

## KONCEPCJA MODELU OCENY SYSTEMU TRANSPORTOWO-MAGAZYNOWEGO

### Streszczenie

W referacie omówiono model pozwalający na etapie projektowania systemów logistycznych transportowo-magazynowych ocenić efektywność jego działania z uwzględnieniem bilansu energetycznego bądź w przypadku rewitalizacji ocenić dobór elementów systemu oraz zaproponować zmiany infrastrukturalne/organizacyjne w kierunku podniesienia sprawności systemu transportowo-magazynowego.

Model bazuje na analizie bilansu energii dostarczonej do systemu. Zakłada się, że system transportowo-magazynowy jest czarną skrzynką, do której dostarcza się określoną energię (w różnych postaciach), a na wyjściu otrzymuje się pracę użytkową oraz straty energii związane np. z niewykorzystaniem sprzętu, stratami ciepła itp.. Posługując się modelem można ocenić jaka część energii dostarczonej do systemu tracona jest bezpowrotnie, a którą można wykorzystać, co daje możliwość lepszego doboru sprzętu, technologii, efektywniejszej organizacji zarządzania systemem.

**Słowa kluczowe:** logistyka, system, transportowo-magazynowy

### 1. WPROWADZENIE

W każdej dziedzinie życia gospodarczego zwraca się uwagę na zużycie energii przez systemy techniczne w czasie realizowania wymaganych funkcji i procesów. Najczęściej realizuje się to poprzez monitorowanie zużycia: paliw, gazu, prądu oraz ciepła (energii elektrycznej czy energii cieplnej). Przykładem może być obecnie systematyczne zastępowanie żarówek żarowych oświetlenia, jarzeniowymi. Ponadto obserwuje się „kojarzenie” gospodarki energią cieplną oraz elektryczną, czyli rozwijanie techniki kogeneracji w systemach. „Ekologiczne działanie” przestaje być wystarczającym, gdyż nie tylko interesujące staje się jak dużo w gospodarce wytwarza się odpadów czy na jakim poziomie jest recykling ale także poziom hałasu, oraz w jakim zakresie system techniczny obciąża środowisko podczas swojego cyklu życia np. emisją ciepła czy szkodliwych substancji oraz w jakim zakresie po zakończeniu pracy obciąży system ekologiczny. W firmach motoryzacyjnych, produkujących samochody na etapie projektu przewiduje się, które z części po zakończonym **cyklu życia** mogą być wykorzystywane powtórnie w nowym pojeździe [1], [2], [3], [4], [5].

Można zauważyć, że poszukuje się oszczędności energii wszędzie tam, gdzie ona występuje i zachodzi jej wymiana - również w systemach logistycznych.

Przyjmuje się, że magazyn jako system transportowo-magazynowy oraz element systemu logistycznego, składa się z budynku, miejsc gdzie są składowane jednostki ładunkowe, wyposażone w regały bądź nie, sprzętu pozwalającego przemieszczać jednostki ładunkowe oraz podsystemu wymiany informacji złożonego z systemu automatycznej identyfikacji wraz z systemem wspomaganego zarządzania magazynem, EDI [1], [2].

W procesie przemieszczania jednostek ładunkowych, pomijając pracę ludzką,

---

\* Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny

wykorzystuje się: wózki, przenośniki i układnice. Poszczególne procesy wymagają „inwestycji” energii w funkcji stosowanych systemów automatycznej identyfikacji oraz elektronicznej wymiany informacji. Zależności fizyczne pomiędzy energią – pracą – mocą pozwalają na wygodne posługiwanie się tymi pojęciami.

## 2. POJĘCIE EGZERGII

Badania doskonałości procesów przetwarzania energii prowadzone były do niedawna przeważnie za pomocą analizy energetycznej, a więc wyłącznie w oparciu o I zasadę termodynamiki. Bilans energii traktuje jednak wszystkie postacie energii równorzędnie, nie uwzględniając ich niejednakowej jakości (przydatności praktycznej). Tymczasem oczywiste jest, że 1kJ energii elektrycznej wytworzonej przez elektrownię jest znacznie bardziej użyteczny od 1kJ energii unoszonej przez wodę użytą do chłodzenia tejże elektrowni. Nie przypadkowo też energia elektryczna ma znacznie większą wartość ekonomiczną. Można więc przyjąć, że energia elektryczna, oraz praca mechaniczna charakteryzują się największą przydatnością praktyczną, można uzyskać z nich każdą inną postać energii w równoważnej ilości.

Koszt wytworzenia użytecznej energii rośnie w miarę postępu przemian termodynamicznych. Wynika to z tego, że ilość egzergii użytecznej maleje z powodu nie możliwych do uniknięcia strat w procesach nieodwracalnych, a na każdym szczeblu rozpatrywanego procesu pojawia się kolejny element kosztów, wynikający z konieczności dokonania niezbędnych dla danego szczebla inwestycji.

Egzergia układu jest zawsze nieujemna, wynosi zero, kiedy układ pozostaje w równowadze termodynamicznej z otoczeniem i wzrasta w miarę oddalania się układu od stanu równowagi z otoczeniem. Wartość egzergii układu zależy zarówno od stanu układu jak i od stanu otoczenia wyznaczającego jednoznacznie określony poziom zerowy. Zagadnienie optymalizacji przetwarzania energii można formułować jako dążenie do minimalizacji strat egzergii. Stosunkiem energii dostarczanym do rzeczywistego urządzenia do energii dostarczanej do idealnego urządzenia, a potrzebnym do wykonania tej samej pracy przez te urządzenia.

Analiza egzergetyczna może być jednym z istotnych elementów bardziej złożonej analizy wieloczynnikowej takiej jak np. LCA (Life Cycle Analysis) np. Finnvenden i Ostlund - Life Cycle Exergy Analysis (LCEA), Cornelissen – Exergetic Life Cycle Analysis (ELCA) [3], [4].

W tym kontekście przestaje być wystarczającym uwzględnianie przy doborze elementów systemu transportowo-magazynowego tylko i wyłącznie czynników kosztowych, technicznych. Można stwierdzić, że będzie to wysoce niewystarczające.

Z dotychczasowej praktyki wiadomo już, że błędy popełnione na etapie projektowania są trudne do naprawienia, co w konsekwencji powoduje stały wzrost kosztów eksploatacji. W świecie aktualnie funkcjonujących na ten temat poglądów, jakościową ocenę kosztów eksploatacji wyrobów lub w szerszym zakresie: systemów technicznych na etapie projektowania należy wiązać z takimi czynnikami jak:

- Przyjęty model zapewnienia eksploatacyjnej jakości systemu.
- Przyjęta strategia promocyjna inwestora dotycząca walorów eksploatacyjnych tworzonego systemu.
- Kwalifikacja grupowa tworzonego systemu, wynikająca z przyjętej pragmatyki jego eksploatacji.

Przydatność do eksploatacji to głównie problem techniczny projektanta optymalizującego system w celu uzyskania minimalnych kosztów jego budowy i obniżającego jakość na tyle, aby nie odbiło się to na wynikach eksploatacyjnych i nie spowodowało reklamacji ze strony inwestora. Dodatkowo należy tu zaakcentować problem trafności przeznaczenia wpływającego na optymalizację systemu logistycznego transportowo-magazynowego oraz zadowolenia inwestora, który będzie oczekiwał rozwiązań uwzględniających minimalizację kosztów eksploatacji, poszerzonych o bezpieczeństwo i niezawodność.

Swego rodzaju pogodzeniem racji technicznych, ekonomicznych, społecznych (ergologia, ekologia, bezpieczeństwo) są ogólnie przyjęte na świecie Normy Jakości, ponadto zakwalifikowanie systemu do odpowiedniej grupowej kwalifikacji systemu technicznego, zazwyczaj systemy logistyczne transportowo-magazynowe są zaliczane do grupy: „system zaprojektowany w taki sposób, aby jego elementy konstrukcyjne były wymieniane podczas obsługi profilaktycznej”.

Rozwiązania projektowe pomimo tych determinand bardzo często opierają się na intuicji bądź wieloletnich doświadczeniach poszczególnych producentów w tworzeniu systemu dla „statystycznego inwestora”. Tendencje światowe wykazują ciągłe skracanie nominalnego okresu życia systemów technicznych i obserwowany jest stały wzrost zainteresowania nowymi generacjami systemów transportowo-magazynowych, ale jednocześnie postęp technologiczny powoduje, że nowe systemy powstają najczęściej nie na podstawie znaczącej poprawy istniejących rozwiązań w oparciu o wnioski wynikające z eksploatacji, lecz na podstawie generalnej zmiany koncepcji/filozofii całego systemu, powodowanej nowymi wymogami: ergonomii, ekologii, oszczędności energii, humanizacji pracy, robotyzacji itp. [1], [2].

Skutki kosztowe potencjalnych zachowań i efekty eksploatacyjne systemu muszą być przewidywalne już na etapie projektowania i uwzględniane na etapie wdrażania.

### 3. ZASTOSOWANIE EGZERGII W OBLICZENIACH SYSTEMÓW T-M

Całkowita egzergia układu może zostać podzielona na następujące składniki: egzergie potencjalna, kinetyczną, fizyczną, chemiczną, jądrową i inne (np. związane z oddziaływaniem elektromagnetycznym, napięciem powierzchniowym itp.). Przy badaniu procesów zachodzących w urządzeniach energetycznych zazwyczaj wystarcza uwzględnienie egzergii fizycznej i chemicznej oraz w razie potrzeby kinetycznej i potencjalnej [6].

$$B = B_f + B_{ch} + B_p + B_k \quad (1)$$

gdzie:

- $B_f$  - egzergia fizyczna,
- $B_{ch}$  - egzergia chemiczna,
- $B_p$  - egzergia potencjalna,
- $B_k$  - egzergia kinetyczna,

Egzergia fizyczna

$$B_f = U - U_{ot} + (S - S_{ot})T_{ot} - p_{ot}(V - V_{ot}) \quad (2)$$

gdzie:

$U$  - energią wewnętrzną

$S$  - entropią

$V$  - objętością układu w danym stanie

$U_{ob}$  - energią wewnętrzną

$S_{ot}$  - entropią

$V_{ot}$  - objętością układu w stanie ograniczonej równowagi termodynamicznej z otoczeniem, czyli dla ciśnienia i temperatury otoczenia ( $p_{ob}$ ,  $T_{ot}$ ).

### Dla przepływającego czynnika termodynamicznego

$$B_f = I - I_{ot} - (S - S_{ot})T_{ot} \quad (3)$$

gdzie:

$I$  - entalpia czynnika w danym stanie

$I_{ot}$  - entalpia czynnika w danym stanie oraz przy temperaturze i ciśnieniu otoczenia

### Przekazywana z pracą

$$B_f = W \quad (4)$$

Przekazywana z ciepłem  $Q$  pobranym ze źródła o stałej temperaturze  $T_{zc} > T_{ot}$

$$B_f = Q \frac{T_{zc} - T_{ot}}{T_{zc}} \quad (5)$$

(jest równa pracy oddawanej przez silnik Carnota działający pomiędzy źródłami ciepła temperaturach  $T_{zc}$  i  $T_{ot}$ )

Przekazywana z ciepłem  $Q$  pobranym ze źródła o stałej temperaturze  $T_{zc} < T_{ot}$

$$B_f = Q \frac{T_{ot} - T_{zc}}{T_{zc}} \quad (6)$$

(jest równa minimalnej pracy jaką należy dostarczyć, aby przetransportować ciepło  $Q$  pobrane ze źródła o temp.  $T_{zc}$  do otoczenia, czyli pracy pobieranej przez lewobieżny obieg Carnota działający pomiędzy źródłami ciepła temperaturach  $T_{zc}$  i  $T_{ot}$ )

### Egzergia chemiczna

$$B_{ch} = \sum_i N_i (\mu_i - \mu_{iot}) \quad (7)$$

gdzie:

$N_i$  - ilość moli  $i$ -tej substancji,

$\mu_i$  i  $\mu_{iot}$  są odpowiednio potencjałami chemicznymi  $i$ -tej substancji w układzie oraz w otoczeniu.

Egzergia chemiczna jest równa maksymalnej pracy, jaką można uzyskać, gdy rozważana substancja przechodzi ze stanu ograniczonej równowagi z otoczeniem do stanu całkowitej równowagi termodynamicznej (termicznej, mechanicznej oraz chemicznej). W przypadkach, gdy substancja, której egzergię chemiczną chcemy

wyznaczyć nie występuje w otoczeniu, podczas obliczania egzergii uwzględnia się reakcję chemiczną, której produkty będą należeć do powszechnych składników otoczenia. Uwzględnienie egzergii chemicznej jest konieczne, gdy przedmiotem rozważań procesy, w których następuje wymiana substancji z otoczeniem np. spalanie [3], [4].

#### 4. MODEL ANALITYCZNY SYSTEMU T-M

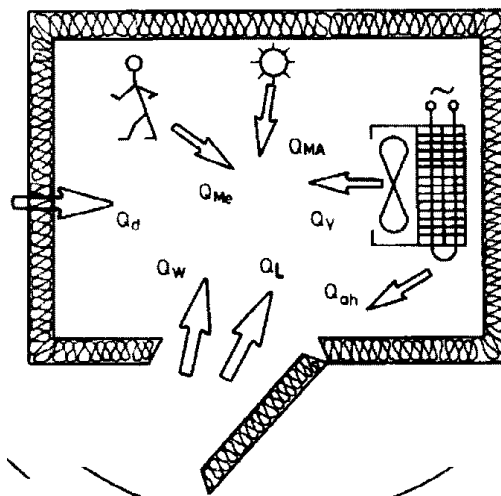
Dokładniejsza analiza wykazuje, że w procesach rzeczywistych energia nie jest tracona (nie chodzi tu bynajmniej o prawo zachowania), lecz przekształcana do innej postaci, mniej nadającej się do podtrzymywania procesów. Przykładem tego zjawiska jest np. proces pobrania palety z podłogi samochodu na froncie przeładunkowym na wejściu do magazynu i odłożenie jej do gniazda w regale na poziomie wybranego piętra. Energia zużyta na transport pionowy palety zostaje częściowo odzyskana w momencie jej wyprowadzania z regału, pomniejszona jedynie o energię potrzebną do powtórzenia podniesienia karetki wózków. W tym procesie paleta działa jak akumulator energii.

Jeżeli przyjmie się przykładowy magazyn zadany schematycznie na rys. 1 to równanie energii wylicza się na podstawie równania (8), wynosi  $Q$  [Wh],

$$Q = Q_d + Q_w + Q_L + Q_V + Q_{ah} + Q_{Ma} + Q_{Me} + Q_S \quad (8)$$

gdzie:

- $Q_d$  – ciepło przenikające przez ściany, sufit i podłogę komory chłodniczej;
- $Q_w$  – ciepło odprowadzone od towaru;
- $Q_L$  – ciepło oddane przez powietrze, które zostało wprowadzone do wnętrza komory w sposób niezamierzony;
- $Q_V$  – ciepło związane z pracą wentylatora chłodnicy powietrza;
- $Q_{ah}$  – ew. ciepło podczas prowadzenia odszraniania;
- $Q_{Ma}$  – ciepło wydzielane przez oświetlenie, maszyny i podobne urządzenia znajdujące się w magazynie;
- $Q_{Me}$  – ciepło wydzielane przez ludzi;
- $Q_S$  – ciepło stanowiące rezerwę ze względu na nieprzewidziane zmiany obciążenia cieplnego magazynu.



Rys. 1. Bilans energii w przykładowym magazynie.

Opr. Własne na podstawie [5]

Równanie (8) nie uwzględnia np. ciepła które mogłoby być odzyskiwane w procesie wentylacji poprzez odpowiednie urządzenia, kierowane do odbiorników ciepła, ponadto ciepło skraplania uznaje się jako odpadowe w czasie pracy urządzenia chłodniczego (1), a mogłoby w zupełności wystarczyć aby np. w procesie technologicznym podgrzewać wodę użytkową w przykładowym systemie transportowo-magazynowym składającym się z mroźni i ubojni. Można sobie wyobrazić funkcjonowanie obok siebie zakładu ubojni, która wykorzystuje w procesie podgrzewania wody użytkowej dla celów produkcyjnych energii, która „pozostaje” z działania mroźni (w niektórych przypadkach chłodni).

Potrzebne jest nowe spojrzenie na problemy optymalizacji systemów transportowo-magazynowe, które będzie uwzględniało ww. zagadnienia. W literaturze można znaleźć w tym zakresie metody wielokryterialne [1], [2], optymalizacji tras przejazdów/przemieszczeń. Tak więc pojawia się potrzeba wprowadzenia nowej wielkości w celu scharakteryzowania rozpatrywanych przemian energii.

Zakłada się, że modelowym przypadku jednostka ładunkowa znajduje się na naczepie pojazdu, skąd jest podejmowana na froncie przeładunkowym na wejściu do magazynu przez wózek widłowy. Następnie przewożona jest na punkt identyfikacji, a następnie na przenośnik wałkowy napędzany, który transferuje jednostkę ładunkową na czoło strefy składowania wysokiego na miejsce zdawczo-odbiorcze układnicy regałowej. Układnica w trybie starowania automatycznego umieszcza jednostkę ładunkową w gnieździe regałowym o wskazanym adresie położenia. Proces wydania z magazynu przebiega analogicznie-odwrotnie [3], [4].

Dla uściślenia pobranie palety przez wózek widłowy bądź układarkę związany jest z pokonaniem drogi, oraz wydatkiem energii na podniesienie lub opuszczenie palety (uwzględniając proces widłowania). Zakłada się dla uproszczenia modelu, że wydatkowana energia na podniesienie palety zostaje odzyskana w procesie jej opuszczania tylko w przypadku wózków o napędzie elektrycznym.

W przypadku wózka widłowego energia potrzebna na podniesienie palety z przenośnika wyraża się wzorem (9). Energia potrzebna do przemieszczania pustych wideł  $E_s$  wyraża się analogicznym wzorem, z masy  $m$  odejmuje się ciężar palety (dla każdego wózka widłowego należy przyjąć odpowiedni ciężar karetki wideł).

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (9)$$

gdzie:

- $m$  - masa palety i wideł
- $g$  - przyspieszenie ziemskie
- $delta h$  - różnica wysokości

Energia potrzebna na pokonanie drogi wózka (z jł lub bez) wylicza się z równania ruchu (10) zakładając, że wartość siły oporu wózka musi zostać pokonana wielkością energii kinetycznej. Uwzględnia się w modelu rodzaj napędu wózka: spalinowy, elektryczny.

$$E_k = R_L = \left( \xi + 0,15 \cdot \frac{V}{10} \right) \cdot G_L + 150 \cdot \chi + 3,5 \cdot \frac{V^2}{10} \quad (10)$$

gdzie:

- $\xi$  – współczynnik oporów,
- $V$  – prędkość,
- $G_L$  – ciężar wózka,
- $\chi$  – liczba osi pojazdu.

W przypadku układarki poszczególne elementy cyklu pracy układnicy modeluje się analogicznie jak dla wózka widłowego.

Energia potrzebna na obsługę palety w systemie transportowo-magazynowym przez wózek widłowy wyraża równanie (11).

$$E_E = E_P + E_S + E_Z + E_C + E_W \quad (11)$$

gdzie:

- $E_P$  - energia potrzebna na podniesienie palety z jł
- $E_S$  - energia zużywana na podnoszenie pustej karetki wideł
- $E_Z$  - energia potrzebna na przewiezienie palety z jł
- $E_C$  - energia potrzebna na przejazd wózka bez obciążenia ( bez jł)
- $E_W$  - energia zużywana na procesy widłowania

Ponieważ w odróżnieniu od wózków widłowych i układnic paleta transportowana przenośnikiem (np. wałkowym, rolkowym) przez cały czas transportu nie zmienia swojej energii potencjalnej, a tylko zmiana tej energii uważana jest za pracę, w związku z tym cała moc elektryczna napędu przenośnika zmienia się na energię wydatkowaną na pokonanie oporów ruchu urządzenia transportującego.

W układzie idealnym w systemie transportowo-magazynowym powinna znaleźć się energia potrzebna na wykonanie pracy np. przewiezienie palety z miejsca na miejsce w systemie transportowo-magazynowym. Niestety przy realizacji tego zadania pojawi się pewna ilość energii, która jest zwyczajnie marnotrawiona. Zakłada się, że tą energią będzie wyłącznie energia cieplna. Można ją szacunkowo policzyć stosując poniższe wzory (12), (13), (14).

Ciepło wprowadzane z świeżym powietrzem określa się równaniem (aa)

$$Q_p = n \cdot V \cdot \rho \cdot \Delta h \quad (12)$$

gdzie:

- $n$  - współczynnik wymiany powietrza [1/dzień]
- $V$  - objętość magazynu [ $m^3$ ]
- $\rho$  - gęstość powietrza [ $kg/m^3$ ]
- $\Delta h$  - różnica entalpii właściwej powietrza [KJ/kg]

natomiast ciepło wytwarzane przez oświetlenie równaniem (aa):

$$Q_{os} = n \cdot q_{os} \quad (13)$$

gdzie:

- $n$  - ilość jednostek oświetleniowych
- $Q_{os}$  - jednostkowa moc zainstalowanego oświetlenia w zależności od natężenia i rodzaju oświetlenia [W]

Natomiast ciepło generowane przez wózki widłowe, układarki oraz przenośniki określa się zależnością (aa):

$$Q_v = n \cdot P \cdot (1 - \mu) \quad (14)$$

gdzie:

- $n$  - liczba wózków widłowych/układnic/przenośników np. wałkowy
- $P$  - moc doprowadzana do urządzenia [W]
- $\mu$  - współczynnik mocy potrzebnej na transport jł

ciepło wytwarzane przez ludzi pracujących w magazynie określa zależność (aa):

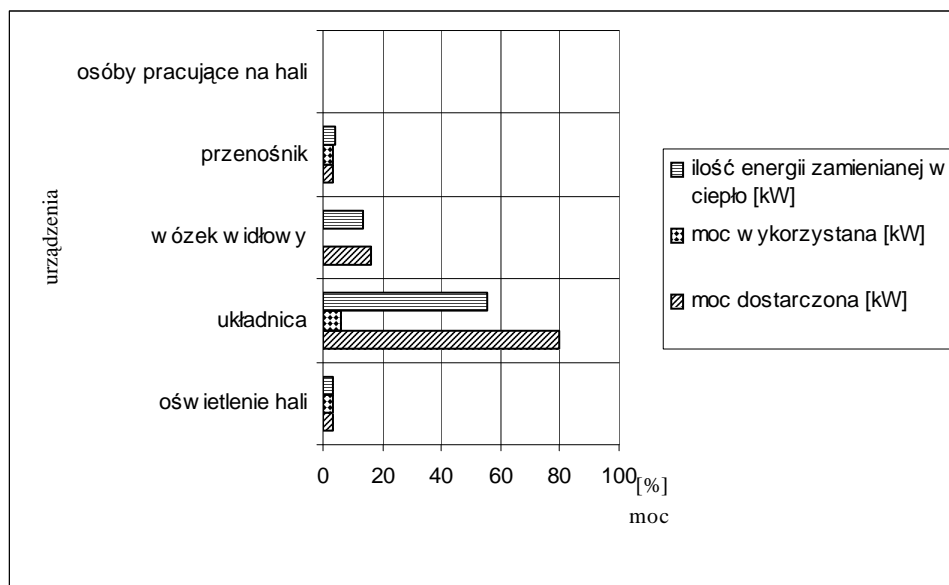
$$Q_L = n \cdot q_M \quad (15)$$

gdzie:

- $n$  - liczba osób znajdujących się w magazynie
- $q_M$  - strumień energii cieplnej od pojedynczej osoby [W]

Na podstawie znanych wielkości zużycia energii w systemie transportowo-magazynowym, którego składnikami są zużycie: energii elektrycznej, paliw napędowych ewentualnie gazów czy innych; można obliczyć wielkość energii potrzebnej do uzyskania określonych efektów, innymi słowy jaki wydatek energii przypada na obsługę jednej jednostki ładunku np. europalety w systemie transportowo-magazynowym.

Dla systemu transportowo-magazynowego, w którym palety z frontu przeładunkowego odbiera się wózkiem widłowym, przewozi do przenośnika rolkowego, dalej palety transferuje się do układnicy i umieszcza się, wykorzystując układnicę, w gnieździe regału. Wydajność systemu wynosi 12 europalet na godzinę. Dla takiego systemu poniżej zamieszczono przykładowe wyniki obliczeń z wykorzystaniem przedstawionego modelu (rys. 2).



Rys. 2. Zależności zmiany energii w systemie transportowo-magazynowym.  
Opracowanie własne.

Na podstawie wykresu można powiedzieć, że wózek widłowy wyposażony w silnik o mocy 4 kW pracujący w systemie transportowo-magazynowym wytwarza 3,4 kW ciepła, jego współczynnik wykorzystania mocy jest na poziomie 0,15 – wózek wyjątkowo nietrafnie dobrany. Natomiast w zbiorze układnic ten współczynnik jest na nieco lepszym poziomie 0,31. Ponadto poszczególne urządzenia generują ok. 77 kW ciepła. Ta informacja może być przydatna dla zarządzającego magazynem w kontekście doboru systemów grzejnych bądź klimatyzacji (ew. w przypadku mroźni



agregatów chłodniczych). Oceniając trafność systemu logistycznego przez pryzmat energii można odpowiednio zarządzać – obciążać poszczególne urządzenia zadaniami do wykonania.

W pracach [1], [2] sugeruje się aby w ocenie trafności – optymalnego doboru elementów systemu transportowo-magazynowego posługiwać się między innymi, współczynnikami:

- Wykorzystania powierzchni magazynowej,
- Wykorzystanie przestrzeni magazynowej,
- ...
- Koszt przejścia jednej palety przez magazyn.

Proponuje się aby wprowadzić nowy współczynnik zwany energochłonnością przejścia jednej jednostki ładunkowej przez magazyn obliczany wg wzoru (16).

$$\zeta = \frac{\sum E_{dostarczonej} - \sum Q}{\eta} \quad (16)$$

gdzie:

- $\sum Q$  - suma uzysku ciepła [Wh],
- $\eta$  - wydajność systemu transportowo magazynowego [szt.].

Bądź też można z góry założyć pewien przedział wartości parametru  $\zeta$  dla, którego optymalizacja systemu transportowo-magazynowego nie budzi zastrzeżeń.

## 5. PODSUMOWANIE

Zalety analizy egzergetycznej:

- Sprawności egzergetyczne, w odróżnieniu od sprawności energetycznych, są łatwą do oceny i interpretacji miarą doskonałości układu.
- Obliczenie strat egzergii dla poszczególnych ogniw złożonego systemu pozwala zidentyfikować wielkość, przyczyny oraz lokalizację jego niedoskonałości. Dlatego też analiza egzergetyczna jest szczególnie przydatna przy rozwiązywaniu zagadnień optymalizacji.
- Egzergia jest uniwersalna miarą przydatności praktycznej różnych postaci energii, dzięki temu szczególnie dobrze nadaje się do analizy złożonych układów.
- Analiza egzergetyczna może wydatnie pomagać w ocenie wpływu danego procesu na środowisko naturalne (jako element LCA), a także w ocenie aspektów ekonomicznych (thermoconomics, exergoeconomics). Przez zmniejszenie strat egzergii uzyskuje się zmniejszenie kosztów eksploatacji urządzenia, ale zwykle wiąże się to ze zwiększeniem nakładów inwestycyjnych.

Bardzo istotnym, a jednocześnie nie uwzględnionym w sposób jakby „automatyczny” w przedstawionym modelu systemu transportowo-magazynowego, czynnikiem wpływającym na energochłonność jest zastosowana technika przekazu informacji dotycząca wprost zarządzania przedmiotowym systemem.

## 6. LITERATURA

- [1] Fiałkowski J.: „Technologia Magzynowania”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1995
- [2] Fiałkowski J.: „Projektowanie magazynów wysokoregalowych”, Wydawnictwo ARKADY, Warszawa, 1983
- [3] Gudehus T.: „Grundlagen der Kommissioniertechnik, Dynamik der Warenvertei- und Lagersysteme”, Verlag W. Girardet, Essen, 1973
- [4] Krawczyk S.: „Metody Ilościowe w Logistyce”, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa, 2001
- [5] ULLRICH H.-J.: „Kaaltechnik” Band 2, Wydawnictwo IPPU Masta, Gdańsk, 1999

## **CONCEPT MODEL EVALUATION SYSTEM TRANSPORT-STORAGE**

### **Abstract**

The paper discusses a model that allows for the design of logistics systems, transport and storage to assess the effectiveness of its activities taking into account the balance sheet or in the case egzergetycznego regeneration rate selection element of the system and propose changes in infrastructure towards improving the efficiency of transport and storage. The model is based on an analysis of the balance of energy supplied to the system. It is assumed that the system of transport and storage is a black box, which provides a set of energy (in various forms), and the output is the work of utility and energy loss associated with the undercutting of such equipment, heat loss, etc.. Using the model to evaluate how much of the energy supplied to the system is irretrievably lost, and which can be used, which allows a better selection of equipment, technology, efficient management of the organization.

**Keywords:** logistics, system, transport-store house