // Авиационно-космическая техника и технология. – 2016. – № 3 (130). – С. 99-102.
10. Roszak, M. T. Zarządzanie jakością w praktyce inżynierskiej [Text] / M. T. Roszak // Open Access Library. – 2014. – Vol. 1 (31). – 150 p.
11. Pawluczuk, Ju. К проблеме управления производственными ресурсами предприятия [Текст] / Ju. Pawluczuk // Zarządzanie : Teoria i praktyka. – 2011. – № 1(3). – С. 17-26.
12. Федорович, О. Е. Методы и модели исследования виртуальных производств, ориентированных на выпуск высокотехнологической продукции [Текст] / О. Е. Федорович, К. О. Западня, О. А. Гайденко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2017. – № 1 (136). – С. 54–59.
13. Гюльмамедов, Р. Г. Метод построения стратегии в системах ситуационного управления [Текст] / Р. Г. Гюльмамедов // Информационно-управляющие системы. – 2011. – No. 6. – P. 36–39.
14. Paulsen, S. Summary of the Workshop on information and communication technologies supply chain risk management [Text] / S. Paulsen, J. Voens. – National Institute of Standards and Technology, 2012. – 21 p.
15. Белл, Е. А. Віртуальні підприємства як елемент підвищення інноваційної активності та привабливості малого та середнього бізнесу [Текст] / Е. А. Белл // Вісник Хмельницького національного університету: Економічні науки. – 2009. – No. 1. – P. 162–166.

Received (надійшла) 30.03.2020

Accepted for publication (прийнята до друку) 08.05.2020

#### Method and models to select the trajectory of developing enterprise moving to the immediate reform goal

O. Fedorovich, Yu. Pronchakov

**Abstract.** The subject of research in the publication is the process of modernization of a developing enterprise in terms of limited opportunities (costs, timing, risks). The aim of the work is to develop methods and models aimed at researching the achievement of the immediate goals of enterprise reform. The following tasks are solved in the article: the development goals of the enterprise are analyzed and a conclusion regarding the feasibility of achieving immediate goals that have minimal risk in the face of limited enterprise capabilities is made. A trajectory of movement to the immediate goal which consists of steps related to the limited capabilities of the enterprise is formed. Each step taken is associated with the selection of one of the possible directions of movement towards the immediate goal and the assessment of costs, timelines and risks for the new step. An iterative step-by-step process ends if the immediate goal is achieved. The indicators and factors associated with the achievement of the immediate goal are proposed. Two problem statements for optimizing costs, timelines and risks are considered. The first statement of the problem is related to the qualitative presentation of the values of indicators and factors. The method of lexicographic ordering of "words", which consist of linguistic variables is proposed. By streamlining the "words", a choice of the option of reform measures with optimal values of indicators is made. For the second statement and solution of the optimization problem, the method based on quantitative estimates involving Boolean variables is used. Optimization of individual (local) indicators as well as compromise optimization in the conditions of inconsistency of indicators are carried out. The method for assessing the importance of indicators in case of conflicting representations of large initial uncertainty by experts is proposed. The method uses the scatter of the estimates of indicators for various options for activities undertaken in relation to the reform of the enterprise. The following methods have been used in the work: system analysis to represent strategies and trajectories of movement toward the immediate goal of reform; sequential optimization methods based on an iterative process of moving toward a goal; a method for the qualitative assessment of options using linguistic variables and lexicographic ordering of options; the method of integer optimization and integer choice of reform options; a method for assessing the importance of indicators, based on the magnitude of the dispersion of indicator values for the set of investigated options for activities related to the reform of production; multicriteria optimization method to find a compromise solution when choosing an enterprise reform option. The following results have been obtained: a reasonable trajectory of movement towards the immediate goal of enterprise reform in the form of iterative process of goal achievement; indicators and factors affecting the attainability of the immediate goal of enterprise reform in terms of limited opportunities are presented; the method of qualitative assessment and optimization of the main indicators of a developing enterprise is proposed; optimization models are presented for choosing the best option for the measures taken in relation to reform based on integer optimization using Boolean variables; the method to select the "weight" (significance) of indicators, based on the magnitude of the dispersion of estimates of indicators on the set of possible measures for reforming production is proposed; the optimization model to select a compromise solution taking into account the obtained "weight" values of individual indicators is proposed.

**Keywords:** trajectory of movement towards the immediate goal of a developing enterprise; selection of rational options for measures taken in relation to reform; qualitative and quantitative estimates of indicators and factors in optimization; lexicographical ordering of options; determination of the significance of indicators using the scatter values of indicator estimates; search for compromise solutions.