

ЕКОНОМІКА І УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

Борис ПАПКОВ

Розглянуто комплекс заходів з управління ризиками в електроенергетиці. Науково обґрунтовано доцільність застосування ризик-менеджменту для вирішення прикладних завдань в електроенергетиці, з метою підвищення надійності та ефективності її функціонування.

Ключові слова: *ризик-менеджмент, ризик, ризики в електроенергетиці, оцінка ризиків.*

Сучасна економічна наука представляє ризик як вірогідну подію, в результаті настання якої можуть відбутися позитивні, нейтральні або негативні наслідки. Якщо ризик припускає наявність як позитивних, так і негативних результатів, то він відноситься до спекулятивних ризиків. Якщо ж внаслідок реалізації ризику можуть наступити або негативні результати, або їх може не бути зовсім, такий ризик називається чистим. *Актуальність* дослідження проблем ризиковості розвитку національної економіки та її окремих складових посилилася останнім часом у зв'язку з появою нових екзо- та ендогенних чинників.

Загальна класифікація, постановка і конкретна реалізація завдань ризик-менеджменту в електроенергетиці *розглядалися* в [1, 2].

Оскільки ризик – багатовимірний вектор із кількісними і якісними компонентами, основними домінуючими показниками його є імовірність подій та їх наслідки. Об'єкти електроенергетики є складними структурами з множиною елементів устаткування, призначеного як для основного технологічного процесу, так і для забезпечення його захисту, безпеки обслуговуючого персоналу і споживачів електричної енергії. Працездатність елементів і систем електроенергетики (генераторів, трансформаторів, ЛЕП, двигунів, електротехнологічних установок і ін.), характеризується низкою показників надійності. Розрахунок їх зводиться до зіставлення розрахункових параметрів з їх граничними (допустимими) значеннями згідно до умов експлуатації величинами: імовірність відмови, ресурс, граничне навантаження, стійкість та ін. Їх вибирають за нормативними або довідковими даними, встановлюють на основі ретроспективної інформації. Працездатність системи забезпечується, якщо розрахунковий параметр X не перевищує свого граничного значення X^* : $X \leq \frac{X^*}{n}$, де n – коефіцієнт безпеки, що задається із умов працездатності. Величини X і X^* необхідно розглядати не як детерміновані, а як випадкові. При цьому мірою працездатності P , і відповідно непрацездатності системи $Q = 1 - P$, стає імовірність виконання умов

$$P = p\left(X \leq \frac{X^*}{n}\right); Q = 1 - P = p\left(X > \frac{X^*}{n}\right)$$

Відомо, що перехід системи в стан непрацездатності призводить до збитку або навіть повної втрати працездатності. Нехай c – максимально можливий збиток при перевищенні розрахунковим показником X величини $\frac{X^*}{n}$. Значення фактичних втрат є величиною, яка може набувати два значення: 0 або 1 з імовірністю P і Q . Тоді середні втрати або середній ризик R системи: $R = cQ$. У припущенні про нормальний закон розподілу випадкових величин X і X^* з параметрами (m, σ) і (m^*, σ^*) відповідно, величина Q визначається як

$$Q = 0,5 + \Phi_0\left(\frac{m - \frac{m^*}{n}}{\sqrt{\sigma^2 + \frac{\sigma^{*2}}{n^2}}}\right),$$

де $\Phi_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{x^2}{2}} dx$ – табульована функція Лапласа [3].

Припустимо, що добовий максимум навантаження промислового споживача – нормально розподілена випадкова величина з числовими характеристиками $m = 80$ МВт і $\sigma = 10$ МВт. Гранично можливе навантаження характеризується параметрами $m^* = 100$ МВт і $\sigma^* = 2$ МВт. Перевищення граничного навантаження призводить до штрафу за перевищення договірних значень у розмірі $c = 10^6$ руб. В цілях спрощення розрахунків прийmemo $n = 1$. Визначимо, який ризик цього споживача заплатити штраф за перевищення договірного максимуму.

Імовірність перевищення гранично можливого навантаження із визначенням значення Φ_0 згідно [3] складе:

$$\begin{aligned} Q &= 0,5 + \Phi_0\left(\frac{m - m^*}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma^{*2}}}\right) = 0,5 + \Phi_0\left(\frac{80 - 100}{\sqrt{10^2 + 2^2}}\right) = \\ &= 0,5 + \Phi_0(-1,96) = 0,5 - 0,4750 = 0,025. \end{aligned}$$

Величина очікуваного ризику визначається середньою величиною штрафу

$$R = cQ = 10^6 \cdot 0,025 = 24930 \text{ руб.}$$

Якщо розрахунковий параметр X і його граничне значення X^* залежать від часу, то імовірність несприятливої події (середній ризик системи) також є функціями часу

$$Q(t) = p\left(X(t) > \frac{X^*(t)}{n}\right); R(t) = cQ(t).$$

Таким чином, середній ризик технічної системи може бути отриманий як добуток втрат при настанні несприятливої події на імовірність цієї події.

Реальну множину можливих станів будь-якої системи енергетики $E = \{S_j\}$, $j = 1, 2, \dots, m$ можна розбити на дві підмножини, що не перетинаються $E = \{E_+\} \cup \{E_-\}$, де $\{E_+\}$ – множина сприятливих і $\{E_-\}$ – несприятливих станів; $p_j(t)$ – імовірність перебування системи в стані S_j . Відповідно до постановки завдання оцінки ризику допустимо, що можливі переходи лише з $\{E_+\}$ в $\{E_-\}$. Перехід системи з $\{E_+\}$ в $S_j \in \{E_-\}$ супроводжується втратами (збитком) c_j .

Розглянемо схему підстанції, де перехід в несприятливий стан S_j може бути викликаний двома причинами: відмовою елемента релейного захисту з імовірністю $p_{j1}(t)$ або відмовою силового елемента з імовірністю $p_{j2}(t)$. Цей перехід може супроводитися відповідно великою аварією і відносно невеликими наслідками. Тому і при оцінці втрат c_j виникають деякі складнощі. Для їх усунення стан S_j пропонується розбити на два: S_{j1} і S_{j2} , які відповідають вказаним причинам. При цьому спрощується оцінка втрат c_{j1} і c_{j2} . Оцінка середнього значення технологічного ризику здійснюється за формулою повної імовірності

$$R(t) = c_1 p_1(t) + c_2 p_2(t),$$

яка в загальному вигляді представлена як

$$R(t) = \sum_{S_j \in \{E_-\}} c_j p_j(t),$$

де сумування проводиться по безлічі всіх несприятливих станів.

Припустимо, що процес функціонування системи складається із випадкових годин перебування в деяких станах і миттєвих переходів з одного стану в інший. Випадковий час перебування в стані i характеризується імовірністю $p_i(t)$, а перехід із стану i в стан j – параметром переходу $\omega_{i,j}(t)$, який при фіксованому часі t – випадкова величина, що набуває цілочисельних значень. Між імовірністю перебування системи в різних станах і середнім числом переходів між станами існує залежність [4]

$$p_j(t) = \sum_{S_i \rightarrow S_j} M_{i,j}(t) - \sum_{S_j \rightarrow S_i} M_{j,i}(t),$$

де $M_{i,j}(t) = \omega_{i,j}(t)$, $M_{j,i}(t) = \omega_{j,i}(t)$.

Отже, імовірність $p_j(t)$ стану S_j аналізованої системи дорівнює загальному числу переходів $M_{i,j}(t)$ зі всіх станів S_i в даний стан S_j за винятком загального числа переходів з даного стану S_j у всі інші S_i .

Якщо система працює до першого потрапляння в несприятливий стан, то, потрапивши в будь-який із несприятливих станів S_j , вона назавжди в ньому залишиться (поглинаючий стан). Імовірність цього стану

$$p_j(t) = \sum_{S_i \rightarrow S_j} M_{i,j}(t) = \sum_{S_i \in \{E_+\}} M_{i,j}(t)$$

Тут сумовування здійснюється по всіх сприятливих станах $S_i = \{E_+\}$, з яких є безпосередній перехід в стан $S_j = \{E_-\}$. У результаті проведених міркувань очевидно, що вираз для обчислення технологічного ризику набуває вигляду

$$R(t) = \sum_{S_j \in \{E_-\}} c_j \sum_{S_i \in \{E_+\}} M_{i,j}(t)$$

Таким чином, середній ризик системи дорівнює сумі добуток втрат від переходу в кожен несприятливий стан, помножених на загальне середнє число переходів в нього.

У деяких випадках, потрапивши в який-небудь із несприятливих станів S_j , система може перейти в інші, важчі несприятливі стани, залишаючись в $\{E_-\}$ і не переходячи, за умовами, обумовленими вище, в множину $\{E_+\}$. Така ситуація характерна для каскадного розвитку аварій в електроенергетичних системах. Величина ризику за таких умов визначається за формулою

$$R(t) = \sum_{S_j \in \{E_-\}} c_j \sum_{S_i \in \{E_+\}} M_{i,j}(t) + \sum_{S_k \in \{E_-\}} \sum_{S_j \in \{E_-\}} (c_j - c_k) M_{k,j}(t)$$

Другий доданок в цьому виразі обумовлений перехідними процесами в безлічі несприятливих станів $\{E_-\}$. Він перетворюється на нуль, якщо втрати системи для кожного несприятливого стану однакові: $c_j - c_k$ для будь-яких $S_k, S_j \in \{E_-\}$.

При допущенні експоненціального розподілу часу до переходу системи, що складається з m елементів в несприятливий стан, величина ризику відповідно до [4] визначається як

$$R(t) = \sum_{i=1}^m \omega_i c_i \frac{1 - e^{-\omega_c t}}{\omega_c},$$

де $\omega_c = \sum_{i=1}^m \omega_i$ – частота переходу системи в несприятливий стан.

Розглянемо обчислення цього ризику на наступному прикладі. У договорі на електропостачання передбачені (протягом року) можливі відключення чотирьох підстанцій промислового споживача з частотами: $\omega_1 = 3 \text{ год}^{-1}$, $\omega_2 = 5 \text{ год}^{-1}$, $\omega_3 = 7 \text{ год}^{-1}$, $\omega_4 = 9 \text{ год}^{-1}$. Відповідно до особливостей технологічного процесу цього споживача збиток при погашенні кожною з підстанцій складає: $c_1 = 650 \text{ тис. руб.}$, $c_2 = 1430 \text{ тис.руб.}$, $c_3 = 800 \text{ тис.руб.}$, $c_4 = 920 \text{ тис.руб.}$

Можлива кількість відключень: $\omega_c = \sum \omega_i = 3 + 5 + 7 + 9 = 24 \text{ год}^{-1}$.

Обчислимо $\sum_{i=1}^m \omega_i c_i = 3 \cdot 650 + 5 \cdot 1430 + 7 \cdot 800 + 9 \cdot 920 = 22980 \text{ тис. руб.}$

Ризик системи: $R(t) = 22980 \frac{1 - e^{-24t}}{24} = 957,5(1 - e^{-24t})$.

З часом середній ризик системи змінюється, зростаючи з моменту укладення договору від $R(t=0) = 0$ до $R(t=1) \approx 957,5 \text{ тис. руб.}$ (при терміні дії договору $t = 1$ один рік). З чотирьох підстанцій найбільш критичною є четверта, оскільки $\omega_4 c_4 = 9 \cdot 920 = 8280 \text{ тис. руб.}$

Одним із показників відповідальності споживачів електричної енергії є допустима тривалість перерви електропостачання їх електроприймачів, яка, залежно від технологічних особливостей виробництва, коливається від десятих долей секунди (хімічні виробництва і установки нафтопереробних заводів) до десятків хвилин (окремі стадії металургійного виробництва). Наслідки раптових порушень електропостачання відповідальними споживачами, їх характер, результати і прояви часто неясні, причинно-наслідкові зв'язки в них дуже складні і заплутані, їх оцінка надто суб'єктивна, багатьом із них властива невизначеність. Остання пов'язана із відсутністю необхідної інформації, множинністю наслідків, імовірнісним характером і мірою їх тягаря, а також неможливістю точного прогнозування. Навіть при наявній повній інформації про декілька аварій, можна було б не погодитися з екстраполяцією даних при оцінці імовірностей майбутніх аварій. Одна і та ж дія, що відбувається у різні періоди, не обов'язково оцінюється однаково. У великій мірі це залежить від попадання моменту раптового порушення електропостачання на ту або іншу стадію технологічного процесу споживачів, а також від тривалості відновлення електропостачання при відмові або обмеженні в електроспоживанні. Практично, справа зводиться до того, що як сигнал на виході системи виступає не стандартний набір відомих функцій, а імовірнісний сигнал.

Постійна реалізація заходів щодо підвищення ефективності функціонування як системи електропостачання, так і технологічного процесу, дозволяє знизити вірогідність знаходження виробничої системи в несприятливих станах. Подібні заходи тим надійніше будуть впливати на практиці, чим краще експлуатаційний колектив з'ясує на дослідженнях, що проводяться, як конкретні виробничі об'єкти реагують на зовнішні дії, пов'язані з порушенням їх електропостачання. Таким чином, інформація, отримана на основі запропонованого аналізу, дозволить диспетчерам заводів із основного виробництва прогнозувати виробничі ситуації з метою завчасного ухвалення рішень з усунення «вузьких місць», диспропорцій в продуктивності; прогнозувати простої устаткування і приймати необхідні заходи для локалізації можливих аварій; проводити як внутрішню координацію роботи окремих виробництв, що полягає у забезпеченні їх ритмічності, виборі оптимальних режимів об'єктів виробництва для їх своєчасної видачі операторам, так і зовнішню координацію, що полягає в необхідності синхронізації різних за призначенням об'єктів виробництва.

У даний час є декілька пропозицій з підходу до оцінки показників надійного і безпечного функціонування виробничих систем при раптових порушеннях їх електропостачання. Найбільш логічним є імовірнісний підхід. Він усуває елементи суб'єктивізму, неминує присутні при розділенні всіх ситуацій на вірогідних і неймовірних. Такий підхід включає [5]:

- визначення умовної вірогідності аварійних ситуацій;
- оцінку вірогідності порушення електропостачання;
- визначення вірогідності попадання події в критичні області.

Відомо, що кожен нещасний випадок унікальний унаслідок рідкості і специфічності характеру аварій, тому статистичних даних для прямого визначення їх вірогідності недостатньо. Довготривалі статистичні ряди, складені за дуже мінливих умов, дають точність, що лише здається, помилковою, тому скористатися цим методом, практично, неможливо через відсутність необхідної реєстрованої інформації щодо конкретних подій. Залучення висококваліфікованих експертів для вирішення поставленого завдання зв'язане із значними труднощами. Крім того, серед експертів існують розбіжності стосовно ризику при граничних значеннях вірогідності катастрофічних наслідків.

Наприклад, ризик, коли є один шанс на мільйон, що станеться катастрофа при порушенні електропостачання на хімічному підприємстві, оцінюється як набагато більший, ніж коли є чотири таких шанси в машинобудуванні, хоча наслідки можуть бути і співмірними. Тому використання оцінок ступеня ризику дозволяє зробити хоч би орієнтовну оцінку імовірності катастрофічних наслідків при порушеннях електропостачання.

На відміну від класичного експертного методу, існує підхід, що ґрунтується на принципах теорії потенційної ефективності. В рамках цієї теорії пропонується нестатистичний метод, що ґрунтується на концепції гранично можливої події. При цьому розглядається найгірша з можливих подій, імовірністю якої не можна нехтувати. Якщо аналіз, що проводиться, покаже, що наслідки аварійної ситуації менші від деяких допустимих, заздалегідь заданих значень, то вважається, що виробничий об'єкт задовольняє вимоги надійної експлуатації, що пред'являються. Орієнтуючись на міжнародну практику, можна вважати, що інтервал $10^{-5} \dots 10^{-8}$ є розумним для індивідуального щорічного ризику.

Деякою модифікацією граничного методу є наступний підхід. Із практичних міркувань доцільності, досвіду проектування і експлуатації експертами (або виходячи з даних статистики) призначається допустима імовірність досягнення мети об'єктом електропостачання R_0 . Як ціль, розглядається безвідмовність технологічного процесу при порушеннях в системі його електропостачання за практично прийнятний час функціонування T_0 даного об'єкту. Ця пара параметрів називається порогами здійсненності [6]. Порядок величин для їх завдання вибирається залежно від наслідків, до яких може призвести раптове порушення електропостачання. Проте у будь-якому випадку очевидна тенденція вибору R_0 наближена до одиниці, а T_0 в межах терміну служби основного технологічного устаткування. Споживачі, порушення електропостачання яких призводить до вказаних наслідків, працюють, як правило, на об'єктах з екстремальними технологічними і конструкційними параметрами. Тому, виходячи з досвіду експлуатації таких об'єктів, а також темпів науково-технічного прогресу, термінів фізичного і морального зносу електрообладнання, можна припустити, що граничне значення T_0 не перевищує $T_0 \leq 25$ років.

Одним із головних показників, який може вплинути на вибір більш зручної величини $P_0 = 1 - R_0$, є умовна імовірність виникнення вказаних наслідків при раптових порушеннях електропостачання. Наприклад, за даними спостережень або експертного досвіду, в результаті 100 умовних порушень електропостачання сталося (або очікується)

10 пошкоджень певного вигляду технологічного устаткування. Така інформація не дозволяє однозначно відновити значення параметра $\overline{P_{TO}}$ – імовірність відмови унаслідок випадкової залежності одиничного P_{TOi} і середнього $\overline{P_{TO}}$ значень.

Проте, зрозуміло, що при даному результаті спостережень значення параметра $\overline{P_{TO}}$ порядку 0,1 мають бути вірогіднішими, ніж порядку 0,8. Параметр $\overline{P_{TO}}$ є невідомою, але фіксованою константою. Йому можна приписати деякий розподіл, званий фідучіальним, який би відображав ту, що є про $\overline{P_{TO}}$ інформацію.

Наприклад, оцінка імовірності пошкодження основного технологічного устаткування P_{TOi} окремих установок нафтопереробних заводів, по оброблених спільно даних статистики і експертного опиту, досягає $P_{TOi} = 0,4$. Поріг здійсненності для технологічних процесів, зриви яких не зв'язані з ризиком для життя людей, $P_0 = 10^{-3} \text{ год}^{-1}$. При заданих межах порогів здійсненності і умові, що допустима єдина реалізація несприятливої події, надійна робота технологічного об'єкту буде забезпечена на всьому інтервалі T_0 , якщо

$$P_{TOi} P_{\text{эс}} \leq P_0 T_0,$$

де $P_{\text{эс}}$ – оцінка вірогідності порушення електропостачання на періоді T_0 .

Отже, імовірність порушення електропостачання аналізованого споживача за період його експлуатації складе

$$P_{\text{эс}} = \frac{P_0 T_0}{P_{TOi}} = \frac{10^{-3} \cdot 25}{0,4} = 0,0625.$$

Переходячи до загальноприйнятого середнього параметра потоку відмов

$$\omega = \frac{P_{\text{эс}}}{T_0} = \frac{0,0625}{25} = 0,0025 \text{ год}^{-1}.$$

Така оцінка визначає необхідний рівень надійності збірних шин, від яких живиться даний об'єкт, з урахуванням ризику одержання розрахункових наслідків раптових порушень електропостачання і створює передумови для ухвалення рішень по структурі і параметрах схеми електропостачання.

Прийняття або обґрунтування цих значень можна здійснювати, виходячи або з того, «що потрібно» для виконання заданих функцій об'єкту, або з того, «що можна» зробити при існуючому рівні техніки і наявних обмеженнях. Визначивши вимоги за принципом «що потрібно», необхідно перевірити, чи відповідає це тому, «що можна». Рівень надійності існуючих об'єктів повинен порівнюватися із отриманими оцінками ризику несприятливих ситуацій для вживання відповідних заходів, а принцип «що потрібно» – враховуватися при проектуванні подібних або наближених до них об'єктів.

Одна з особливостей ринку електроенергії полягає в ціні, яка змінюється протягом доби, що створює додаткові стимули розгляду ризик-менеджменту як однієї з основних ланок у функціонуванні суб'єкта ринкових відносин.

В умовах повного інформаційного забезпечення передбачимо, що є декілька варіантів n інвестування різних енергозберігаючих заходів при відомих ймовірностях p_i отримання

прибутку Π_i в кожному варіанті. Тоді очікуване отримання середнього прибутку $\bar{\Pi}_i$ для кожного з варіантів від вкладення капіталу K_i буде рівне

$$\bar{\Pi}_i = \Pi_i p_i$$

Вірогідність настання події може бути визначена об'єктивним або суб'єктивним методом. Об'єктивний – заснований на обчисленні імовірності, з якою відбувається дана подія

$$p_i^* \approx p_i = \frac{m}{N},$$

де m – кількість зафіксованих випадків настання бажаної події; N – загальна кількість випадків (вимірів); при $N \rightarrow \infty$ частота події p_i^* , прагне до своєї імовірності p_i .

Суб'єктивний – заснований на використанні суб'єктивних критеріїв, які ґрунтуються на різних припущеннях експертів і (або) осіб, що приймають рішення (ЛПР). До таких припущень може відноситися думка того, хто оцінює, його особистий досвід, оцінка експерта, думка фінансового консультанта і т. п. Природно, що при такому підході різні ЛПР можуть встановлювати різне значення p_i^* для однієї і тієї ж події і, таким чином, робити різний вибір.

Про ризик можна говорити тоді, коли існує можливість відхилення між апіорним і апостеріорним (плановим і фактичним) результатами. Це відхилення випадкове і може приймати як позитивне, так і негативне значення. Реалізація негативного значення являє собою несприятливий результат. Небезпека несприятливого результату на одне очікуване явище і є ризиком певних втрат.

Суб'єкт ринкових відносин приймає на себе ризик, пов'язаний із невизначеністю господарської ситуації, умов політичної і економічної обстановки, режимів і параметрів технологічного процесу виробництва і системи його електропостачання, перспектив зміни цих умов. Невизначеність навіть конкретної ситуації визначається відсутністю повної інформації, випадковістю, протидією зовнішніх і внутрішніх чинників. Тому в реальних умовах ризик вкладення капіталу K_i може характеризуватися оцінкою різниці максимального $\Pi_{i \max}$ і мінімального $\Pi_{i \min}$ доходу (збитку $Y_{i \max}$ $Y_{i \min}$) від даного вкладення капіталу. Чим більший діапазон між цими значеннями

$$\Delta \Pi = \Pi_{i \max} - \Pi_{i \min} \text{ або } \Delta Y = Y_{i \max} - Y_{i \min}$$

при рівній імовірності їх здобуття, тим вищий ступінь ризику, тобто імовірність настання випадку втрат і можливого збитку від нього.

Повніше ступінь ризику характеризується *математичним сподіванням (середнім значенням)* аналізованої випадкової величини $M[X]$, яке представляє узагальнену кількісну характеристику, але не дозволяє прийняти рішення на користь якого-небудь варіанту вкладення капіталу і *мінливістю (розсіянням)* можливого результату (*дисперсією* $D[X]$, *середньоквадратичним відхиленням* $\sigma_x = \sqrt{D[X]}$), що визначає точність прогнозу. Маючи таку інформацію і передбачаючи нормальний розподіл досліджуваних випадкових величин можна скористатися відомим із економіки принципом Р. Марковіца. Із двох варіантів А і В найбільшу перевагу віддають варіанту А, якщо:

$$\begin{aligned} &M[A] > M[B] \text{ і } D[A] < D[B]; \\ &M[A] = M[B] \text{ і } D[A] < D[B] \text{ (неприйняття ризику);} \\ &M[A] > M[B] \text{ і } D[A] = D[B]. \end{aligned}$$

Проте, в реальних умовах ухвалення рішень на основі цього принципу не завжди можливе.

Розглянемо приклад порівняння двох інвестиційних проектів – покупку електроенергії в двох генеруючих компаній, яка здійснюється відповідно до проектів А і В. Проект А з вірогідністю $p_A = 0,7$ забезпечує прибуток $\Pi_A = 16$ млн. руб. і з вірогідністю $(1 - p_A) = 0,3$ покупець може зазнати втрат (збиток) $Y_A = 6$ млн. руб. Для проекту В ті ж параметри складають: $\Pi_B = 11$ млн. руб. забезпечується при $p_B = 0,8$, а при $(1 - p_B) = 0,2$ можливий (збиток) $Y_B = 5$ млн. руб.

Математичні сподівання прибутку по проектах А і В становлять:

$$M[A] = p_A \Pi_A + (1 - p_A) Y_A = 0,7 \cdot 16 + 0,3 \cdot (-6) = 9,4 \text{ млн. руб.}$$

$$M[B] = p_B \Pi_B + (1 - p_B) Y_B = 0,8 \cdot 11 + 0,2 \cdot (-5) = 7,8 \text{ млн. руб.}$$

Середні квадратичні відхилення:

$$\sigma_A = \sqrt{D[A]} = \sqrt{p_A(\Pi_A - M[A])^2 + (1 - p_A)(Y_A - M[A])^2} = \\ \sqrt{0,7(16 - 9,4)^2 + 0,3(-6 - 9,4)^2} = 10,08 \text{ млн. руб.}$$

$$\sigma_B = \sqrt{D[B]} = \sqrt{p_B(\Pi_B - M[B])^2 + (1 - p_B)(Y_B - M[B])^2} = \\ \sqrt{0,8(11 - 7,8)^2 + 0,2(-5 - 7,8)^2} = 6,4 \text{ млн. руб.}$$

За критерієм σ проект, якому віддають перевагу, В. Однак проект А забезпечує великий середній прибуток. Отже, якщо $M[A] > M[B]$ і $D[A] > D[B]$ або $M[A] < M[B]$ і $D[A] < D[B]$, то ухвалення рішення залежить від ставлення до ризику особи, що приймає рішення (ЛПР).

Відсутність повної інформації про господарську ситуацію і перспективи її зміни змушує шукати можливість придбати ...додаткову інформацію, а за відсутності такої можливості почати діяти наздогад, опираючись на свій досвід і інтуїцію. У цих умовах для вирішення поставлених завдань найбільш підходить математичний апарат теорії ігор, який дозволяє формалізувати процес ухвалення рішень, поліпшити розуміння підприємцем або менеджером зовнішньої і внутрішньої обстановки і звести до мінімуму степінь ризику в конкретній ситуації.

Одним із прикладів практичної реалізації ризик-менеджменту є завдання заготівлі палива [7]. Для забезпечення нормальних умов життєдіяльності деякого населеного пункту в умовах зими при підготовці до опалювального сезону муніципальним органам влади (ЛПР) необхідно зробити закупівлю вугілля, мазуту, гасу і (або) інших видів палива. В умовах ринкової економіки купувати його можна у будь-який час року. Проте влітку воно дешевше. Кількість палива, що зберігається, обмежена об'єктивними причинами (виділеною територією, фінансовими ресурсами).

Невизначеність полягає в тому, що невідомо, якою буде зима: суворою, помірною або м'якою. Отже, протягом холодного періоду все паливо бажано витратити, щоб не нести втрат, пов'язаних із додатковою купівлею і транспортуванням, умовами зберігання і забезпеченням безпеки сховища.

Ухвалення рішення у подібних завданнях здійснюється на основі моделі, де ЛПР має m можливостей вибору альтернатив X_1, X_2, \dots, X_m (закупівля m різних кількостей палива), залежно від n станів можливих майбутніх погодних умов Y_1, Y_2, \dots, Y_n . Матриця витрат муніципалітету на закупівлю умовного палива, залежно від цін і погодних умов, має вигляд

$$A = \begin{matrix} & Y_1 & Y_2 & \dots & Y_n \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ \dots \\ X_m \end{matrix} & \left\| \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{matrix} \right\| \end{matrix}.$$

Вибір конкретного елементу $a_{ij} = f(i, j)$ матриці A , яка дозволяє реалізувати принцип мінімаксного жалю Севіджа, здійснюється на основі наступних міркувань.

Розв'язком поставленої задачі називається пара $(i_0, \Phi^0) \in X$ така, що

$$\max_{j=1, \dots, m} \Phi(i_0, j) = \min_{i=1, \dots, m} \max_{j=1, \dots, m} \Phi(i, j) = \Phi^0,$$

де $\Phi(i, j) = \max_{k=1, \dots, m} a_{kj} - a_{ij}$ – функція ризику, що чисельно оцінює жаль ЛПР, що при

невизначеності j він вибрав альтернативу i , а не k^* , таке, що $a_{k^*j} = \max_{k=1, \dots, m} a_{kj}$

Гарантований зміст ризику в тому, що ЛПР, використовуючи альтернативу i_0 забезпечує собі ризик, не більший, ніж Φ^0 , тобто $\Phi(i_0, j) \leq \Phi^0$, яка б невизначеність $j \in \{1, \dots, n\}$ не реалізувалася. Отриманий результат може бути представлений відповідним алгоритмом.

$$\begin{aligned} & \left\| \begin{matrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{matrix} \right\| \\ 1. & \quad \downarrow \quad \dots \quad \downarrow \\ & \max_{k=1, \dots, m} a_{k1} \quad \dots \quad \max_{k=1, \dots, m} a_{kn} \\ & \left\| \begin{matrix} r_{11} = \max_{k=1, \dots, m} a_{k1} - a_{11} & \dots & r_{1n} = \max_{k=1, \dots, m} a_{kn} - a_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} = \max_{k=1, \dots, m} a_{k1} - a_{m1} & \dots & r_{mn} = \max_{k=1, \dots, m} a_{kn} - a_{mn} \end{matrix} \right\| = \\ 2. & \quad \left\| \begin{matrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{matrix} \right\| \Rightarrow \left. \begin{matrix} \max_{j=1, \dots, n} r_{1j} \\ \dots \\ \max_{j=1, \dots, n} r_{mj} \end{matrix} \right\} \min_{i=1, \dots, m} [\max_{j=1, \dots, n} r_{ij}] \\ 3. & \quad \Phi^0 = \max_{j=1, \dots, n} r_{i_0j} \end{aligned}$$

Отримана пара (i_0, Φ^0) є гарантованим щодо ризику рішенням.

Одному селищу при «м'якій» зимі потрібно 12 тис. т вугілля, при помірній – 15 тис. т, в разі суворої – 18 тис. т. Навесні селище буде затоплене річкою, що протікає поруч, і запаси вугілля можуть бути втрачені. Залежно від того, якою буде зима, вартість вугілля на сировинному ринку складає відповідно 10, 12, 14 тис. гр. од./т. Потрібно створити запас, що найбільше підходить для кліматичних умов, і оцінити ризик втрат.

Матриця витрат муніципалітету на закупівлю вугілля, залежно від цін і погодних умов, представлена у вигляді табл. 1.

Таблиця 1

Кількість купленого вугілля	Погодні умови		
	М'яка зима, 10 тис. гр. од./т	Помірна зима, 12 тис. гр. од. /т	Суворая зима, 14 тис. гр. од./т
12 тис. т для м'якої зими	120	$12 \times 10 + 3 \times 12 = 156$	$12 \times 10 + 6 \times 14 = 204$
15 тис. т для помірної зими	150	150	$15 \times 10 + 3 \times 14 = 192$
18 тис. т для суворої зими	180	180	180

Застосовуючи розглянутий вище алгоритм, отримаємо:

$$\max_k a_{kj} \begin{pmatrix} 120 & 156 & 204 \\ 150 & 150 & 192 \\ 180 & 180 & 180 \\ 180 & 180 & 204 \end{pmatrix};$$

$$\begin{pmatrix} 180 - 120 = 60 & 180 - 156 = 24 & 204 - 204 = 0 \\ 180 - 150 = 30 & 180 - 150 = 30 & 204 - 192 = 12 \\ 180 - 180 = 0 & 180 - 180 = 0 & 204 - 180 = 24 \end{pmatrix}; \begin{matrix} \max_j r_{ij} \\ \begin{pmatrix} 60 \\ 30 \\ 24 \end{pmatrix} \\ \min_i \end{matrix}$$

В умовах даного прикладу гарантований ризик (фінансові витрати) виходять при виборі рішення a_{33} і складають 24 тис. гр. од.

Для вирішення конкретних завдань такої постановки в реальних умовах необхідна розробка збалансованої системи управління ризиками – сукупності методів аналізу і нейтралізації чинників ризику (ризик-менеджмент), об'єднаних плануванням, моніторингом, коректуючими впливами і науковим обґрунтуванням рекомендацій щодо визначення прийнятності і раціонального (заданого, потребуючого, розрахункового) рівня ризику в конкретній ситуації. Отже, управління ризиками в електроенергетиці є комплексом заходів, спрямованих на:

- створення конкурентоздатної енергетики, що забезпечує селективний відбір суб'єктів ринку, які найкраще вписуються в структуру, що склалася;
- виявлення ступеня ризику як імовірності настання несприятливої події з несприятливими наслідками і (або) сукупності таких подій;

- використання потенціалу, що залишився в розпорядження суб'єкта ринку, для ліквідації основних причин ризиків, що виявилися;
- використання позитивних аспектів ризику для найкращої адаптації до умов функціонування ринку, що змінилися;
- формування умов, альтернативних монополізації окремих сегментів електроенергетичного ринку і гальмуючих розвиток конкуренції при посиленні диктату окремих суб'єктів ринкових відносин;
- зменшення або нейтралізацію негативних наслідків ризиків.

Виконання комплексу заходів щодо управління ризиками визначає головні завдання ризик-менеджера в цій області. Вони пов'язані з подоланням невизначеності в ситуації, коли необхідно оцінити імовірність досягнення передбачуваного результату, невдач і відхилень від поставленої мети, а також формуванням норм і правил, що базуються на кількісних оцінках ризику. Лише при такому підході можливий перехід до визначення здатності протистояти несприятливим ситуаціям суб'єктів електроенергетичного ринку і забезпечити стабілізацію умов їх функціонування. Головне тут не складність розрахунків і точність обчислень, а здатність особи, що приймає рішення, до системного аналізу причин, чинників і наслідків ризику.

Вирішення таких завдань пов'язане з проведенням фундаментальних досліджень щодо:

- виявлення можливих ризиків, їх систематизації і аналізу зв'язків;
- визначення імовірностей (рівня) їх виникнення;
- оцінки прийнятних рівнів ризику з окремих чинників і виділенні областей підвищеного ризику;
- оцінки можливих техніко-економічних, фінансових, соціально-політичних, екологічних й інших наслідків виникнення несприятливих ситуацій;
- розробки і прийняття переліку адміністративних, організаційних, економічних або інших заходів, застережливих і (або) мінімізуючих ризик.

Оскільки кінцевим результатом роботи ризик-менеджера є обґрунтованість ризику, виділимо основні завдання, що потребують вирішення для мінімізації ризику:

- страхування ризику несприятливих результатів;
- розподіл ризику між суб'єктами господарської діяльності;
- прогнозування тенденцій розвитку ринкової кон'юнктури, попиту на енергетичну продукцію або послугу;
- передпроектне опрацювання як основних, так і супутніх проблем варіантів структур ринку і виробничої діяльності суб'єктів ринкових відносин;
- залучення до розробки ідей і їх втілення в господарську діяльність компетентних партнерів, компаньйонів і консультантів;
- створення спеціальних фондів і резервування засобів на покриття можливих непередбачених витрат.

Найбільш істотні фінансово-економічні втрати пов'язані з ринковими силами зовнішнього, стосовно електроенергетики, середовища, що впливають на всю галузь (галузевий ризик). Джерелами такого ризику можуть виступати: кардинальні зміни купівельних переваг; зміни в діловій стратегії конкурентів; злиття і поглинання; виникнення стратегічних галузевих альянсів; удосконалення технології; реконструкція і (або) введення нових потужностей; зміни в державному або регіональному законодавстві; підвищення впливу виробників або споживачів.

Фінансовий ризик, що виникає при цьому, визначається імовірністю настання втрати, яка з досить високою точністю може бути розрахована на основі ретроспективних

статистичних даних. При цьому необхідно знати можливі наслідки якої-небудь окремої дії і вірогідність її наслідків. Далі, на основі результатів аналізу імовірності окремих подій, їх математичних сподівань і переваг самих подій, здійснюється вибір результату, якому віддають найбільшу перевагу.

Таким чином, оцінка ризиків і використання відповідних методів управління ними дозволяють енергетичній компанії вибудувувати оптимальну за співвідношенням «величина ризику – премія за ризик» стратегію поведінки на ринку, оптимізуючи ринковий портфель (набір довго-, середньо- і короткострокових контрактів) і оцінюючи величину капіталу, необхідного для компенсації можливих втрат. Тому, формально визначаючи завдання практичної реалізації ухвалення рішень при невизначеності в умовах ризику, необхідно досить точно відповісти на запитання: «Хто? Де? З чією допомогою? Для чого? Як?».

Література

1. Папков Б. В. *Риск-менеджмент в условиях электроэнергетического рынка. Актуальные проблемы устойчивого развития* – Киев. Об-во «Знание Украины», 2003. – 430 с. 259 – 270.
2. Дмитриева Ю. И., Папков Б. В. *Задачи риск-менеджмента на промышленных предприятиях и их информационное обеспечение. В кн. «Экономическая безопасность государства: территориальный аспект»* – г. Дрогобыч: Изд-во КОЛО, 2007. – С. 213–221.
3. Гмурман В. Е. *Теория вероятностей и математическая статистика*. М.: Высш. школа, 1977. – 479 с.
4. Половко А. М., Гуров С. В. *Основы теории надежности*. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
5. Папков Б. В. *Надежность и эффективность электроснабжения*. НГТУ, Н. Новгород, 1996. 212 с.
6. Флейшман Б. С. *Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем*. М.: Советское радио, 1971. – 224 с.
7. Жуковский В. И., Жуковская Л. В. *Риск в многокритериальных и конфликтных системах при неопределенности*. М.: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.

Редакція отримала матеріал 11 листопада 2009 р.