ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 62-843.6

ВПЛИВ СУБ'ЄКТИВНИХ ПЕРЕВАГ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СУДНОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Гончаренко А.В.

Вступ. Суднова енергетична установка (СЕУ) функціонуючи у складі суднового пропульсивного комплексу (СПК) є складним технічним об'єктом, який окрім автоматизованої складової керування експлуатацією містить «активний елемент» притаманний «людино-машинним комплексам – ергаматам».

Врахування суб'єктивних переваг особи, що приймає рішення (ОПР) це актуальна задача, тому що, здебільшого саме від цього залежатиме стан СЕУ та характер перебігу процесів, які відбуваються у системі забезпечення руху транспортного судна.

Метою роботи є розгляд можливості застосування методів суб'єктивного аналізу для розв'язання задач надання переваги стосовно ремонтних баз морських транспортних суден.

Викладення основного матеріалу. Аналізуючи стан останніх досліджень та публікацій за даною тематикою, знаходимо, що у роботах [1, 3] пропонується новий погляд на роль та методи відображення «людського фактора» у теорії активних систем. Вивчаються переваги та корисності, етичні імперативи та конфлікти переваг, безпека активних систем як об'єкт суб'єктивного аналізу, інтегральні та диференціальні рейтинги, ранги у групі суб'єктів, ентропія у ієрархічних системах. Вводиться суб'єктивна ентропія та суб'єктивна інформація, ентропійний принцип оптимальності предметних та рейтингових переваг. Наведено приклади моделювання мікро- та макроекономічної динаміки з урахуванням психічних факторів, динаміки конфліктів, процесів, пов'язаних з безпекою. Зокрема [1, с. 177, (4.37)] йдеться про змішану задачу суб'єктивно-імовірнісного аналізу. Функцію ефективності представлено у вигляді:

$$\varepsilon_{\xi}(\sigma_k)=\sum_{j=1}^{M}\xi^{+}(j|\sigma_k)\overline{p}_j(\sigma_k)=\sum_{j=1}^{M}\xi^{+}(j|\sigma_k)\frac{p_j(\sigma_k)}{1-p_j(\sigma_k)}, \qquad (1)$$

де $\xi^{+}(j|\sigma_k)$ – рейтинг суб'єкта "j" стосовно альтернативи σ_k, $p_j(\sigma_k)$ – ймовірність розв'язання суб'єктом "j" проблеми $P:\sigma_0\to\sigma_k$ (отримання альтернативного стану σ_k знаходячись у стані σ_0).

Функція (1) генерує функціонал та відповідний канонічний розподіл [1, с. 180, (4.57)]:

$$\xi^{+}(j|\sigma_k)=\frac{\exp\left[\beta\overline{p}_j(\sigma_k)\right]}{\sum_{q=1}\exp\left[\beta\overline{p}_q(\sigma_k)\right]}, \qquad (2)$$

де β – структурний параметр, може розглядатися у різних ситуаціях як коефіцієнт Лагранжа, ваговий коефіцієнт або ендогенний параметр, що відображає певні властивості психіки [1, с. 119].

Аналогічні побудови дозволяють отримати подібні канонічні розподіли переваг ієрарха групи [1, с. 182, (4.67, 4.68)].

У роботі [2] вивчається проблема керування в активних системах з урахуванням фактора небезпеки. У якості апарата суб'єктивного аналізу так само використовуються моделі функцій переваг суб'єктів.

У роботі [4] розглядаються питання прийняття рішень відповідно до ситуацій. Отримано результати, що мають стосунок до бінарних відношень та штучного інтелекту. Система підтримки прийняття рішень комбінується з такими на основі прецедентів.

Стаття [5] присвячена координації взаємодії підсистем. Складені цільові функції з використанням множників Лагранжа враховують ціни, постачання та виробництво.

Прикладна задача даного дослідження полягає у принциповому застосуванні та поєднанні вище наведених підходів. У цій роботі пропонується безпосередньо розглянути врахування впливу суб'єктивних переваг вибору судноремонтних баз на ймовірності знаходження суднової енергетичної установки у відповідному стані.

Постановка задачі. Для грубої стохастичної постановки задачі припустимо розглянути функціонування СЕУ проілюстроване розміченим графом станів та переходів показаним на рис.1.

Стан S_0 відповідає стану СЕУ на стоянці, S_1 – на ходу, S_2 – в ремонті. Інтенсивності переходів зі стану в стан відповідно позначені λ та μ. У даному випадку їх вважаємо величинами сталими у часі. Отримуємо систему диференційних рівнянь (рівняння Ерланга):

$$\left.\begin{aligned}
\frac{dp_0(t)}{dt} &= -(\lambda_{01}+\lambda_{02})\cdot p_0(t)+\mu_{10}\cdot p_1(t)+\mu_{20}\cdot p_2(t)\\
\frac{dp_1(t)}{dt} &= \lambda_{01}\cdot p_0(t)-(\lambda_{12}+\mu_{10})\cdot p_1(t)+\mu_{21}\cdot p_2(t)\\
\frac{dp_2(t)}{dt} &= \lambda_{02}\cdot p_0(t)+\lambda_{12}\cdot p_1(t)-(\mu_{20}+\mu_{21})\cdot p_2(t)
\end{aligned}\right\}, \qquad (3)$$

де $p_0(t)$ – ймовірність перебування СЕУ у стані на стоянці, як функція від часу; $p_1(t)$ – ймовірність того, що в момент t СЕУ працює у складі пропульсивного комплексу забезпечуючи хід судна; $p_2(t)$ – ймовірність того, що судно в момент t знаходиться на ремонті.

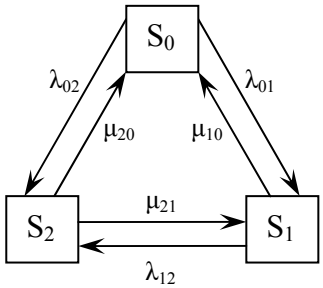

Рис. 1. Граф станів СЕУ

Інтегрування системи рівнянь (3) при початкових умовах: $p_0(0)=1;\ p_1(0)=0;\ p_2(0)=0$ (у початковий момент судно на стоянці), або $p_0(0)=0;\ p_1(0)=1;\ p_2(0)=0$ (у початковий момент судно на ходу), або інших, але з умовою нормування, сума ймовірностей: $\Sigma = p_0(t)+p_1(t)+p_2(t)=1$ – для кожного моменту часу, дає залежності $p_0(t),\ p_1(t)$ та $p_2(t)$.

Розглядаючи функціонування СЕУ у складі СПК транспортного судна цілком природнім є прагнення якомога довше підтримувати стан S_1, адже на ходу, відбувається технічне використання за основним призначенням, що приносить з певною ймовірністю прибуток. Саме на це спрямовано прагнення збільшення інтенсивностей потоків подій, позна-

 ISBN 7-776-8361-7

чені на рис. 1, λ_{01} та μ_{21}, які переводять систему СЕУ у стан S_1, відповідно: $S_0 \rightarrow S_1$ та $S_2 \rightarrow S_1$. З тією ж метою намагаються зменшити усі інші інтенсивності відповідних переходів системи у менш бажаний стан S_0, або S_2.

Рейтинги підприємств суднoремонтної галузі та переваги судновласників, враховані у явному вигляді через залежності подібні до (1, 2), впливають на вибір тих чи інших баз для проведення ремонту суден. Наступним, логічним кроком еволюції задачі, що ставиться наразі, є розгляд варіанту, який припускає наявність двох альтернативних суднoремонтних баз, показано на графі, рис. 2. стани S_2, S_3.

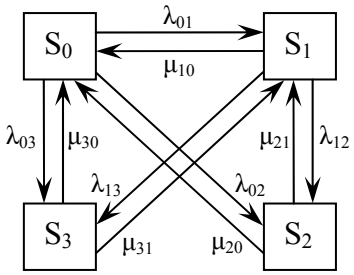

Рис. 2. Граф станів СЕУ при двох альтернативах ремонтних баз

При необхідності поставити судно на ремонт, для ОПР є можливість обирати стан S_2 чи S_3. Тому, у цьому випадку переходи системи: $S_0 \rightarrow S_2$ та $S_0 \rightarrow S_3$, а також $S_1 \rightarrow S_2$ та $S_1 \rightarrow S_3$ будуть суб'єктивно-ймовірносними. Відтак й інтенсивності потоків подій λ_{02} та λ_{03}, λ_{12} та λ_{13}, що переводять систему СЕУ в стан ремонту залежатимуть від переваг ієрарха.

Проблемно-ресурсний підхід започаткований у суб'єктивному аналізі дозволяє розрахувати ймовірнісні показники функціонування системи, вживаючи постульований принцип оптимальності ентропії переваг.

Одним із правдоподібних шляхів формування переваг у даному випадку буде оцінка ОПР вихідних інтенсивностей: μ_{20} та μ_{21}, μ_{30} та μ_{31}; ресурсів: наявних, потрібних, бажаних та отримуваних. У тому числі, як ресурс може розглядатися й тривалість та якість виконаних робіт, що зменшуватиме у подальшому потребу в частих ремонтах. Відбудеться зниження відповідно: λ_{02} та λ_{03}, λ_{12} та λ_{13}. Не остання роль належить виваженій стратегії з огляду на проблеми попиту та пропозиції, а також конкурентоспроможності в умовах ринкових відносин.

Відповідно до графу наведеного на рис. 2, отримуємо систему диференційних рівнянь:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{dp_0(t)}{dt} &= -(\lambda_{01}+\lambda_{02}+\lambda_{03})\cdot p_0(t)+\mu_{10}\cdot p_1(t)+\mu_{20}\cdot p_2(t)+\mu_{30}\cdot p_3(t)\\
\frac{dp_1(t)}{dt} &= \lambda_{01}\cdot p_0(t)-(\lambda_{12}+\lambda_{13}+\mu_{10})\cdot p_1(t)+\mu_{21}\cdot p_2(t)+\mu_{31}\cdot p_3(t)\\
\frac{dp_2(t)}{dt} &= \lambda_{02}\cdot p_0(t)+\lambda_{12}\cdot p_1(t)-(\mu_{20}+\mu_{21})\cdot p_2(t)\\
\frac{dp_3(t)}{dt} &= \lambda_{03}\cdot p_0(t)+\lambda_{13}\cdot p_1(t)-(\mu_{30}+\mu_{31})\cdot p_3(t)
\end{aligned}\right\}, \qquad (4)$$

Розв'язання задачі. Проінтегруємо системи (3, 4). Для цього скористаємося інтегральними перетвореннями Лапласа. У випадку коли інтенсивності потоків λ та μ є постійними величинами у часі, для системи (3) перетворення Лапласа приводить до системи лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\left.\begin{aligned} p\cdot X(p) &= 1-(\lambda_{01}+\lambda_{02})\cdot X(p)+\mu_{10}\cdot Y(p)+\mu_{20}\cdot Z(p) \\ p\cdot Y(p) &= \lambda_{01}\cdot X(p)-(\lambda_{12}+\mu_{10})\cdot Y(p)+\mu_{21}\cdot Z(p) \\ p\cdot Z(p) &= \lambda_{02}\cdot X(p)+\lambda_{12}\cdot Y(p)-(\mu_{20}+\mu_{21})\cdot Z(p) \end{aligned}\right\}, \quad (5)$$

де p – комплексний параметр; $X(p)$, $Y(p)$ та $Z(p)$ – зображення (трансформанти) оригіналів (ймовірностей) $p_0(t)$, $p_1(t)$ та $p_2(t)$ відповідно. Звідки з системи (5) маємо матрицю коефіцієнтів M та вектор-стовбець вільних членів B:

$$M=\begin{pmatrix} p+\lambda_{01}+\lambda_{02} & -\mu_{10} & -\mu_{20} \\ -\lambda_{01} & p+\lambda_{12}+\mu_{10} & -\mu_{21} \\ -\lambda_{02} & -\lambda_{12} & p+\mu_{20}+\mu_{21} \end{pmatrix},\ B=\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Для трансформант, з (5, 6) отримуємо вирази:

$$X(p)=\frac{p^2+a\cdot p+b}{p\cdot(p^2+c\cdot p+d)}=\frac{p^2+a\cdot p+b}{p\cdot(p-p_1)\cdot(p-p_2)}, \quad (7)$$

$$Y(p)=\frac{\lambda_{01}\cdot p+ay}{p\cdot(p-p_1)\cdot(p-p_2)}, \quad (8)$$

$$Z(p)=\frac{\lambda_{02}\cdot p+az}{p\cdot(p-p_1)\cdot(p-p_2)}, \quad (9)$$

де $a=\mu_{20}+\mu_{10}+\mu_{21}+\lambda_{12}$, $b=\mu_{20}\cdot\lambda_{12}+\mu_{20}\cdot\mu_{10}+\mu_{21}\cdot\mu_{10}$, $c=\mu_{10}+\lambda_{01}+\lambda_{12}+\mu_{20}+\mu_{21}+\lambda_{02}$,
$d=\mu_{21}\cdot\lambda_{02}+\lambda_{02}\cdot\lambda_{12}+\mu_{10}\cdot\mu_{20}+\lambda_{01}\cdot\lambda_{12}+\lambda_{12}\cdot\mu_{20}+\lambda_{01}\cdot\mu_{20}+\mu_{10}\cdot\mu_{21}+\lambda_{02}\cdot\mu_{10}+\lambda_{01}\cdot\mu_{21}$,
$p_1=-\frac{1}{2}\cdot c+\frac{1}{2}\cdot(c^2-4\cdot d)^{\frac{1}{2}}$, $p_2=-\frac{1}{2}\cdot c-\frac{1}{2}\cdot(c^2-4\cdot d)^{\frac{1}{2}}$, $ay=\lambda_{01}\cdot\mu_{20}+\lambda_{01}\cdot\mu_{21}+\mu_{21}\cdot\lambda_{02}$,
$az=\lambda_{01}\cdot\lambda_{12}+\lambda_{02}\cdot\lambda_{12}+\lambda_{02}\cdot\mu_{10}$.

Оригінали, відповідні до зображень (7-9):

$$p_0(t)=x(t)=\frac{b\cdot\left[p_1\cdot\left(e^{p_2\cdot t}-1\right)+p_2\cdot\left(1-e^{p_1\cdot t}\right)\right]+p_1\cdot p_2\cdot\left[e^{p_2\cdot t}\cdot(p_2+a)-e^{p_1\cdot t}\cdot(p_1+a)\right]}{p_1\cdot p_2\cdot(p_2-p_1)}, \quad (10)$$

$$p_1(t)=y(t)=\frac{ay\cdot\left[p_1\cdot\left(e^{p_2\cdot t}-1\right)+p_2\cdot\left(1-e^{p_1\cdot t}\right)\right]+\lambda_{01}\cdot p_1\cdot p_2\cdot\left(e^{p_2\cdot t}-e^{p_1\cdot t}\right)}{p_1\cdot p_2\cdot(p_2-p_1)}, \quad (11)$$

$$p_2(t)=z(t)=\frac{az\cdot\left[p_1\cdot\left(e^{p_2\cdot t}-1\right)+p_2\cdot\left(1-e^{p_1\cdot t}\right)\right]+\lambda_{02}\cdot p_1\cdot p_2\cdot\left(e^{p_2\cdot t}-e^{p_1\cdot t}\right)}{p_1\cdot p_2\cdot(p_2-p_1)}. \quad (12)$$

Аналогічно розв’язується і система рівнянь (4).

Практичне застосування розв’язку задачі. Для приклада розглянемо моделювання впливу суб’єктивних переваг. Оскільки у спрощеній постановці задачі досить простежити лише принципові зміни показників системи, тому для функцій переваг (2) застосуємо максимально прості залежності, що ілюструють характер зміни переваг ОПР стосовно станів ремонту, рис. 2. стани S_2, S_3. Залежно від ресурсу t, $y_2(t)$ та $y_3(t)$ – переваги станів S_2, S_3 відповідно:

 ISBN 7-776-8361-7

$$y_2(t)=\frac{c_1-c_2\cdot t}{c_1-c_2\cdot t+c_3},\ y_3(t)=\frac{c_3}{c_1-c_2\cdot t+c_3}. \tag{13}$$

Тоді, застосовуючи алгоритм прийняття рішення:

$$\lambda_{12}(t)=\begin{vmatrix} k; & y_2(t)\ge y_3(t) \\ n; & y_2(t)<y_3(t)\end{vmatrix},\qquad \lambda_{13}(t)=\begin{vmatrix} n; & y_2(t)\ge y_3(t) \\ k; & y_2(t)<y_3(t)\end{vmatrix}, \tag{14}$$

де k, n – сталі величини, їхня сума $\lambda_{12}(t)$ + $\lambda_{13}(t)$ відповідає інтенсивності переходу в ремонт λ_{12} для випадку проілюстрованого графом на рис.1; отримуємо залежності $\lambda_{12}(t)$, $\lambda_{13}(t)$, що входять до системи рівнянь (4) як функції від часу. Перерозподіл між ними відбувається стрибкоподібно.

Розрахунки проведені для графу на три стани (рис. 1) у двох сценаріях по три варіанти в кожному. Перший сценарій відображає ситуацію більш тривалого ремонту СЕУ, інтенсивність потоку подій, що переводить систему зі стану S_2 у стан S_1: $S_2 \rightarrow S_1$ нижча μ_{21}=0.03, тобто судна з ремонту виходять з меншою частотою. За другим сценарієм – інтенсивність потоку подій $S_2 \rightarrow S_1$ вища: μ_{21}=0.1, тобто виходи суден з ремонту відбуваються частіше.

В кожному з двох сценаріїв розглянуто по три варіанти які враховують ймовірність знаходження системи СЕУ в початковий момент часу в одному з трьох заданих дискретних станів. Розрахунки проведено за формулами (10-12). Результати показують зміну ймовірностей на рисунку 3.

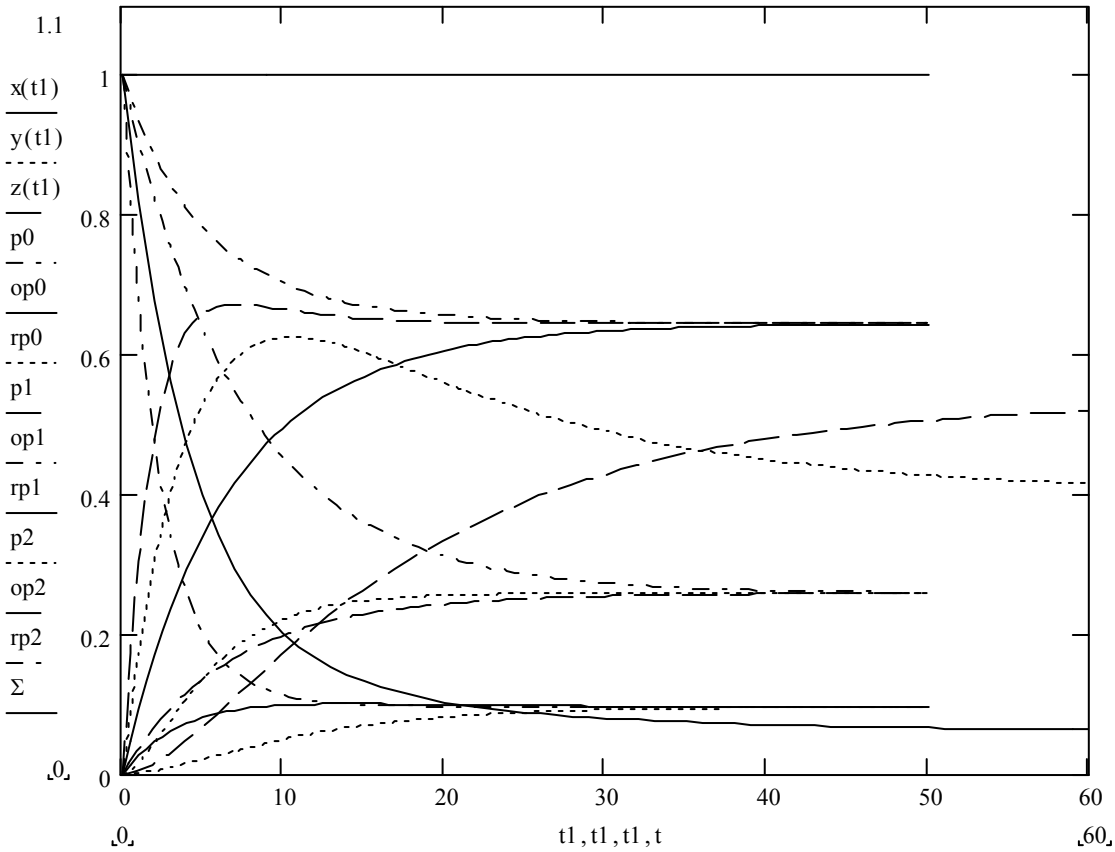

Рис. 3. Зміна показників роботи СЕУ при наданні переваги подіям за двома сценаріями

Перший сценарій. Варіант 1: при значеннях: λ_{01}=0.2, λ_{02}=0.002, λ_{12}=0.04, μ_{10}=0.03, μ_{20}=0.0003, μ_{21}=0.03, t=0 … 60; вектор початкових умов: $P_0=\{p_0(0)=1,\ p_1(0)=0,\ p_2(0)=0\}$, тобто судно в початковий момент часу t_0=0 знаходиться на стоянці. Варіант 2: розглянуто зміну початкових умов, $P_0=\{p_0(0)=0,\ p_1(0)=1,\ p_2(0)=0\}$, тобто судно в початковий момент часу t_0=0 знаходиться на ходу, СЕУ експлуатується за основним призначенням, за-

безпечуючи хід судна. Варіант 3: зміна початкових умов, $P_0 = \{p_0(0)=0,\ p_1(0)=0,\ p_2(0)=1\}$, судно при t_0=0 знаходиться на ремонті.

Другий сценарій. Варіанти 1, 2, 3: змінено лише інтенсивність потоку подій $S_2 \rightarrow S_1$, μ_{21}=0.1, , t=0 … 50.

На рисунку 3 позначено: x(t1) = p_0(t), y(t1) = p_1(t), z(t1) = p_2(t) – ймовірності станів S_0, S_1,S_2 рис. 1 відповідно, розраховані за першим сценарієм, варіантом один, тобто μ_{21}=0.03, $P_0 = \{p_0(0)=1,\ p_1(0)=0,\ p_2(0)=0\}$. В початковий момент судно на стоянці, тривалість ремонту відносно висока, тому з плином часу, $t \rightarrow \infty$, ймовірність опинитися у стані S_0: $p_0(t) \rightarrow 0.06$; ймовірність експлуатаційного ходового режиму роботи СЕУ, тобто, опинитися у стані S_1: $p_1(t) \rightarrow 0.4$; а найбільш ймовірним є стан S_2: $p_2(t) \rightarrow 0.54$. Імовірності тих самих станів у інших двох варіантах за тим самим сценарієм сходяться до тих самих величин. Найбільш ймовірним є стан S_2, тому що тривалість ремонту відносно висока.

Позначення: p0, op0, rp0 – означають ймовірність того, що у певний момент часу судно знаходитиметься на стоянці, події відбуваються за сценарієм два, інтенсивність подій виходу з ремонту в експлуатацію μ_{21}=*0.1*, у початковий момент: система на стоянці – p0, СЕУ забезпечує хід судна – op0, на ремонті – rp0. Подібним чином позначено: p1, op1, rp1 – ймовірності знаходження СЕУ в стані використання за призначенням, так само як і у попередньому випадку μ_{21}=*0.1*, при трьох варіантах початкових умов для стану системи: на стоянці – p1, СЕУ забезпечує хід судна – op1, на ремонті – rp1. Для p2, op2, rp2 – ймовірності знаходження СЕУ в ремонті, μ_{21}=*0.1*, початкові умови: судно на стоянці – p2, на ходу – op2, в ремонтні – rp2. Також на рис. 3 подано умову нормування – Σ.

Характер зміни станів системи при розвитку подій за другим сценарієм відображає відмінність від першого сценарію у тому, що, якщо активний елемент системи – ієрарх – ОПР надає перевагу сценарію два, то менша тривалість ремонту , μ_{21}=*0.1*, порівняно з μ_{21}=0.03 за першим сценарієм, показує результат у вигляді $p_1(t) \rightarrow 0.645$ за сценарієм два, проти $p_1(t) \rightarrow 0.4$ при сценарії один. Ймовірність для СЕУ опинитися у стані ремонту відповідно: $p_2(t) \rightarrow 0.26$ проти $p_2(t) \rightarrow 0.54$. Та для стоянки: $p_0(t) \rightarrow 0.095$ при $p_0(t) \rightarrow 0.06$. Тобто виграш очевидний.

Процес, що відбувається у системі – стаціонарний Пуасонівський. Інтенсивності потоків подій – сталі величини. Тому ймовірності стабілізуються з плином часу на певному рівні. При сценарії два така стабілізація ймовірностей настає швидше.

Стрибкоподібність зміни характеристик функціонування СПК показано на рисунку 4. Розрахунки проведено за моделями функцій переваг (13). Алгоритм прийняття рішень у формі (14) набуває вигляду:

$$\lambda_{12}(t) = \begin{vmatrix} 0.03; & y_2(t) \geq y_3(t) \\ 0.01; & y_2(t) < y_3(t) \end{vmatrix}, \qquad (15)$$

Для розгляду взято систему на три стани при попередніх значеннях окрім μ_{21}=0.03; коефіцієнти, що входять у (13): c_1 = 7, c_2 = 0.05, c_3 = 4; інтенсивність $\lambda_{12}(t)$ умови (15) входить в (3).

Висновки. У цій роботі, спираючись на творчій доробок попередників [1-5], здійснено спробу безпосереднього врахування впливу суб'єктивних переваг вибору судноремонтних баз на ймовірності знаходження суднової енергетичної установки у відповідному стані.

На підставі вказаних спрощуючих припущень проведено модельні розрахунки, які показують зміну показників надійності функціонування СЕУ у складі СПК. Стохастичність постановки задачі дозволяє розвинути науково обґрунтований підхід до удосконалення роботи СЕУ, як автоматизованого комплексу, керованого активним елементом системи, що формує свої суб'єктивні функції переваг на множині альтернатив з огляду на ймовірнісні показники надійності. Таким чином відбувається підвищення економічності, ефективності витрат ресурсів, прибутковості.

 ISBN 7-776-8361-7

У подальших дослідженнях представляє науковий інтерес вивчення кореляційних зв'язків між розподілами рейтингів та переваг.

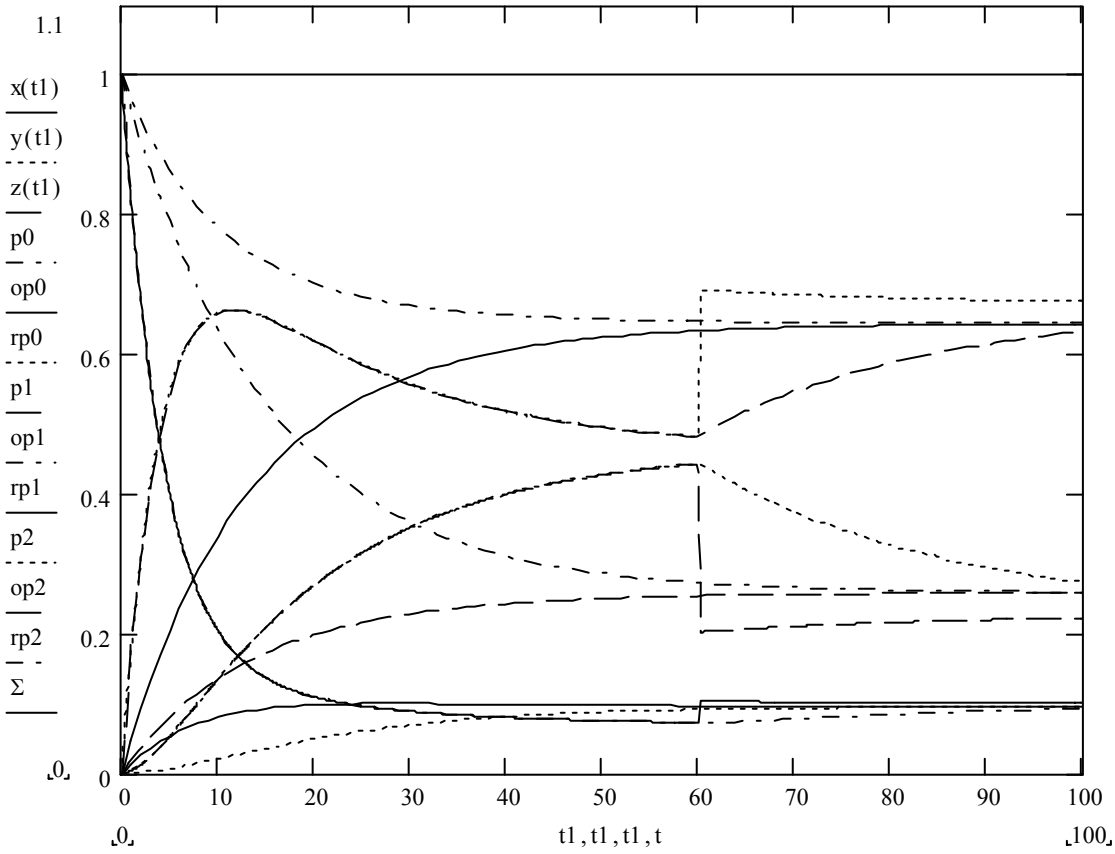

Рис. 4. Стрибкоподібна зміна показників роботи СЕУ при наданні переваги одній з двох ремонтних баз

Proposed to make allowance for the influence of optional subjective preferences for ship repair bases upon the probability of a ship's power plant to be in a corresponding state. The modelling is performed for a system with discrete states. Considered graphs of the system states and transitions for three and four states. Given examples of calculations. Achieved results of applicable researches. Plotted appropriate diagrams.

1. Касьянов В.А. Субъективный анализ: Монография. – К.: НАУ, 2007. – 512 с.

2. Касьянов В.А., Гончаренко А.В. Субъективный анализ и безопасность активных систем // Кибернетика и вычислительная техника. – 2004. – Вып. 142. – С. 41-56.

3. Касьянов В.А. Элементы субъективного анализа: Монография. – К.: НАУ, 2003. – 224 с.

4. Шерстюк В.Г. Формальная модель гибридной сценарно-прецедентной СППР // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. – 2004. – №1(13). – С. 114-122.

5. Ходаков В.Е., Соколова Н.А. Координация взаимодействия подсистем в автоматизированных системах // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. – 2004. – №1(13). – С. 39-48.