

PODSTAWY EKSPLOATACJI SYSTEMÓW

ĆWICZENIE LABORATORYJNE **NR 1**

BADANIE PROCESU EKSPLOATACJI W ASPEKCIE NIEZAWODNOŚCIOWO- EKONOMICZNYM

1. Narzędzie wspomagające realizację ćwiczenia:

komputerowy program wyliczający efekty realizacji przykładowych zadań eksploatacyjnych: „*BPE.exe*”.

2. Przedmiot ćwiczenia:

- model systemu eksploatacji o założonych właściwościach;
- modele procesów i zadań eksploatacyjnych.

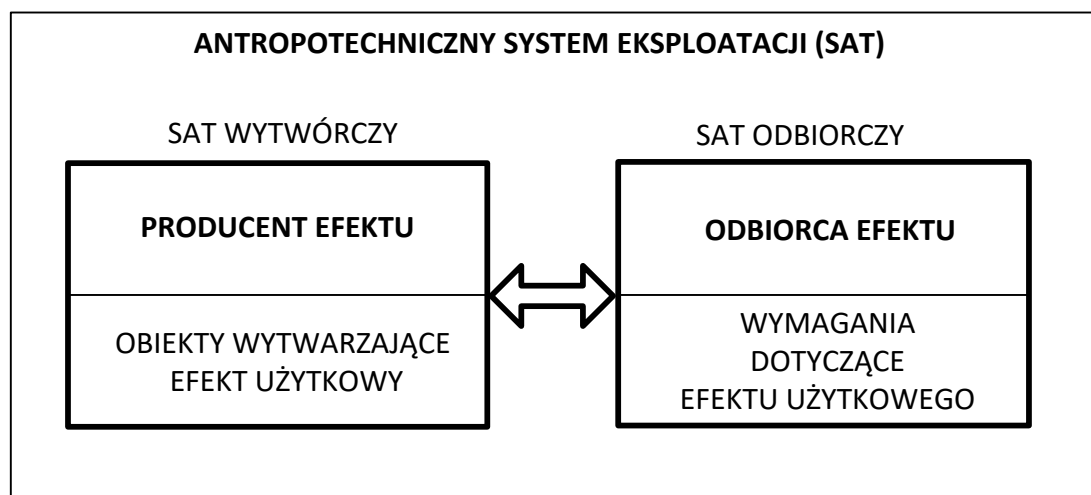
3. Cel ćwiczenia:

- ilustracja zagadnień związanych z zarządzaniem eksploatacją;
- ilustracja zależności między diagnostyką, niezawodnością i eksploatacją.

Warszawa – 2017

1. WPROWADZENIE

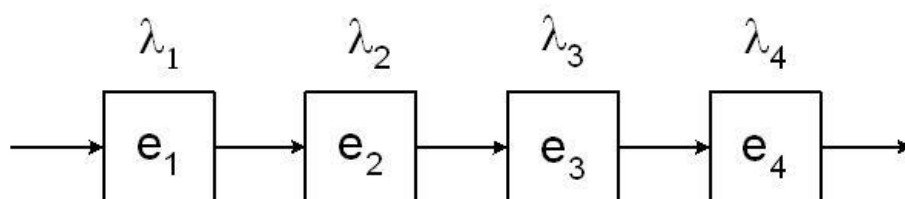
Przyjmijmy, jako podstawę do rozważań, strukturę systemu eksploatacji przedstawioną na rysunku 1. Jak wynika z tego szkicu, antropotechniczny system eksploatacji składa się z systemu wytwórczego oraz systemu odbiorczego.



Rys. 1. Ilustracja antropotechnicznego systemu eksploatacji

Objaśnienie: efekt użytkowy to produkt wytwarzany przez parę antropotechniczną (tj. operatora i obiekt techniczny); efekt może mieć postać substancjonalną lub energetyczną lub informacyjną, może także mieć charakter wielopostaciowy.

Rolę decydenta systemu wytwórczego pełni producent efektu użytkowego dysponujący zbiorem obiektów przystosowanych do produkcji efektu. Każdy z tych obiektów posiada strukturę zilustrowaną rysunkiem 2. Każdy obiekt wytwórczy zbudowany jest z czterech modułów e_i charakteryzujących się określonymi funkcjami intensywności uszkodzeń λ_i . Niezawodność eksploatacyjna obiektu jest – jak wiadomo – zależna od aktualnej wartości intensywności uszkodzeń, a ta z kolei jest uzależniona od efektywności procesu diagnozowania stanu obiektu i skuteczności niezbędnych procesów obsługowych (terapeutycznych).



Rys. 2. Model obiektu produkującego efekt użytkowy

Rolę decydenta systemu odbiorczego pełni odbiorca efektu użytkowego. Generuje on wymagania odnośnie pożądaných właściwości efektu użytkowego – zwłaszcza dotyczących ilości efektu (np. liczby egzemplarzy określonego produktu) oraz czasu wytworzenia całości efektu (tj. chwili odbioru kompletnego zamówienia).

Pomiędzy odbiorcą a producentem efektu istnieje relacja biznesowa. Polega ona – z grubsza – na umowie, że odbiorca (klient) płaci producentowi za zrealizowanie zadania eksploatacyjnego (tj. zamówienia) ustaloną kwotą, ale tylko wtedy, gdy zadanie jest w pełni wykonane w określonym czasie.

Rzecz jasna – producentowi (wykonawcy zadania eksploatacyjnego) zależy na tym, aby zamówione zadanie zrealizować z jak największym zyskiem. Zauważmy, że prognoza **dodatniego** zysku jest niezbędnym warunkiem by można było uznać, że system eksploatacji jest zdalny w aspekcie ekonomicznym.

Mogą występować różne sytuacje eksploatacyjne. Zarządzanie eksploatacją polega m. in. na wyborze takiego działania, aby w określonej sytuacji zysk był co najmniej satysfakcjonujący.

Rozpatrzmy dwa warianty zadań eksploatacyjnych realizowanych za pomocą trzech obiektów o zróżnicowanych właściwościach niezawodnościowych. Celem tych rozważań, opartych na wynikach odpowiednich obliczeń, jest zilustrowanie wpływu procesu diagnozowania na prognozowaną, ekonomiczną niezawodność eksploatacyjną systemu antropotechnicznego.

WARIANT 1.

Wariant ten oznacza taką sytuację eksploatacyjną, w której przewiduje się użycie obiektu do **jednokrotnego zrealizowania** zadania eksploatacyjnego. Oznacza to, że producent efektu kalkulując prognozowany zysk nie bierze pod uwagę napływu następnych, podobnych zamówień.

Producent, w procesie szacowania prognozowanego zysku z realizacji zadania eksploatacyjnego, przyjmuje następujące założenia:

- uzyska dochód W i poniesie koszty N – jeśli poprawnie wykona zadanie;
- nie uzyska żadnego dochodu, ale poniesie koszty N – jeśli nie wykona zadania w całości w wymaganym czasie;
- prawdopodobieństwo tego, że zadanie zostanie wykonane nie może być mniejsze niż założona graniczna wartość R_{\min} ;
- prawdopodobieństwo tego, że zadanie nie zostanie wykonane nie może być większe niż założona wartość ryzyka $(1-R_{\min})$.

Podstawowym celem przeprowadzanej analizy niezawodnościowo-ekonomicznej jest zdefiniowanie odpowiedzi na następujące pytania:

- **jakie zadania są opłacalne w istniejącej sytuacji eksploatacyjnej ?**
- **jakie zadanie jest najbardziej opłacalne ?**

Zauważmy, że w tym przypadku należy brać pod uwagę następujące wielkości opisujące sytuację eksploatacyjną:

- wymagany (zamówiony) efekt $E_{WYM i}$ (np. liczbę wytworzonych produktów);
- wymagany czas realizacji zadania $T_{WYM i}$;
- wartość ekonomiczną efektu (np. wysokość zapłaty za wykonane zadanie);
- nakłady, czyli poniesione koszty własne producenta;
- prawdopodobieństwo tego, że zadanie zostanie wykonane poprawnie (tj. w wymaganej objętości i w wymaganym czasie).

Model eksploatacyjny obiektu.

Model ten opisują proste wyrażenia matematyczne. Występujące w nich wielkości opatrzone są indeksem i , ponieważ mogą przyjmować różne wartości dla obiektów różniących się właściwościami eksploatacyjnymi (tj. diagnostyczno-niezawodnościowymi).

1) Obiekt podlega jedynie uszkodzeniom losowym (nagłym). Intensywność uszkodzeń wzrasta ze wzrostem czasu realizacji zadania.

Nieuszkodzalność obiektu w tym przypadku przedstawia wyrażenie:

$$R_i(T) = R_{oi} \exp\left(-\int_0^T \lambda_i(t) dt\right) \quad (1)$$

gdzie: $\lambda_i(t)$ – funkcja intensywności uszkodzeń, tu: wzrastająca z czasem realizacji zadania, zaczynając od wartości początkowej λ_{0i} ;

R_{oi} – prawdopodobieństwo zdatności obiektu w chwili rozpoczynania realizacji zadania (prawdopodobieństwo początkowe).

2) W przedziale czasowym $[0, T]$ zostaje wytworzony pewien efekt E_i działania obiektu. Efekt ten jest funkcją długości tego przedziału. Jeśli przyjmiemy, że wytwarzanie efektu zaczyna się w chwili 0 – to długość przedziału $[0, T]$ wyznacza końcowa chwila T. Zatem efekt wytworzony w przedziale $[0, T]$ można – dla uproszczenia – zapisywać w postaci $E_i(T)$.

Przyjmijmy, że intensywność wytwarzania efektu jest stała i znana. Można więc założyć, że jeśli obiekt utrzymuje zdatność, to efekt $E_i(T)$ rośnie proporcjonalnie do długości przedziału czasu realizacji zadania.

Zatem:

$$E_i(T) = k_{Ei} T \quad (2)$$

gdzie: k_{Ei} – ilość efektu wytworzona w jednostce czasu.

Wytworzony efekt ma pewną wartość ekonomiczną $W(E_i)$ (zapłata za wytworzony produkt).

Można więc dalej założyć, że wartość ekonomiczna $W(E_i)$ jest proporcjonalna do czasu zrealizowania zadania, czyli:

$$\text{jeśli } E_i(T) \geq E_{wYMi} \text{ to } W_i(T) = k_{wi} E_i(T) = k_{wi} k_{Ei} T \quad (3)$$

Jeśli zamówiony efekt **nie zostanie** wykonany w wymaganym czasie to odbiorca nic nie zapłaci, czyli:

$$\text{jeśli } E_i(T) < E_{wYMi} \text{ to } W_i(T) = 0 * E_i(T) = 0 \quad (4)$$

gdzie: k_{wi} – wartość ekonomiczna jednostki efektu, ustalona dla przyjętych założeń (tutaj ma postać współczynnika proporcjonalności).

3) Wytwarzanie efektu związane jest z koniecznością ponoszenia określonych nakładów. Przyjmijmy, że wartość nakładów rośnie proporcjonalnie do czasu realizacji zadania – a ponadto może być potrzebny pewien nakład wstępny. Zatem:

$$N_i(T) = N_{oi} - |k_{Ni}| T \quad (5)$$

gdzie: $N_{oi} \leq 0$ – nakład wstępny (koszt własny producenta), związany z rozruchem obiektu; przyjmijmy, że jest to **koszt diagnozowania wstępnego** (diagnozowania przed rozpoczęciem zadania);

$k_{Ni} \leq 0$ – wartość nakładu ponoszonego w jednostce czasu (tu: współczynnik proporcjonalności).

4) Przyjmijmy najprostszy model ekonomiczny użytkowania obiektu. Zysk ze zrealizowania zadania jest różnicą wartości ekonomicznej uzyskanego efektu i wartości bezwzględnej poniesionych nakładów, czyli:

$$Z_i(T) = W_i(T) - |N_i(T)| \quad (6)$$

pamiętajmy przy tym, że $N_i(T) \leq 0$.

5) Przypomnijmy, że jeśli w **trakcie realizacji zadania** obiekt przejdzie w stan niezdatności, to produkcja efektu zostaje przerwana a efekt wytworzony do chwili uszkodzenia zostaje utracony (rozpatrujemy tu tzw. proces użytkowania bez akumulacji efektu). Tym sa-

mym nakłady poniesione do chwili uszkodzenia stają się stratą producenta. Zysk przyjmuje więc wartość ujemną, równą wartości poniesionych nakładów, czyli:

$$t_U < T \Rightarrow Z_i(T) = N_i(T), \quad N_i(T) \leq 0 \quad (7)$$

gdzie: t_U – chwila uszkodzenia obiektu.

Rozpatrzmy trzy procedury eksploatacyjne różniące się tym, że realizowane są z wykorzystaniem trzech obiektów o odmiennych właściwościach diagnostyczno-niezawodnościowych.

Procedura 1 (Obiekt 1).

Początkowy stan obiektu nie jest dokładnie znany. Niepewność użytkownika można wyrazić przez wstępne prawdopodobieństwo zdatności obiektu, przyjmujemy tu:

$$R_{01} < 1 \quad (8)$$

W **procedurze 1** przystępuje się do realizacji zadania **bez wstępnego diagnozowania** – mimo niepewnego stanu obiektu. Zatem nakład wstępny ma wartość zerową.

$$N_{01} = 0 \quad (9)$$

Znane są wartości:

$$k_{E1}, k_{W1}, k_{N1}, \lambda_1(t), R_{01}, N_{01}, R_{\min 1}$$

Pozostałe właściwości obiektu opisują wyrażenia (1÷7), przy czym **i = 1**.

Procedura 2 (Obiekt 2).

Początkowy stan obiektu nie jest dokładnie znany dlatego **przed podjęciem decyzji o produkcji efektu w procedurze 2** obiekt zostaje **poddany wstępnemu diagnozowaniu**. Procedura diagnozowania jest idealna więc można przyjąć, że dla obiektu wstępnie diagnozowanego i dopuszczonego do użycia:

$$R_{02} = 1 \quad (10)$$

Diagnozowanie wstępne wymaga poniesienia pewnego nakładu (kosztu), więc

$$|N_{02}| > 0 \quad (11)$$

Znane są wartości:

$$k_{E2}, k_{W2}, k_{N2}, \lambda_2(t), R_{02}, N_{02}, R_{\min 2}$$

Pozostałe właściwości obiektu opisują wyrażenia (1÷7), przy czym **i = 2**.

Procedura 3 (Obiekt 3).

Obiekt wyposażony jest w elementy rezerwowe – jak na rysunku 3. W rozpatrywanym przykładzie rezerwowane są tylko elementy e_2, e_3, e_4 . Ponadto **obiekt wyposażony jest w system dozorująco-terapeutyczny** (na rysunku 3 niepokazany).

Układ dozorująco-terapeutyczny działa w ten sposób, że:

- wykrywa niezdatność dozorowanych elementów e_2, e_3, e_4 (lub zastępujących je odpowiednich elementów rezerwowych – funkcja dozorowania);
- zastępuje elementy niezdatne rezerwowymi elementami zdatnymi (funkcja terapeutyczna);
- rejestruje informacje o stanie elementów dozorowanych i rezerwowych (funkcja diagnostyczna); informacje te są wykorzystywane przed następnym użyciem obiektu.

Dzięki temu w **procedurze 3**:

- przed rozpoczęciem zadania eksploatacyjnego wiadomo, które elementy w obszarze

dozorowanym są (ewentualnie) niezdatne. Zatem nawet bez diagnozowania wstępnego elementy te mogą być naprawione. **Obniża to koszt diagnozowania wstępnego.**

– nie jest znany stan elementu niedozorowanego e_1 , który **wymaga diagnozowania wstępnego.**

Oczywiście – na podstawie informacji otrzymanej od układu dozoru-terapeutycznego oraz na podstawie diagnozy wstępnej – wolno przyjąć, że:

$$R_{03}=1 \quad (12)$$

W tym przypadku zakres diagnozowania może być mniejszy niż w procedurze 2 (diagnozuje się wstępnie tylko element e_1), stąd koszt diagnozowania wstępnego jest mniejszy:

$$|N_{03}| < |N_{02}| \quad (13)$$

Nakłady bieżące są większe, ponieważ pojawiają się dodatkowe koszty funkcjonowania sytemu dozoru-terapeutycznego. Wyraża się to większą prędkością przyrostu nakładów, czyli większą wartością bezwzględną współczynnika k_{N3} :

$$|k_{N3}| > |k_{N2}| \quad (14)$$

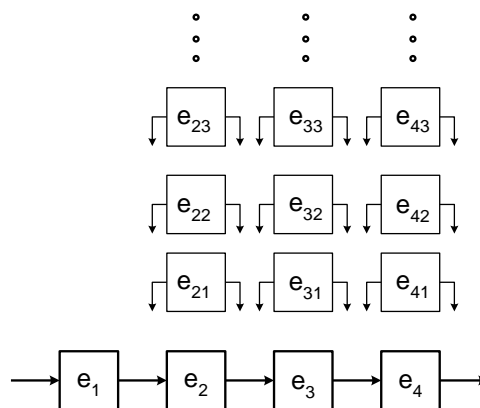
Zmniejsza się wstępna intensywność uszkodzeń uniemożliwiających zrealizowanie zadania (przy dostatecznej liczbie elementów rezerwowanych można przyjąć, że uszkodzenie wszystkich elementów rezerwujących element e_2 oraz odpowiednio e_3 i e_4 – jest praktycznie niemożliwe), zatem:

$$R_{03}(T) > R_{02}(T) \quad (15)$$

Znane są wartości:

$$k_{E3}, k_{W3}, k_{N3}, \lambda_3(t), R_{03}, N_{03}, R_{\min 3}$$

Pozostałe właściwości obiektu opisują wyrażenia (1÷7), przy czym $i = 3$.



Rys.3. Przykład obiektu o szeregowo-przełącznikowej strukturze niezawodnościowej; $e_{21} \dots, e_{31} \dots, e_{41} \dots$ – zbiory elementów rezerwowych

WARIANT 2.

Wariant ten oznacza taką sytuację eksploatacyjną, w której producent przewiduje użycie tego samego obiektu do zrealizowania **wielu takich samych zadań** (lub użycie wielu obiektów tego samego typu do zrealizowania takich samych zadań).

Oznacza to, że producent kalkulując zysk bierze pod uwagę równoczesną realizację wielu takich samych zadań lub oczekuje, że otrzyma następne, podobne zamówienia. Może więc swoje decyzje opierać na **sumarycznym zysku** z realizacji zbioru zadań, licząc się z tym, że nie wszystkie realizacje przyniosą mu zysk. Producent spodziewa się, że uzyska dochód W i poniesie koszty N – jeśli wykona zadanie oraz nie otrzyma żadnego dochodu, ale poniesie koszty N – jeśli nie wykona zadania. Może więc sumę zysków podzielić przez liczbę

bę zadań przyjętych do realizacji i otrzymać zysk przypadający średnio na jedną realizację. Zatem – przy podejmowaniu decyzji przed serią realizacji – **producent powinien kierować się wartością oczekiwaną zysku $\bar{Z}(T)$ ze zrealizowania zbioru podobnych zadań.**

Inaczej wygląda to od strony odbiorcy efektu (czyli klienta). Przyjmijmy, w tym wariancie „gry eksploatacyjnej”, że odbiorca **płaci tylko za zrealizowanie konkretnego, pojedynczego zadania**, bez względu na to czy będzie zamawiał następne.

Producent, w ramach analizy ekonomiczno-niezawodnościowej proponowanego zadania eksploatacyjnego, poszukuje odpowiedzi na następujące pytania:

- **jakie zadanie jest dla niego statystycznie opłacalne ?**
- **jakie zadanie jest najbardziej opłacalne ?**

W tym przypadku (podobnie jak w wariancie 1) należy brać pod uwagę następujące wielkości opisujące sytuację eksploatacyjną:

- wymagany (tj. zamówiony) efekt (np. ilość przesyłanych danych w systemie informatycznym);
- wymagany czas zrealizowania zadania;
- wartość ekonomiczną efektu (czyli zapłatę za wykonane zadanie);
- nakłady, czyli poniesione koszty własne;
- prawdopodobieństwo tego, że zadanie zostanie wykonane o wymaganej objętości i w wymaganym czasie;

oraz

- wartość oczekiwaną zysku.

Zauważmy, że:

W przedziale $[0, T]$, zysk Z_i jako zmienna losowa może przyjąć jedną z dwu realizacji:

$$z_{i1}(T) = W_i(T) - |N_i(T)|$$

– z prawdopodobieństwem $R_i(T)$ utrzymania zdatności do końca realizacji zadania
lub;

$$z_{i2}(T) = 0 - |N_i(T)|$$

– z prawdopodobieństwem $(1 - R_i(T))$ utraty zdatności przed końcem realizacji zadania.

Zatem zgodnie z zasadą wyznaczania wartości oczekiwanej zmiennej losowej, otrzymujemy:

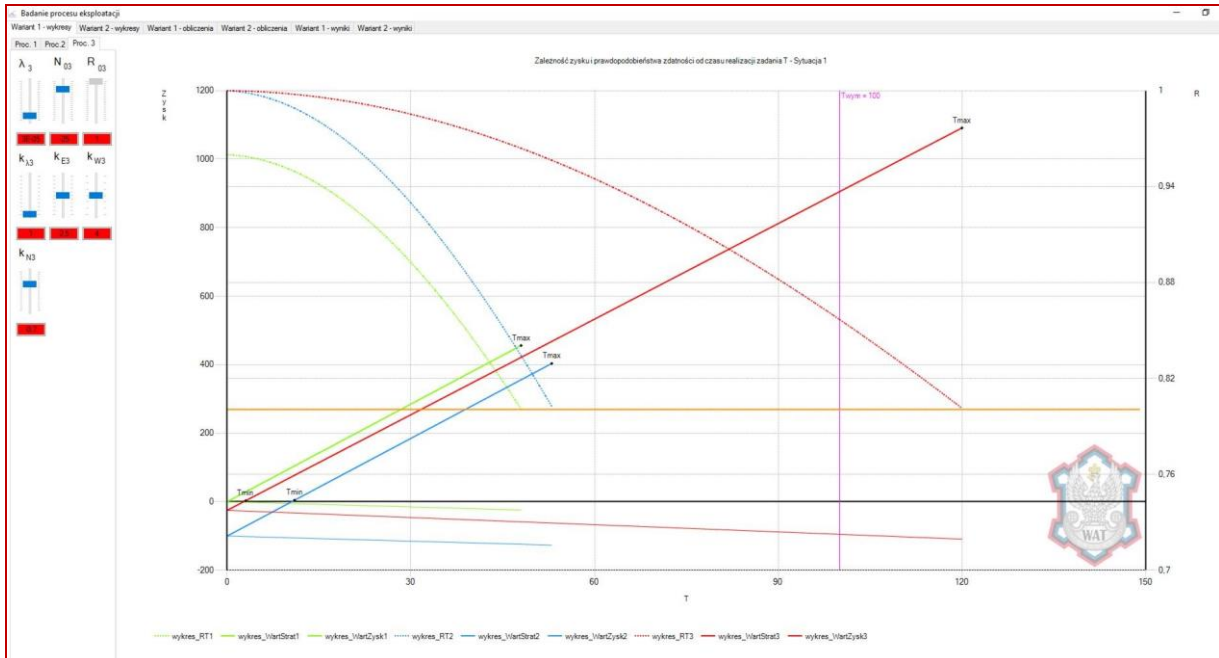
$$\begin{aligned} \bar{Z}_i(T) &= R_i(T) z_{i1}(T) + [1 - R_i(T)] z_{i2}(T) = \\ &= R_i(T) [W_i(T) - |N_i(T)|] + [1 - R_i(T)] [0 - |N_i(T)|] = R_i(T) W_i(T) - |N_i(T)| \end{aligned} \quad (16)$$

Oczywiście pamiętamy, że: $N_i(T) \leq 0$.

W wariancie 2 ogólny model obiektu oraz procedury eksploatacyjne realizowane przez trzy obiekty o zróżnicowanych właściwościach są analogiczne jak w wariancie 1.

2. ZADANIE DLA WARIANTU 1

2.1. Obliczenia symulacyjne wykonać wprowadzając w interfejsie ekranowym pod zakładką „Wariant 1 – wykresy” (rys. 4) wartości zmiennych w poszczególnych procedurach, podane w tabeli 1.



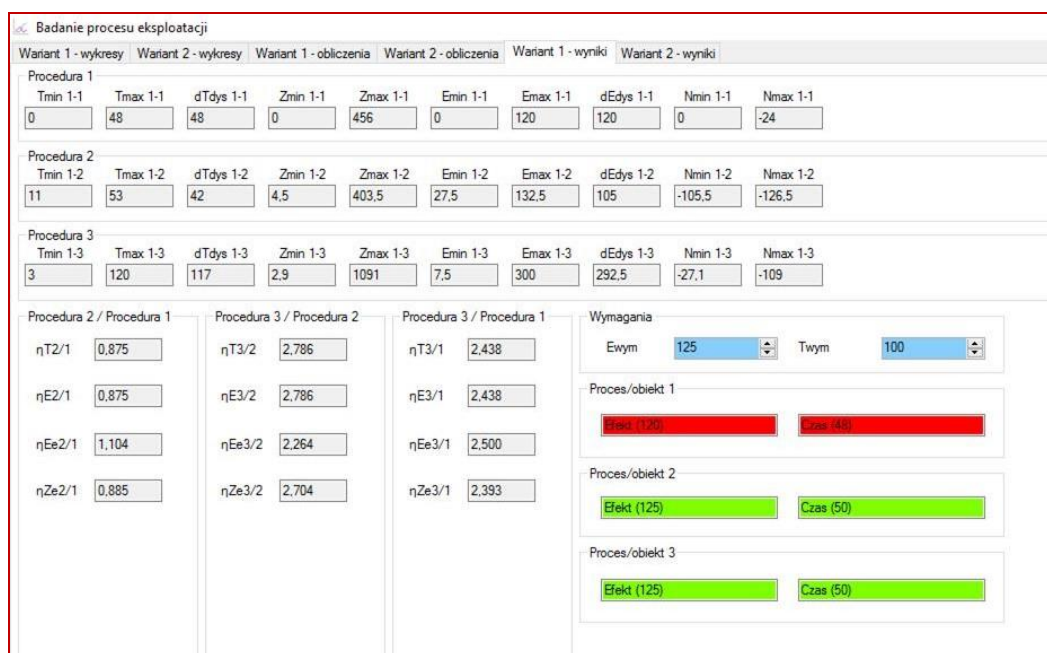
Rys. 4. Widok interfejsu ekranowego ilustrującego zależności charakteryzujące proces eksploatacji

Tabela 1. Zalecane wartości zmiennych dla wariantu 1 w modelu symulacyjnym procesu eksploatacji

Procedura „i”	1	2	3
$\lambda_{01 i}$	0,0001	0,0001	0,00003
$R_{01 i}$	0,96	1	1
$R_{min1 i}$	0,8	0,8	0,8
$N_{01 i}$	0	- 100	- 25
$k_{\lambda 1 i}$	1,5	1,5	1
$k_{E1 i}$	2,5	2,5	2,5
$k_{W1 i}$	4	4	4
$k_{N1 i}$	- 0,5	- 0,5	- 0,7
$T_{WYM1 i}$	100	100	100
$E_{WYM1 i}$	100	100	100
	125	125	125
	150	150	150

2.2. Zaznaczyć, dla każdej procedury, minimalne i maksymalne czasy zadań gwarantujących zysk nie mniejszy od zera.

2.3. Zapoznać się z wynikami obliczeń symulacyjnych uwidocznionych na ekranie pod zakładką „Wariant 1 – wyniki” (rys. 5). Powtórzyć to działanie dla wszystkich wartości wymaganego efektu $E_{WYM i}$ podanych w tabeli 1.



Rys. 5. Widok ekranu z wynikami obliczeń symulacyjnych

Objaśnienia: W polu „Wymagania” zawarte są życzenia klienta odnośnie wielkości efektu i dopuszczalnego czasu jego wytworzenia. W polach „Proces/obiekt” pokazane są możliwości producenta efektu. Kolor zielony oznacza, że określony obiekt jest zdalny do spełnienia wymagań klienta, zaś kolor czerwony oznacza, że obiekt nie jest zdalny do realizacji tego zadania.

2.4. Przeanalizować uzyskane wyniki badania procesu eksploatacji w ujęciu niezawodnościowo-ekonomicznym, a w szczególności:

- a) Porównać **wymagania odbiorcy efektu** użytkowego, czyli:
 - wymagany efekt $E_{WYM i}$;
 - wymagany czas zrealizowania zadania $T_{WYM i}$;

z **opłacalnymi** działaniami producenta efektu potwierdzonymi spełnieniem warunków:

$$E_{WYM i}: \quad (E_{WYM i} \in \Delta E_{dys i}) \wedge (T_{WYM i} \geq T_{dys i}(E_{WYM i})) \quad (17a)$$

gdzie: $T_{dys}(E_{WYM i})$ – dysponowany czas, w ciągu którego można uzyskać efekt $E_{WYM i}$.

- b) Określić, dla każdej procedury (tym samym dla każdego obiektu), jakie zadanie umożliwia uzyskanie **maksymalnego zysku** eksploatacyjnego.

Uwaga:

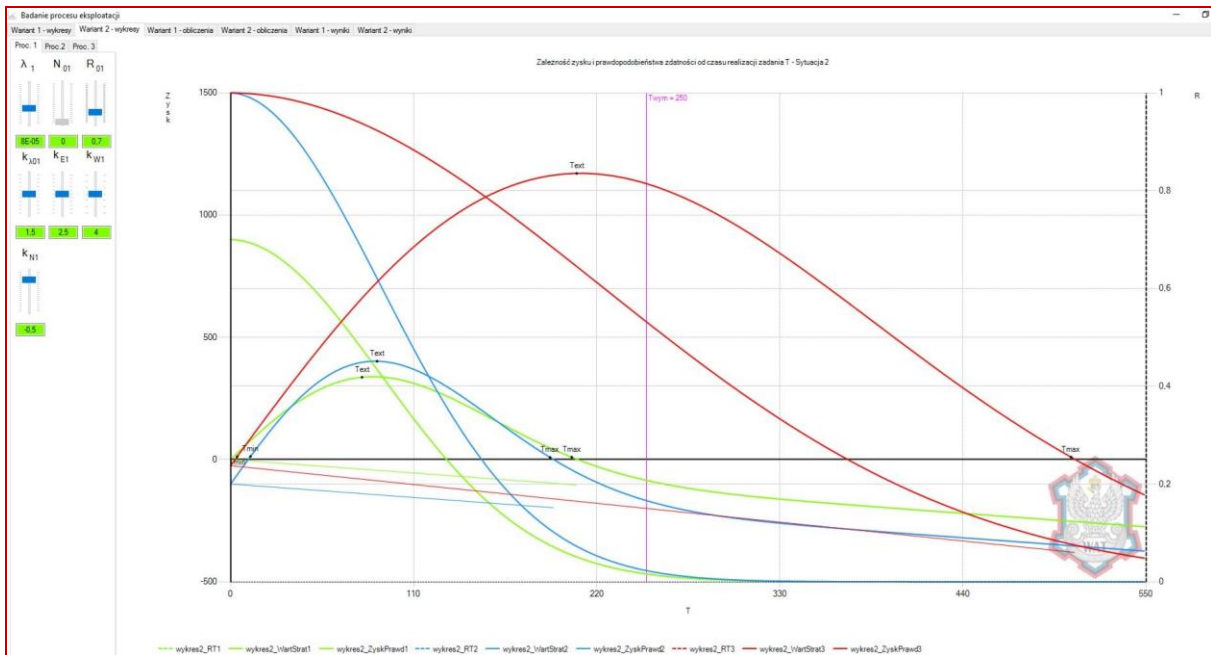
Relacja biznesowa „Odbiorca efektu – Producent efektu” jest właściwa gdy spełnione są równocześnie następujące nierówności:

$$(E_{dys i} \geq E_{WYM i}) \wedge (T_{dys i}(E_{WYM i}) \leq T_{WYM i}) \quad (18a)$$

W ujęciu diagnostyczno-niezawodnościowym spełnienie warunków (18a) można traktować jako **potwierdzenie zdalności** systemu eksploatacji, w aspekcie niezawodnościowo-ekonomicznym, do realizacji wymaganego zadania eksploatacyjnego.

3. ZADANIE DLA WARIANTU 2

3.1. Obliczenia symulacyjne wykonać wprowadzając w interfejsie ekranowym pod zakładką „Wariant 2 – wykresy” (rys. 6) wartości zmiennych w poszczególnych procedurach, podane w tabeli 2.



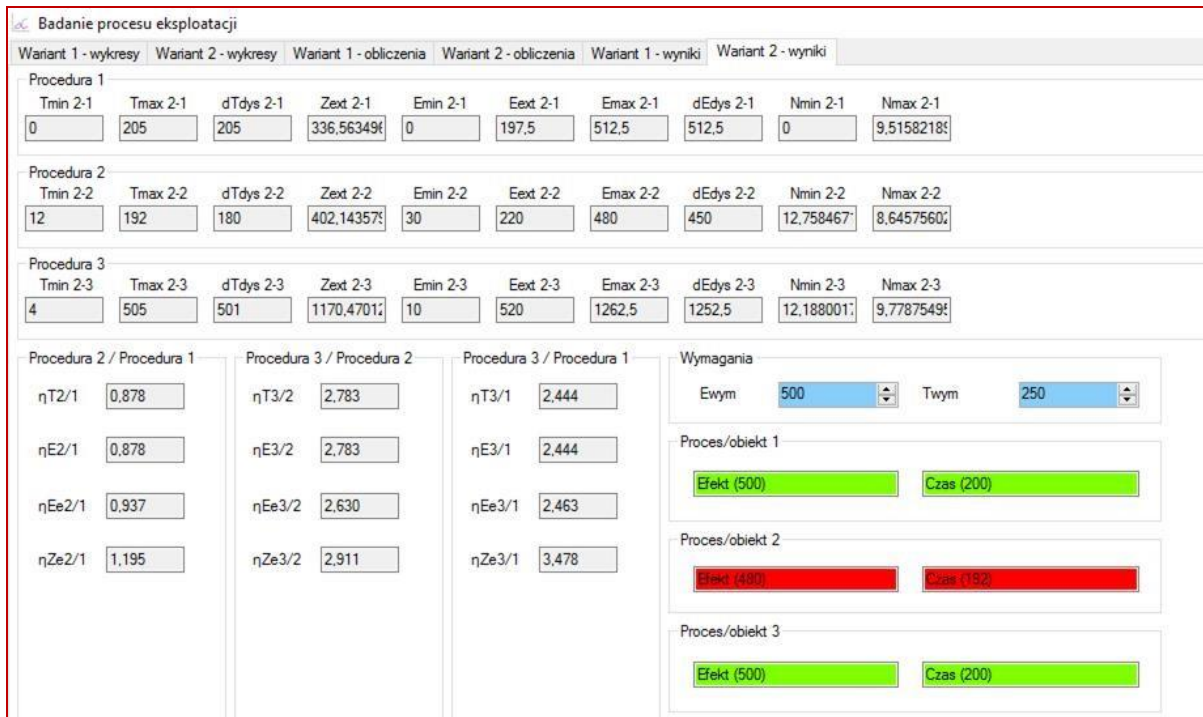
Rys. 6. Widok interfejsu ekranowego ilustrującego zależności charakteryzujące proces eksploatacji

Tabela 2. Zalecane wartości zmiennych dla wariantu 2 w modelu symulacyjnym procesu eksploatacji

Procedura „i”	1	2	3
$\lambda_{02 i}$	0,00008	0,00008	0,00002
$R_{02 i}$	0,7	1	1
$N_{02 i}$	0	- 100	- 25
$k_{\lambda 2 i}$	1,5	1,5	1
$k_{E 2 i}$	2,5	2,5	2,5
$k_{W 2 i}$	4	4	4
$k_{N 2 i}$	- 0,5	- 0,5	- 0,7
$T_{WYM 2 i}$	250	250	250
$E_{WYM 2 i}$	480	480	480
	500	500	500
	520	520	520

3.2. Zaznaczyć, dla każdej procedury, minimalne i maksymalne czasy realizacji zadań gwarantujące wartość oczekiwaną zysku nie mniejszą od zera oraz czasy realizacji zadań, przy których wartość oczekiwana zysku osiąga wartość ekstremalną (tu: maksymalną).

3.3. Zapoznać się z wynikami obliczeń symulacyjnych uwidocznionych na ekranie pod zakładką „Wariant 2 – wyniki” (rys. 7). Powtórzyć to działanie dla wszystkich wartości wymaganego efektu E_{WYM2i} podanych w tabeli 2.



Rys. 7. Widok ekranu z wynikami obliczeń symulacyjnych

Objaśnienia: W polu „Wymagania” zawarte są życzenia klienta odnośnie wielkości efektu i dopuszczalnego czasu jego wytworzenia. W polach „Proces/obiekt” pokazane są możliwości producenta efektu. Kolor zielony oznacza, że określony obiekt jest zdalny do spełnienia wymagań klienta, zaś kolor czerwony oznacza, że obiekt nie jest zdalny do realizacji tego zadania.

3.4. Przeanalizować uzyskane wyniki badania procesu eksploatacji w ujęciu niezwindnościowo-ekonomicznym, a w szczególności:

- a) Porównać **wymagania odbiorcy efektu** użytkowego, czyli:
 - wymagany efekt $E_{WYM i}$;
 - wymagany czas zrealizowania zadania $T_{WYM i}$;

z **opłacalnymi** działaniami producenta efektu potwierdzonymi spełnieniem warunków:

$$E_{WYM i}: \quad (E_{WYM i} \in \Delta E_{dys i}) \wedge (T_{WYM i} \geq T_{dys i}(E_{WYM i})) \quad (17b)$$

gdzie: $T_{dys}(E_{WYM i})$ – dysponowany czas, w ciągu którego można uzyskać efekt $E_{WYM i}$.

- b) Określić, dla każdej procedury (tym samym dla każdego obiektu), jakie zadanie umożliwia uzyskanie **maksymalnej wartości oczekiwanej zysku** eksploatacyjnego.

Uwaga:

Relacja biznesowa „Odbiorca efektu – Producent efektu” jest właściwa gdy spełnione są równocześnie następujące nierówności:

$$(E_{dys i} \geq E_{WYM i}) \wedge (T_{dys i}(E_{WYM i}) \leq T_{WYM i}) \quad (18b)$$

W ujęciu diagnostyczno-niezawodnościowym spełnienie warunków (18b) można traktować jako **potwierdzenie zdatności** systemu eksploatacji, w aspekcie niezawodnościowo-ekonomicznym, do realizacji wymaganych zadań eksploatacyjnych.

4. UWAGI KOŃCOWE

W sprawozdaniu zamieścić wyniki symulacyjnych obliczeń oraz wnioski o charakterze niezawodnościowo-ekonomicznym wynikające z przeprowadzonych eksperymentów.

5. Pytania kontrolne

1. Podać wyrażenie na prawdopodobieństwo nieuszkodzenia się obiektu z przyczyn losowych (tj. nieuszkodzalność obiektu).
2. Wyjaśnić pojęcie efektu użytkowania obiektu.
3. Wyjaśnić na czym polega diagnozowanie obiektu.
4. Wymienić ważniejsze wskaźniki opisujące niezawodność obiektu.
5. Wyjaśnić pojęcie „proces eksploatacji”.
6. Jak wyznacza się wartość oczekiwaną zmiennej losowej ?
7. Na czym polega badanie diagnostyczne ?
8. Na czym polega wnioskowanie diagnostyczne ?
9. W jakim celu stosuje się dozоровanie stanu obiektu ?
10. Wyjaśnić pojęcie niezawodności ekonomicznej obiektu.