

WOROPAY Maciej¹
SZUBARTOWSKI Mirosław²

Ocena i analiza kosztów realizowanych napraw środków transportowych

Efektywność, koszty, niezawodność, transport

Streszczenie

Analiza wyników badań eksploatacyjnych oraz literaturowy przegląd zagadnienia wykazały, że problematyka szacowania kosztów oraz ocena skuteczności realizowanych napraw środków transportowych, ma istotny wpływ na efektywność ich działania. Czynniki eksploatacyjne oddziałujące na elementy obiektów technicznych wywołują niekorzystne zmiany wartości istotnych cech elementów powodując ich uszkodzenia. Uszkodzenia są zdarzeniami, które mają istotny wpływ na obniżanie efektywności jak i bezpieczeństwa i niezawodności działania pojazdów. Na podstawie zrealizowanych badań eksploatacyjnych, dotyczących chwil wystąpienia uszkodzeń stwierdzono, że zbiór uszkodzeń można podzielić na podzbiory uszkodzeń pierwotnych oraz wtórnych. Wyniki badań wykazały, że przyczyną powstawania uszkodzeń wtórnych są z reguły, niewłaściwie realizowane naprawy uszkodzeń pierwotnych.

ASSESSMENT AND ANALYSIS OF TRANSPORT MEANS REPAIR COSTS

Abstract

An analysis of experimental tests and a literature survey of the issue revealed that the problems connected with assessment of costs and effectiveness of transport means repairs has a significant influence on their operation efficiency. Operating factors affecting the elements of technical objects cause negative changes in their features resulting in failures. The failures are referred to as events which significantly impair the vehicle operation efficiency, safety and reliability. On the basis of experimental tests concerning times of failures occurrence, it was found that the set of failures can be divided into subsets of primary and secondary failures. The tests results revealed that the most frequent cause of secondary failures occurrence was improperly performed primary repairs.

1. WSTĘP

W opracowaniu dokonano analizę wpływu uszkodzeń powstających w procesie użytkowania środków transportu na efektywność ich funkcjonowania.

Uszkodzenie obiektu technicznego zdefiniowano jako przekroczenie dopuszczalnych wartości granicznych przez istotne cechy opisujące jego elementy.

Na podstawie analizy literatury przedmiotu oraz wyników badań własnych stwierdzono, że uszkodzenia środków transportu, użytkowanych w systemach transportowych, są wynikiem oddziaływania różnorodnych czynników wymuszających. Czynniki te można podzielić na:

- czynniki robocze - oddziałujące na maszynę w wyniku realizacji procesu roboczego przez maszynę (uwarunkowane funkcjonowaniem maszyny),
- czynniki zewnętrzne - charakteryzujące oddziaływanie otoczenia na maszynę (nieuwarunkowane funkcjonowaniem maszyny),
- czynniki antropotechniczne - oddziałujące na maszynę w wyniku świadomej lub nieświadomej działalności człowieka (np. błędy człowieka w procesie użytkowania i obsługi).

Ze względu na charakter oddziaływania czynników wymuszających na obiekt techniczny można je podzielić na dwie zasadnicze klasy:

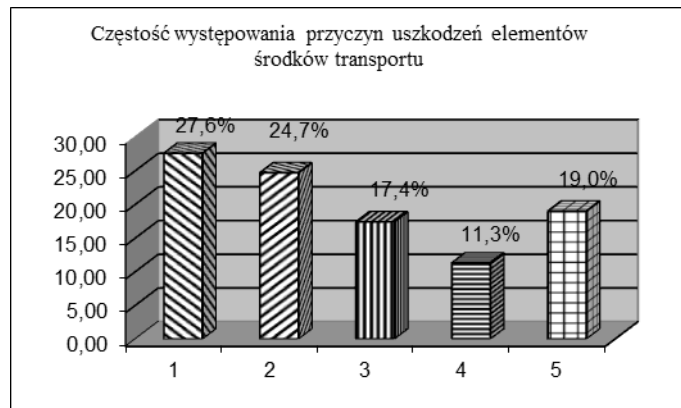
- uwarunkowane funkcjonowaniem maszyny (oddziałują na maszynę tylko w trakcie realizacji procesu roboczego przez maszynę),
- nieuwarunkowane funkcjonowaniem maszyny (oddziałują na maszynę również wówczas, gdy maszyna nie funkcjonuje).

Pewna liczba uszkodzeń wynika z naturalnego zużywania się elementów maszyn, natomiast inne uszkodzenia mogą być spowodowane nieskuteczną naprawą poprzednio powstałego uszkodzenia. Skutkiem tego powstają tzw. uszkodzenia wtórne, w krótkim przedziale czasu. Są one wynikiem niewłaściwej organizacji napraw, słabego wyszkolenia pracowników brygad naprawczych, ograniczeń związanych z diagnozowaniem przednaprawczym i ponaprawczym itd.

Jak widać na rysunku 1 błędy naprawy stanowią jedną z najważniejszych przyczyn powstawania uszkodzeń podsystemów pojazdów.

¹ ITWL Warszawa ul. Księcia Bolesława 6, 01-494, tel.: +48 668 846 228

² KAROR – Sp. J, 85-871 Bydgoszcz, ul. Smoleńska 154 tel.: +48 52 362 01 21 e-mail: biuro@karor.com.pl



Rys 1. Częstości występowania przyczyn uszkodzeń elementów środków transportu

1. błędy naprawy,
2. błędy użytkowania,
3. oddziaływanie otoczenia,
4. uszkodzenia współpracujących elementów,
5. inne.

Na podstawie analizy wyników badań własnych stwierdzono, że istotną rolę w podnoszeniu poziomu niezawodności i efektywności działania środków transportu, odgrywa identyfikacja przyczyn powstawania uszkodzeń, realizowana w czasie napraw środków transportu. Jako główne przyczyny uszkodzeń wynikających z błędów naprawy można wyszczególnić:

- zastosowanie niewłaściwego materiału,
- błędy regulacji,
- błędy technologii naprawy,
- zastosowanie niewłaściwej części zamiennej,
- zastosowanie uszkodzonej części,
- zastosowanie części z niewłaściwego materiału,
- zastosowanie części z ukrytą wadą technologiczną,
- zastosowanie części o niewłaściwych wymiarach,
- błędy montażu,
- zanieczyszczenia po naprawie.

Z analizy wyników badań eksploatacyjnych wynika, że zmniejszenie liczby uszkodzeń wtórnych jest podstawowym problemem, którego rozwiązanie daje możliwość wpływu na poziom efektywności i niezawodności działania środków transportu [1].

2. OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań są uszkodzenia podsystemów środków transportu, eksploatowanych w wybranym systemie transportowym. Natomiast przedmiotem badań jest wpływ tych uszkodzeń na poziom efektywności działania systemu transportowego.

Szczególnym przykładem systemu transportowego jest jeden z transportów drogowych - transport miejski, obejmujący komunikację autobusową. Pomimo szeregu zalet, takich jak: punktualność, częstotliwość, rytmiczność, pewność, dostępność, bezpośredniość, wygoda, prędkość przemieszczania, koszt przejazdu, bezpieczeństwo, brak konieczności stosowania trakcji i torowisk, charakteryzujących miejską komunikację autobusową w porównaniu z komunikacją trolejbusową lub tramwajową, cechują ją również wady, a mianowicie: jest ona źródłem różnego rodzaju zagrożeń zdrowia i życia ludzi, obiektów technicznych oraz środowiska naturalnego.

3. ANALIZA USZKODZEŃ ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH

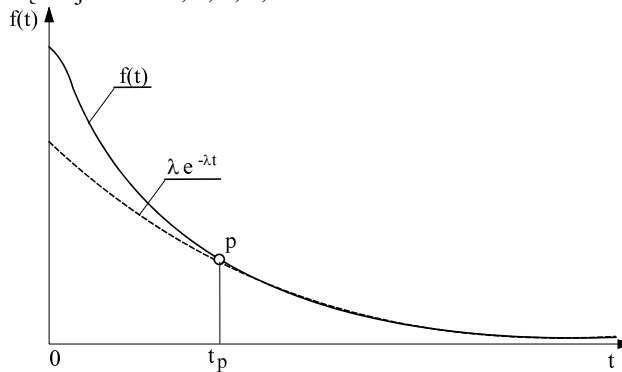
W ramach realizacji badań eksploatacyjnych w rzeczywistym systemie eksploatacji środków transportu, dokonano analizy przedziałów czasowych występujących pomiędzy kolejnymi uszkodzeniami elementów środków transportu oraz chwilami ich wystąpienia [2].

Podczas analizy statystycznej chwil wystąpienia uszkodzeń środków transportu, stwierdzono różnicę między rozkładem teoretycznym a empirycznym wartości przedziałów czasowych występujących między tymi chwilami (rys.2). Znacząca różnica między rozkładem teoretycznym a empirycznym występująca na początku przedziału $(0, t_p)$, od chwili p zmniejsza się do zera. Natomiast w przedziale (t_p, ∞) funkcja teoretyczna jest zgodna z rozkładem empirycznym. Rozbieżność ta wynika z występowania w przedziale $(0, t_p)$ tzw. uszkodzeń wtórnych będących skutkiem niewłaściwej jakości napraw uszkodzonych elementów. Z badań wynika, że chwile uszkodzeń wtórnych zawierają się w przedziale od 0 do 7 dni (rys. 3).

Analiza danych empirycznych (długości przedziałów czasowych między uszkodzeniami) wskazuje na celowość opisu rozkładu prawdopodobieństwa czasów poprawnej pracy funkcją niezawodności $R(x)$ o następującej postaci:

$$R(x) = pe^{-\lambda x} + (1-p)R_w(t) \quad (1)$$

Jest to mieszanina rozkładu wykładniczego $pe^{-\lambda x}$ (z nieznaną wartością parametrów $(p\lambda)$) z funkcją niezawodności $R_w(t)$. Estymacja parametrów rozkładu $(p\lambda)$ z funkcją niezawodności opisana zależnością (1) jest problemem złożonym. Zakładając, że dla nieznanego rozkładu (czasów poprawnej pracy) skupionym na ograniczonym przedziale czasowym $(0, t_p)$ można oszacować wartości parametrów p i λ , to dla dużych wartości t można przyjąć, że: $R(t) \approx p \cdot \exp(-\lambda t)$. Wówczas za pomocą metod regresji liniowej (w układzie półlogarytmicznym) można ocenić wartości parametrów p i λ dla różnych prób losowych uciętych z dołu. Dla każdej takiej aproksymacji oblicza się błąd standardowy regresji – $S(i)$, gdzie i oznacza indeks dnia od którego analizuje się dane. Analiza przebiegu $S(i)$ w zależności od wartości i wskazuje na istnienie minimum $s(i)$ dla różnych i , najczęściej dla $i = 5, 6, 7, \dots, 12$.



Rys. 2. Zmiany wartości funkcji wykładniczej i rzeczywistej w czasie t

Przebieg funkcji rzeczywistej można opisać mieszaniną rozkładu prawdopodobieństwa z gęstością $g(t)$ z rozkładem wykładniczym.

Niech $\tau_i(k)$, gdzie $i = 0, 1, 2, \dots, \tau_0(k) = 0, k = 0, 1, 2, \dots, n$ oznacza strumień (chwile) uszkodzeń k -tego obiektu technicznego.

Różnica $\tau_{i+1}(k) - \tau_i(k)$ dla $i = 0, 1, 2, \dots$, oznacza długość przedziału czasu między $i+1$ -szym i i -tym uszkodzeniem k -tego obiektu technicznego.

Przez $Y_i(n)$ oznacza się superpozycję n - strumieni uszkodzeń.

Niech $X_i(n) = Y_i(n) - Y_{i-1}(n)$, gdzie $i = 0, 1, 2, \dots, Y_0 = 0$

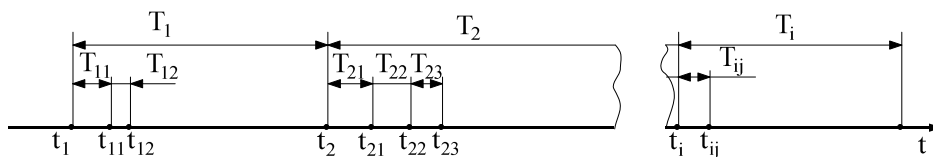
Zakłada się, że rozkład zmiennej losowej $X_i(n)$ nie zależy od i .

Na podstawie twierdzenia Grigelionisa wiadomo, że przy $n \rightarrow \infty$ zmienna losowa $X(n)$ ma rozkład wykładniczy.

Z analizy wyników badań eksploatacyjnych dotyczących chwil wystąpienia uszkodzeń wynika, że zbiór uszkodzeń można podzielić na podzbiory uszkodzeń **pierwotnych** oraz **wtórnych**.

Wynika to stąd, że kolejne chwile uszkodzeń tych samych podsystemów skupiają się sekwencyjnie po zajściu pojedynczego uszkodzenia.

Na rysunku 3, przedstawiono przykładowy strumień uszkodzeń wybranego podsystemu środka transportu.



Rys. 3. Przedziały czasu pomiędzy uszkodzeniami pierwotnymi i wtórnymi gdzie t_i – chwile wystąpienia uszkodzeń pierwotnych,

t_{ij} – chwile wystąpienia uszkodzeń wtórnych,

T_i – przedziały czasu między chwilami wystąpienia uszkodzeń pierwotnych,

T_{ij} – przedziały czasu między chwilami wystąpienia uszkodzeń wtórnych.

Jak widać na rysunku 3, pierwsze z uszkodzeń, które wystąpiły w chwilach t_i , wywołują sekwencje powstawania kolejnych uszkodzeń tego samego podsystemu w krótkich przedziałach czasu. Uszkodzenia te nazwano **pierwotnymi**. Natomiast kolejne z nich, o skończonej liczbie powtórzeń, występujące w chwilach t_{ij} , nazwano uszkodzeniami **wtórnymi**. Na podstawie analizy wyników badań stwierdzono, że przyczyną powstawania uszkodzeń wtórnych jest, z reguły, niewłaściwa jakość napraw pierwotnych uszkodzeń elementów podsystemów. Uszkodzenia pierwotne są niezależne od siebie i występują w sposób losowy (nie są ze sobą związane więzią przyczynowo - skutkową). Uszkodzenia wtórne są zależne, ponieważ ich wystąpienie jest uwarunkowane wcześniejszym wystąpieniem uszkodzenia pierwotnego i skutkiem niewłaściwej jego naprawy lub niewłaściwej naprawy następnego uszkodzenia wtórnego.

Zmniejszenie warunkowego prawdopodobieństwa zajścia uszkodzenia wtórnego może stanowić punkt wyjścia do zmniejszenia intensywności uszkodzeń a w następstwie do zwiększenia poziomu niezawodności i efektywności działania danego środka transportowego [2].

4. METODOLOGICZNY ASPEKT SZACOWANIA KOSZTÓW NAPRAW WTÓRNYCH

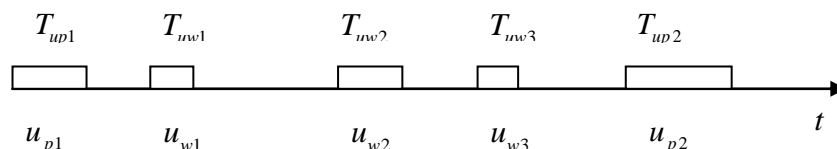
Znajomość dostępnych technologii realizacji napraw uszkodzeń pierwotnych oraz kosztów pracy i kosztów związanych z wykorzystywanym wyposażeniem technicznym stanowisk naprawczych pozwala ocenić najniższe koszty uzyskania zmniejszenia liczby uszkodzeń wtórnych a także średniego czasu ich naprawy[3].

Zmiana technologii realizacji napraw uszkodzeń pierwotnych może polegać na:

- wyposażeniu stanowisk naprawczych w urządzenia diagnostyczne i kontrolne,
- szkolenie pracowników realizujących naprawy,
- uzależnienie wynagrodzeń od wskaźnika jakości napraw obliczanego po pewnym okresie czasu,
- specjalizacja w grupie pracowników realizujących naprawy pierwotne.

Działania takie mające w założeniu doprowadzić do zmniejszenia liczby uszkodzeń wtórnych, oraz do skrócenia średniego czasu trwania naprawy uszkodzeń wtórnych wiążą się z dodatkowymi kosztami (nakładami) ponoszonymi w systemie zapewniania zdadności.

Oznaczając przez \overline{T}_{up} wartość średniego czasu naprawy uszkodzenia pierwotnego, przez \overline{T}_{uw} wartość średniego czasu naprawy uszkodzenia wtórnego a przez \overline{n}_{uw} średnią liczbę uszkodzeń wtórnych, generowanych przez jedno uszkodzenie pierwotne, można przedstawić zależności czasowe, charakteryzujące naprawy uszkodzeń pierwotnych i wtórnych jak na rysunku 4.



Rys.4. Nastęstwa w czasie uszkodzeń pierwotnych i wtórnych, wraz z czasami ich trwania

Łączny czas napraw uszkodzeń wtórnych w okresie pomiędzy dwoma kolejnymi uszkodzeniami pierwotnymi można wyrazić (w długim okresie) jako:

$$T = \overline{n}_{uw} \cdot \overline{T}_{uw} \quad (2)$$

gdzie przez T oznaczono łączny czas napraw uszkodzeń wtórnych.

Analizując korzyści ze skali nakładów (rosnąca efektywność nakładów) można stwierdzić, że występują one, w przypadku, gdy długookresowe koszty przeciętne spadają wraz ze wzrostem nakładów. Stałe korzyści ze skali nakładów (stała efektywność nakładów) występują, kiedy długookresowe koszty przeciętne są stałe, przy wzroście nakładów.

Natomiast niekorzyści skali (malejąca efektywność nakładów) występują, gdy długookresowe koszty przeciętne rosną wraz ze wzrostem nakładów.

Zależność czy przy ustalonych cenach czynników działania, jednostkowe koszty rosną czy maleją, wraz ze wzrostem nakładów, zależy od rodzaju stosowanej technologii realizacji napraw i jej efektywności.

Istnieją trzy grupy przyczyn występowania korzyści ze skali nakładów [4].

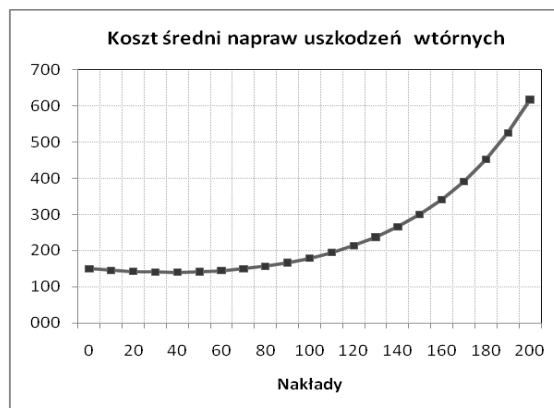
Pierwszą z nich jest „niepodzielność procesu działania”, przejawiającą się w konieczności ponoszenia przez system pewnego minimum nakładów, niezbędnego do prowadzenia działalności. To minimum nakładów zwykle bywa nazywane kosztem stałym.

Druga grupa przyczyn występowania korzyści ze skali nakładów, wiąże się ze specjalizacją, mającą dodatni wpływ na jakość napraw uszkodzeń pierwotnych.

Trzecia grupa przyczyn wiąże się z poprzednią w tym sensie, że przy dużej liczbie realizowanych napraw uszkodzeń pierwotnych, koszty wyposażenia stanowisk naprawczych rozkładają się na dużą liczbę napraw, co powoduje zmniejszenie się długookresowego kosztu średniego.

Na podstawie powyższych rozważań można stwierdzić, że krzywa kosztów przeciętnych, związanych z realizacją napraw uszkodzeń wtórnych, ma kształt litery U. Znaczy to, że przy znacznym wzroście nakładów, związanych ze zmianą technologii napraw uszkodzeń pierwotnych, obserwuje się zjawisko zmniejszenia poziomu efektywności realizowania niniejszych napraw. W przypadku tym można zaobserwować zjawisko niekorzyści skali.

Na rysunku 5, przedstawiono wykres krzywej średnich kosztów napraw uszkodzeń wtórnych, jako funkcji nakładów, ponoszonych na zmianę technologii napraw uszkodzeń pierwotnych.



Rys.5. Koszt średni napraw uszkodzeń wtórnych w funkcji nakładów

W związku z powyższym, można sformułować następującą hipotezę, że zwiększenie nakładów na realizację napraw uszkodzeń pierwotnych powoduje zmniejszenie się liczby uszkodzeń wtórnych oraz zmniejszenie czasu ich trwania. Zmniejsza to koszty napraw uszkodzeń wtórnych (mimo ponoszenia dodatkowych kosztów w związku z nakładami na zmianę technologii napraw uszkodzeń pierwotnych) i przekłada się zatem na wzrost efektywności i jakości działania systemu [5].

W celu budowy matematycznej postaci modelu kosztów napraw uszkodzeń wtórnych, w związku ze zmianą technologii napraw uszkodzeń pierwotnych, przyjęto następujące oznaczenia:

M - graniczny poziom nakładów na zmianę technologii napraw uszkodzeń pierwotnych wynikający z przyczyn zewnętrznych (stała),

N - aktualny poziom nakładów na zmianę technologii napraw uszkodzeń pierwotnych (zmienna),

n_{uw} - średnia liczba uszkodzeń wtórnych generowanych przez uszkodzenie pierwotne (liczba uszkodzeń jest zmienną losową o rozkładzie Poissona z parametrem λ),

T_{uw} - średni czas naprawy uszkodzenia wtórnego (czas naprawy jest zmienną losową o określonym rozkładzie),

KC - koszt całkowity napraw uszkodzeń wtórnych, w skończonym przedziale czasu,

KS - koszt średni napraw uszkodzeń wtórnych, w skończonym przedziale czasu,

α - współczynnik wynikający z istnienia korzyści i niekorzyści ze skali nakładów, na zmianę technologii napraw uszkodzeń pierwotnych,

β - współczynnik określający w skali [0,1] stopień wykorzystania granicznych nakładów na zmianę technologii naprawy uszkodzeń pierwotnych.

Dla przyjętych oznaczeń należy określić zależność liczby uszkodzeń wtórnych od nakładów, na zmianę technologii napraw uszkodzeń pierwotnych z zależności:

$$n_{uw}(N) = \beta n_{uw} \quad (3)$$

Zależność czasu trwania naprawy uszkodzeń wtórnych od nakładów na zmianę technologii napraw uszkodzeń pierwotnych:

$$T_{uw}(N, T_{uw}) = \beta^2 T_{uw} \quad (4)$$

Zależność kosztu całkowitego napraw uszkodzeń wtórnych (w skończonym przedziale czasu), od nakładów na zmianę technologii napraw uszkodzeń pierwotnych:

$$KC(N, n_{uw}, T_{uw}) = \alpha N^2 + N + n_{uw} T_{uw} \quad (5)$$

Zależność kosztu średniego (w skończonym przedziale czasu) od nakładów na zmianę technologii napraw uszkodzeń pierwotnych:

$$KS(KC, N, n_{uw}) = \frac{KC}{n_{uw}} \quad (6)$$

Następnie podstawiając wyrażenia opisane zależnościami (3 i 4), do zależności (5 i 6), otrzymamy kolejno:

$$KC(N) = N + \alpha N^2 + \beta^3 n_{uw} T_{uw} \quad (7)$$

Dla kosztów średnich (w skończonym okresie czasu), otrzymamy zatem ogólną postać:

$$KS(N) = \frac{KC}{n_{uw}} = \frac{1}{n_{uw}} (N + \alpha N^2 + \beta^3 \overline{n_{uw} T_{uw}}) \quad (8)$$

Zależności (7 oraz 8), są zatem modelem matematycznym kosztów całkowitych i kosztów średnich, związanych ze zmianą technologii napraw uszkodzeń pierwotnych [3].

5. TRÓJSTANOWY MODEL SYMULACYJNY PROCESU SEMIMARKOWSKIEGO

Aby zapewnić możliwość realizowania eksperymentów symulacyjnych, mających na celu ocenę dochodów związanych ze średnią ilością uszkodzeń wtórnych przypadających na jedno uszkodzenie pierwotne, zbudowano program w języku systemu obliczeniowego R [6].

Program symulacyjny pobiera dane wejściowe do obliczeń z plików tekstowych, w których zawarte są parametry ogólne takie jak:

- liczba obiektów technicznych,
- liczba stanów procesu,
- liczba zdarzeń do wygenerowania,
- liczba uszkodzeń wtórnych przypadających na jedno uszkodzenie pierwotne.

Parametry określające szczegółowo proces semi-Markowa takie jak: typy i parametry rozkładów dla generowanych czasów pozostawania w stanach procesu, macierz zmian stanów włożonego w proces semi-Markowa łańcucha Markowa, wektor dochodów na jednostkę czasu.

W programie przyjęto, że czas pozostawania w stanie 1 opisany jest rozkładem gamma, a w stanach 2 i 3 rozkładami logarytmiczno-normalnymi.

Eksperyment symulacyjny można zaplanować dla jednego obiektu technicznego lub dla grupy obiektów. Wyniki generowane w czasie realizacji eksperymentu są zapisywane do pliku tekstowego w układzie chronologicznego następstwa zdarzeń niezależnie od tego czy przebieg dotyczy pojedynczego obiektu czy grupy. Każdy wiersz zawiera cztery wartości, którymi są kolejno:

- T_{mod} (czas modelu),
- Numer (numer obiektu technicznego),
- Stan (stan, w którym znajduje się obiekt techniczny),
- Czas (czas pozostawania w stanie).

Tworzony jest także plik z obliczonymi wskaźnikami statystycznymi pozwalający zweryfikować poprawność i stabilność działania programu symulacyjnego.

Podane niżej dane tabelaryczne i wykresy stanowią wyniki serii eksperymentów symulacyjnych, w których przyjęto, że liczba uszkodzeń wtórnych jest w kolejnych eksperymentach coraz mniejsza (zmiana z krokiem 1). Przekłada się to na coraz mniejszy sumaryczny czas pozostawania w stanie 3. Średni czas pozostawania w stanie 1 rośnie o wartość związaną z czasem pozostawania w stanie 2 natomiast z coraz mniejszą efektywnością. Oznacza to, że wysiłki podejmowane w celu zmniejszenia średniej liczby uszkodzeń wtórnych przypadających na jedno uszkodzenie pierwotne związane są z coraz większymi kosztami lub inaczej są coraz mniej efektywne [5].

W tabeli 1, zawarto charakterystyki poszczególnych eksperymentów symulacyjnych. Natomiast na rysunku 6, przedstawiono kształtowanie się średniego dochodu jednostkowego, w zależności od liczby uszkodzeń wtórnych.

Tab.1. Wyniki przebiegów dla różnych wartości liczby uszkodzeń wtórnych

Przebieg	LUWt	Parametry w stanie 1	Średnia w stanie 1	Eksperyment				
				1	2	3	4	5
1	8	7,00	70,00	905,39	906,39	907,38	905,74	905,95
2	7	7,28	72,77	910,39	908,63	909,45	906,71	910,09
3	6	7,55	75,54	910,21	910,96	911,63	911,15	910,99
4	5	7,78	77,76	912,18	912,67	912,69	912,39	911,98
5	4	7,97	79,70	912,48	912,18	913,54	912,51	912,36
6	3	8,14	81,36	913,54	911,84	913,01	910,64	912,80
7	2	8,25	82,47	909,15	908,07	909,40	908,70	909,88
8	1	8,33	83,30	900,52	900,91	900,53	902,23	900,35
9	0	8,39	83,85	874,37	878,14	874,65	878,01	876,04

W celu przejrzystości zobrazowania wyników niniejszego eksperymentu, na rysunku 36, przedstawiono wykres z wybranych kilku serii danych.



Rys. 6. Kształtowanie się dochodu dla zmniejszającej się liczby uszkodzeń wtórnych

Analiza statystyczna przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych, uwzględniająca różne typy rozkładów prawdopodobieństwa dla czasów pozostawania w stanach procesu, oraz różne ich parametry, uzyskane przy pomocy statystycznych testów „Kolmogorowa-Smirnowa” o zgodności z typem rozkładu i testu „z” o wartości parametrów pozycyjnych, wykazała poprawność niniejszych założeń [3].

6. PODSUMOWANIE

Realizacje procesu eksploatacji (zawierające chronologiczne następstwo zdarzeń w procesie) pozwalają stwierdzić poprawność przedstawionego podejścia. Zamodelowany przebieg niniejszego procesu, w którym celem jest określenie optymalnego działania, prowadzi do maksymalizacji zysków z eksploatacji, poprzez zmianę technologii napraw pierwotnych, bezpośrednio wpływających na efektywność działania badanego systemu.

Z analizy informacji źródłowych wynika, że uszkodzenia wtórne elementów podsystemów autobusów należy eliminować w procesie obsługowo naprawczym. Można to realizować poprzez:

- właściwe diagnozowanie przed i ponaprawcze,
- stosowanie odpowiednich części zamiennych,
- stosowanie odpowiednich środków naprawczych,
- przestrzeganie harmonogramu realizacji przeglądów i wymian,
- właściwy montaż i demontaż,
- wprowadzenie kontroli technicznej realizowanych napraw,
- podnoszenie kwalifikacji pracowników,
- odpowiednią motywację pracowników,
- wyposażenie stanowisk naprawczych w oprzyrządowanie technologiczno-naprawcze.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Muślewski Ł., Wdzięczny A.: *Qualitative aspect of means of transport failure causes*. Polish Journal of Environmental Studies.vol. 18 No. 2A Hard, Olsztyn 2009.
- [2] Woropay M., Wdzięczny A., Muślewski Ł.: *Method of analysis and assessment of the realized repairs influence on efficiency and reliability of means of transport operation*. IMAM. Istambul 2009.
- [3] Muślewski Ł., Woropay M., Neubauer A., Szubartowski M.: *Method for assessment of transport means failures repairs*. KONES 2011, Kraków 2011.
- [4] Begg D., Fisher S., Dornbusch R.: *Mikroekonomia*. PWE. Warszawa 2003.
- [5] Muślewski Ł.: *Podstawy efektywności działania systemów transportowych*. ITE. Bydgoszcz - Radom 2010.
- [6] <http://www.r-project.org>.
- [7] Woropay M., Szubartowski M., Migawa K.: *Model oceny i kształtowania gotowości operacyjnej podsystemu wykonawczego w systemie transportowym*. ITE, Bydgoszcz – Radom 2003.