

MIECZYŚLAW BOTWIN

Wstępne badania niezawodności niektórych maszyn leśnych

Ветупительные исследования надежности некоторых лесных машин

Preliminary studies on the reliability of certain forest machines

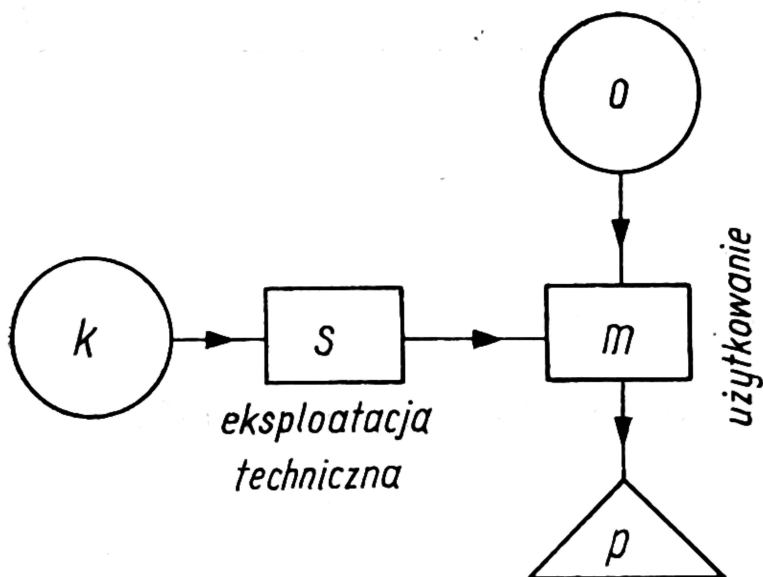
Wzrost mechanizacji prac leśnych powoduje systematyczne zwiększanie się ilości maszyn i urządzeń stosowanych w leśnictwie. Obecnie w Lasach Państwowych pracuje ponad 100 tys. maszyn i urządzeń do wykonywania różnych prac. W lasach jest ok. 20 tys. pilarek, ponad 10 tys. pojazdów mechanicznych, kilka tysięcy opylaczy i opryskiwaczy oraz tysiące pługów, pogłębiaczy, spulchniaczy, opielaczy, siewników, sadzarek, korowarek, rębarek itd. Zwiększa się nie tylko ilość sprzętu mechanicznego, ale również polepsza się jego jakość.

Dotychczas określając jakość sprzętu ograniczano się do ustalania współczynnika gotowości technicznej lub współczynnika wykorzystania maszyn. Producent bardzo często jakość swoich wyrobów oceniał za pomocą procentu uwzględnionych reklamacji w okresie gwarancyjnym.

Obecnie tego rodzaju określenia są niewystarczające. Użytkownik powinien dobrze znać cechy maszyny oraz wiedzieć, jak często występują przestoje i jak długo trwa ich naprawa. Jakie zespoły mają najczęstsze uszkodzenia i ile poszczególnych części użytkowanych maszyn zamówić u producenta, żeby zapewnić ciągłą pracę maszyn i zmniejszyć okresy nieprodukcyjnych przestojów.

Ostatnio w przemyśle maszynowym i w poszczególnych działach gospodarki narodowej znacznie wzrosła rola prawidłowej eksploatacji maszyn i przede wszystkim eksploatacji technicznej. Eksploatację maszyny można podzielić na dwa zasadnicze piony: eksploatację użytkową, czyli użytkowanie, i eksploatację techniczną, czyli odnowę. Na rycinie 1 przedstawiono schematycznie te dwa działy. W układzie o—m—p operator działa na przedmiot pracy, np. drewno przy pomocy maszyny, która jest pośrednikiem między nimi. W układzie k—s—m konserwator działa na maszynę przy pomocy sprzętu konserwacyjno-naprawczego, a rozpatrywana maszyna jest przedmiotem pracy. Układ o—m—p przedstawia użytkowanie, a układ k—s—m eksploatację techniczną.

W pracującej maszynie występują uszkodzenia, które uniemożliwiają maszynie wykonywanie czynności roboczych. Przyczynami uszkodzeń może być:

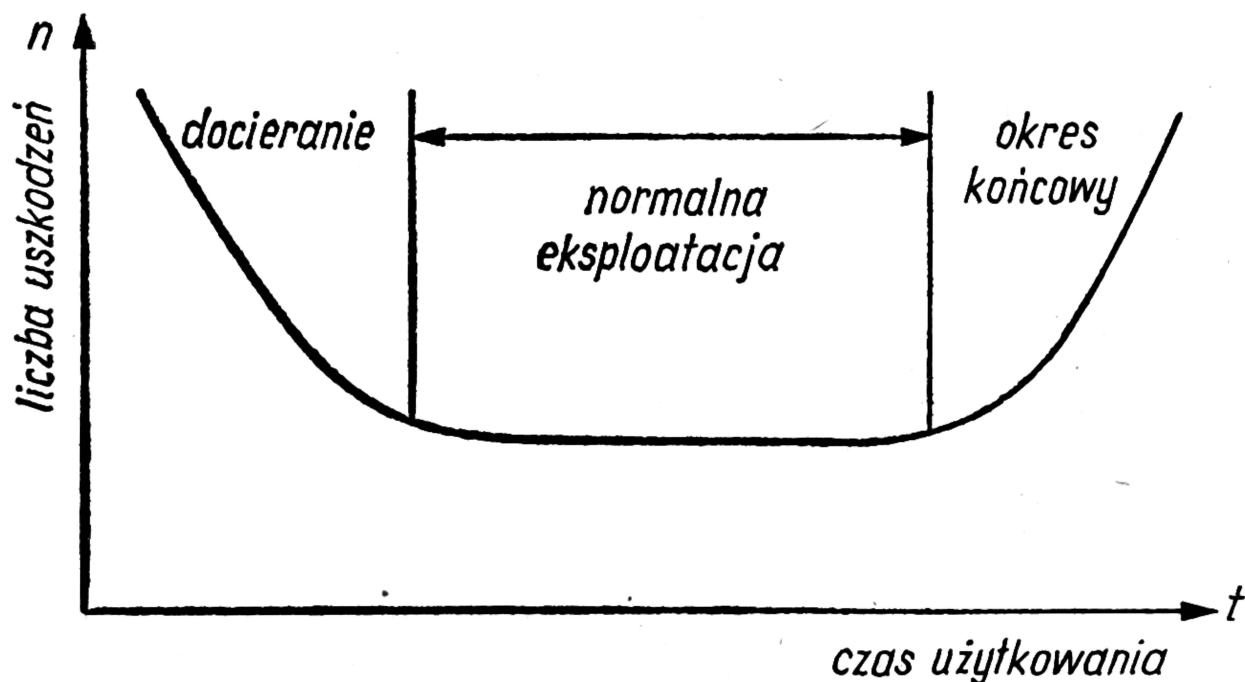


Ryc. 1. Dwa podstawowe działy eksploatacji maszyny (o — operator, k — konserwator, m — maszyna robocza, s — sprzęt konserwacyjno-naprawczy, p — przedmiot pracy)

- błąd konstrukcyjny,
- nieprawidłowy montaż i technologia budowy maszyny,
- wady materiałowe,
- niewłaściwe użytkowanie,
- nieprawidłowa obsługa.

W celu zmniejszenia ilości uszkodzeń występujących losowo przewiduje się zestaw czynności diagnostycznych i kontrolno-naprawczych oraz specjalistyczne instrukcje użytkowania i obsługi technicznej. Tworzy się zestaw planowo-zapobiegawczych napraw i obsługi, określa się zakres czynności i ich rozkład w czasie.

Dzięki wymienionym zabiegom wzrasta okres pracy maszyny bez uszkodzeń, przedłuża się żywotność maszyny, czyli okres pracy maszyny u użytkownika. Ogólnie przyjmuje się, że w początkowym okresie docierania liczba uszkodzeń maleje, w okresie normalnej pracy liczba ta pozostaje stałą, a w okresie końcowym — wzrasta. Schematycznie, wspomniane trzy okresy pracy maszyny przedstawiono na rycinie 2.



Ryc. 2. Trzy zasadnicze okresy eksploatacji maszyny

Dotychczasowe doświadczenie uczy jednak, że uszkodzenia występują losowo. Dlatego też wprowadzono pojęcie niezawodności maszyn, które uwzględnia:

- probalistyczny czyli losowy charakter zjawiska,
- czas pracy maszyny bez uszkodzeń,
- warunki pracy.

Najczęściej pod pojęciem niezawodności rozumie się prawdopodobieństwo sprawnej pracy maszyny przez określony czas w ściśle wyznaczonych warunkach pracy. Tak rozumiane pojęcie niezawodności ma szereg mierników liczbowych. Do najważniejszych możemy zaliczyć:

- parametr strumienia uszkodzeń,
- intensywność uszkodzeń,
- funkcja odnowy,
- współczynnik gotowości technicznej,
- współczynnik niezawodności eksploatacyjnej.

Szczególnych wyjaśnień wymagają dwa pierwsze mierniki. Parametr strumienia uszkodzeń jest odwrotnością średniego czasu między kolejnymi uszkodzeniami. Czas ten jest zjawiskiem losowym. Miernik ten oblicza się dla maszyn naprawialnych. Intensywność uszkodzeń oblicza się przede wszystkim dla zespołów nienaprawialnych i jest ona odwrotnością średniego czasu do uszkodzenia, czyli czasu środkowego w danej próbie uszkodzenia.

Jeżeli oznaczymy:

- ω — parametr strumienia uszkodzeń,
- λ — intensywność uszkodzeń,
- t_p — średni czas pracy między uszkodzeniami,
- t_s — średni czas do uszkodzenia zespołu lub maszyny, to:

$$\omega = \frac{1}{t_p} \quad (1) \quad \alpha \lambda = \alpha \lambda = \frac{1}{t_s} \quad (2)$$

Rozkład parametru strumienia uszkodzeń i intensywności uszkodzeń może być wyrażony określonymi równaniami, które aproksymują doświadczone dane. Najczęściej znajduje zastosowanie rozkład wykładniczy, rzadziej rozkład Weibulla.

Jeżeli zastosować rozkład wykładniczy, to prawdopodobieństwo niezawodnej pracy maszyny może być określane według wzoru:

$$R = e^{-\omega t} = e^{-\frac{t}{t_p}} \quad (3)$$

lub

$$R = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{t}{t_s}} \quad (4)$$

gdzie:

- R — prawdopodobieństwo działania maszyny bez uszkodzeń,
- t — czas pracy maszyny mierzony w godzinach lub w innym

mierniku proporcjonalnym do czasu pracy, np. m³ lub m³km wykonanej pracy.

Funkcja odnowy w odniesieniu do jednej maszyny charakteryzuje średnią liczbę napraw do rozpatrywanego okresu pracy. Opiera się ona na określonej próbie.

Współczynnik gotowości technicznej i współczynnik niezawodności eksploatacyjnej oblicza się według wzorów:

$$k_g = \frac{n_1 t_1}{n_o t_o} \quad (5) \quad \text{i} \quad k_n = \frac{t_p}{t_p + t_n} \quad (6)$$

gdzie:

- n_1 — liczba sprawnie pracujących maszyn,
- t_1 — czas sprawnej pracy maszyn,
- n_o — ogólna liczba maszyn w pracy i w naprawach,
- t_o — suma czasów sprawnej pracy maszyn i czasów napraw,
- t_p — średni czas pracy między uszkodzeniami,
- t_n — średni czas naprawy,
- k_g — współczynnik gotowości technicznej,
- k_n — współczynnik niezawodności eksploatacyjnej.

Badania niezawodności maszyn można prowadzić w warunkach laboratoryjnych lub eksploatacyjnych. Te ostatnie mogą być kontrolowane przez obserwatora lub oparte na danych ewidencyjnych, czyli tzw. badania niekontrolowane. Ma również zastosowanie metoda warstwowa. Według tej metody określone zakresy czasu pracy maszyny zwane są warstwami. Do poszczególnych warstw mogą być zaliczone różne maszyny tego samego typu i pracujące w tych samych warunkach. Występuje to w tzw. badaniach niekontrolowanych przyspieszonych.

W Zakładzie Mechaniki i Eksploatacji Maszyn SGGW-AR przeprowadzono wstępne badania niezawodności następujących maszyn stosowanych w leśnictwie: samochodu Praga V-3-S, pilarki PS-90, korowatki VK-16 i ciągnika Tree Farmer C-5-D. Opracowywane są również dane dotyczące innych maszyn. Badania są oparte na danych ewidencyjnych użytkowników i mają wstępny charakter.

Dane tabeli 1 wymagają pewnych wyjaśnień dotyczących poszczególnych maszyn. Wyniki badań samochodu V-3-S oparto na przebiegu 2080 tys. km. Zarejestrowano 1261 uszkodzeń, w tym uszkodzeń silnika — 499 (39,57%), układu napędowego 217 (17,21%), układu jezdnego 183 (14,51%) nadwozia 302 (23,95%) i układu sterowania (4,76%). Dla poszczególnych samochodów obliczano również intensywność uszkodzeń, która wahała się od $0,5 \times 10^{-5}$ do 2×10^{-5} uszkodzenia/km przebiegu. Średnia wartość intensywności uszkodzeń dla tej grupy maszyn wynosiła $1,084 \times 10^{-5}$ uszkodzenia/km.

Pilarka PS-90 jak dotychczas jest podstawową maszyną przenośną stosowaną przy ścinie, przerzynce i okrzesywaniu. Rozpoczęto produkcję licencyjną pilarki PS-80. Jak dotychczas, ze względu na wiele czynników, pilarki PS-80, mające o wiele lepsze rozwiązanie konstrukcyjne, w praktyce mają uszkodzeń nie mniej od PS-90. Można podkreślić, że producent obu pilarek uwzględnił 3,82% reklamacji dotyczących PS-90 i 4,95% reklamacji dotyczących PS-80. Na podstawie obserwacji 184

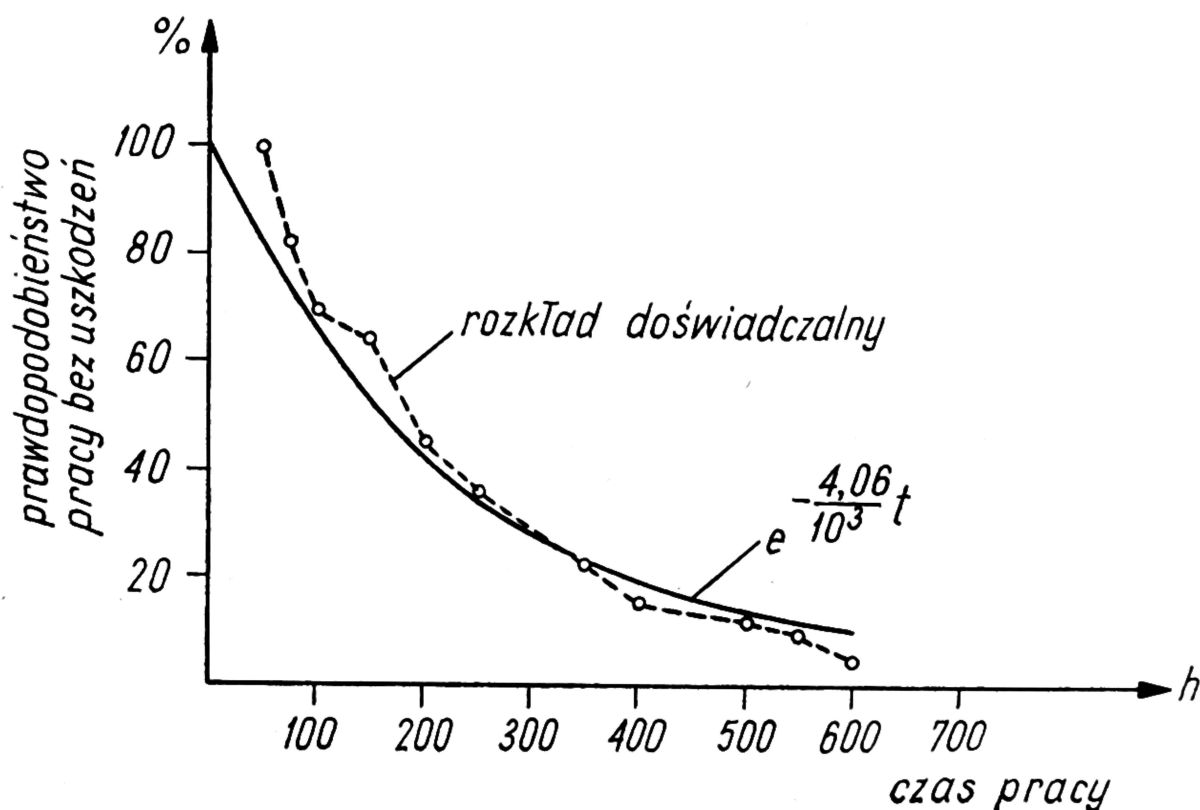
Podstawowe wskaźniki niezawodności pracy maszyn leśnych

Wyszczególnienie	Średni okres między uszkodzeniami	Parametr strumienia uszkodzeń
Praga V-3-S	1530 km	$6,08 \times 10^{-4}$
Korowarka VK-16	4500 m ³	$2,2 \times 10^{-4}$
Tree Farmer	246 h	$4,06 \times 10^{-3}$
PS-90	1180 m ³	$8,5 \times 10^{-4}$

uszkodzeń można stwierdzić, że 138 (około 75%) dotyczyło silnika, w tym gaźnika — 10,3%, cylindra z głowicą — 21,7%, wału korbowego — 7,1%. W układzie tnącym najczęściej były uszkodzane piła łańcuchowa i prowadnica — 16,3%. Koszt jednej naprawy wynosił około 407 zł. Uszkodzenia występowały co 1180 m³ ścinki przeliczeniowej.

Ciągniki Tree Farmer produkcji kanadyjskiej niedawno rozpoczęły pracę w leśnictwie. Są to przegubowe ciągniki przystosowane do zrywki drewna dłużycowego za pomocą wciągarki. Niezbyt obszerny materiał dotyczący 61 uszkodzeń pozwala na określenie średniego czasu efektywnej pracy między uszkodzeniami. Wynosił on 246 godzin lub 1818 m³ zerwanego drewna. Na rycinie 3 przedstawiono teoretyczny i praktyczny rozkład prawdopodobieństwa pracy bez uszkodzeń tego ciągnika. Rozkład teoretyczny obliczono według wzoru:

$$R = \exp - \frac{4,06 t}{10^3} \quad (7)$$



Ryc. 3. Doświadczalny i teoretyczny rozkład uszkodzeń ciągnika Tree Farmer

Średni koszt jednej naprawy wynosił 1212 zł. Uwzględniając koszty obsługi i napraw na 1 godzinę użytkowania przypada 9,20 zł. Na składnicach najczęściej stosowane są korowarki VK-16. Średni czas między kolejnymi uszkodzeniami mierzony m³ okorowanego drewna wynosił 4500 m³ drewna. Średni koszt jednej naprawy 3800 zł, a jednej obsługi 1130 zł. Na 1 m³ okorowanego drewna przypada ca 1 zł kosztów napraw i obsługi.

Przytoczone dane stanowią początkowy etap badań nad niezawodnością działania maszyn leśnych. Kontynuacja tych badań pozwoli na planowanie niezawodności. Ma to duże znaczenie gospodarcze.

Na przykład, na podstawie wzoru (7) można określić liczbę ciągników, które z określonym prawdopodobieństwem będą pracowały 50, 100, 200 i 250 godzin. Dla 1000 pracujących ciągników liczby te wynoszą: 816, 666, 442 i 362, a więc w ciągu 50 godzin mogą wystąpić uszkodzenia w 184 ciągnikach, w ciągu 100 godzin — 334 ciągnikach, w ciągu 200 godzin — w 558 ciągnikach i w ciągu 250 godzin — w 638 ciągnikach. Znajomość liczby uszkodzeń pozwala na planowanie ilości części zamiennych i stanowisk pracy w warsztatach naprawczych.

Znajomość niezawodności działania maszyn daje również możliwość określenia optymalnych okresów eksploatacji maszyny, przy których koszty będą minimalne.

Praca wpłynęła do Komitetu Redakcyjnego 1 kwietnia 1976 r.

Краткое содержание

Надежность имеет большое значение в процессе эксплуатации машин. Отказы в процессе работы машины имеют вероятностный характер. Поэтому понятие надежности это вероятность безотказной работы машины в определенном отрезке времени, когда соблюдаются соответствующие условия работы.

Надежность может быть определена следующими измерителями:

- параметром потока отказов;
- интенсивностью отказов;
- функцией ремонтов;
- коэффициентом технической готовности;
- коэффициентом эксплуатационной надежности.

На основе произведенных расчетов базируемых на исследуемых материалах параметр потока отказов принимает следующие величины:

- | | |
|--------------------------------|---|
| — для автомашины V-3-S | — $6,08 \cdot 10^{-4}$ км ⁻¹ |
| — для окорочного станка V-K-16 | — $2,20 \cdot 10^{-4}$ (м ³) ⁻¹ |
| — для трактора Три Фармер | — $4,06 \cdot 10^{-3}$ (час) ⁻¹ |
| — для бензопилы ПС-90 | — $8,50 \cdot 10^{-4}$ (пер. м ³) ⁻¹ |

Summary

Reliability is of great importance in the exploitation of machines. Damage in the process of machine work is of casual nature. This is why as reliability the probability of an efficient work of machine during a definite time under determined working conditions is understood.

The reliability may be determined by following measures: parameter of damage flow, intensity of damage, function of renewal, coefficient of technical readiness, and coefficient of exploitational reliability.

On the basis of performed calculations of study data, the parameter of damage flow acquires following values:

- for Prague V-3-S truck — $6.08 \times 10^{-4} \text{ km}^{-1}$;
- for V-K-16 barking machine — $2.20 \times 10^{-4} (\text{m}^3)^{-1}$;
- for Tree Farmer tractor — $4.06 \times 10^{-3} \text{ h}^{-1}$;
- for PS-90 power saw — $8.50 \times 10^{-4} (\text{m}^3 \text{ of felling})^{-1}$.

Z PRASY

PROFILAKTYKA ZAMIAST REANIMACJI

Nieużytki — symbol gospodarki ekstensywnej, bezplanowej, a zarazem problem państw wysokoprzemysłowych — są tematem artykułu „Minał czas nieużytków”, zamieszczonego na łamach „Życia Warszawy” z dnia 26 lutego 1976 r., autorstwa Iwony Jacyny. W pierwszej części autorka omawia zagadnienia ogólne związane z pojęciem nieużytków.

„Obszary o zdegradowanym środowisku przyrodniczym — to te, na których doszło do względnie trwałego lub trwałego pogorszenia wskaźników jakości atmosfery, wody, gleby, produktów roślinnych oraz obniżenia walorów klimatotwórczych, sanitarnych i krajobrazowych szaty roślinnej (...). Procesy degradacji gleb są stare jak cywilizacja rolnicza, zaczęły się wraz z trzebieżą lasów dla potrzeb rolnictwa oraz z przekształcaniem wielogatunkowych, naturalnych lasów w monokultury. Procesy te postępowały powoli. Nasiliły się gwałtownie w zeszłym stuleciu. Degradacja środowiska potęguje się wraz ze zwiększaniem rozpiętości pomiędzy warunkami glebowymi a wymaganiami ekologicznymi uprawianych roślin”.

Są to sformułowania bardzo ogólne i wysoce nieprecyzyjne z punktu widzenia nauk leśnych, a zarazem szalenie upraszczające całość zagadnienia. W dalszej części artykułu autorka szczegółowo omawia problem nieużytków w Polsce, kreśląc przyczyny i skutki aktualnego stanu.

„Degradacja gleb w Polsce powodowana jest głównie poprzez zakwaszanie, niedobór składników pokarmowych i naruszenie ich równowagi, nadmierne stężenie soli i substancji toksycznych dla roślin, niedobór wody, a miejscami jej nadmiar z jednoczesnym niedoborem tlenu w glebie, pogorszenie struktury gleb (...). Lekkie piaszczyste gleby, gleby kwaśne, w naturalnych warunkach są porośnięte przez lasy iglaste. Roślinność iglasta potęguje jeszcze kwaśność gleby. W ten sposób, z natury ubogie gleby ubożeją jeszcze bardziej pod wpływem roślinności. Jednakże póki porastały je odwieczne, wielogatunkowe lasy naturalne, póty w środowisku przyrodniczym zachowana była równowaga. Wprowadzenie zrębów zupełnych i sztuczne odnowienie lasu jednogatunkowego nasiliło wymywanie składników zasadowych z odsłoniętej gleby”.

„Proces zakwaszania gleby istniał więc od stuleci, natomiast w ostatnich dziesięcioleciach pojawił się jeszcze jeden czynnik, działający bardzo silnie i na coraz większych powierzchniach, gazy przemysłowe, przede wszystkim tlenki siarki, siarcz-