





niejszych na ścieranie czy też grzanie się w trakcie toczenia, to można by obniżyć poziom oleju w przekładniach a tym samym uczynić je wydajniejszymi. Jak widać z kierunków badań mających na celu zwiększenie efektywności przenoszenia napędu i obniżenia poziomu emisji CO<sub>2</sub> jest dużo. Do nich zaliczane są także badania nad usprawnianiem działań łożysk.

### Awaryjność łożysk

Mówiąc o oszczędnościach tkwiących w technice łożyskowania, a co za tym idzie o oszczędnościach w ogólnej eksploatacji maszyn warto sobie uzmysłowić, że łożyska na tle pozostałych komponentów silnika w znaczącym stopniu decydują o bezawaryjności. Badania przeprowadzone w Ameryce w 2004 r. przez EPRI (Electric Power Research Institute) na 7500 maszynach wskazały, że za 41% awarii są odpowiedzialne łożyska. Kwota ta jest przerażająco wysoka. Powołując się na inne źródło – badania Instytutu Układów Elektromechanicznych i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Opolskiej, wymaniane są na pierwszym miejscu na liście przyczyn awaryjności silników łożyska. Autorzy mają tutaj na myśli złą obsługę techniczną łożysk w trakcie eksploatacji silników i wadliwą wymianę łożysk w czasie remontów. Odpowiedni dobór marki, komponentów, a także właściwy montaż i serwisowanie są niczym lekarstwa na znacznie wydłużaną bezawaryjną pracę łożysk, co idzie w parze z oszczędnościami.

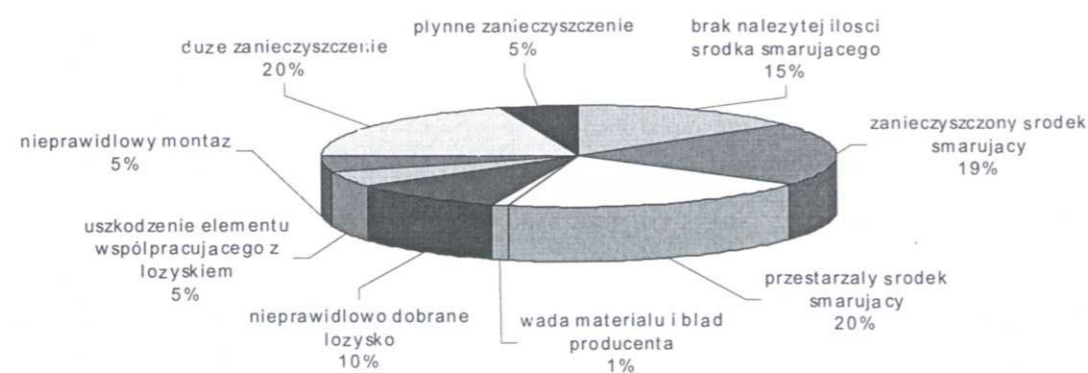
### Decydują techniczne niuanse

Mniej czy bardziej uświadomiona potrzeba naszych czasów jest wspomniana już obniżka emisji CO<sub>2</sub>. Techniczne badania wskazują na fakt, że odpowiednia technika łożyskowania, a tym samym wydajniejsza technika przenoszenia napędu przez redukcję tarcia znacznie może się

ku temu przyczyniać. O czym już wyżej wspomniano.

### Zawsze dosmarowane i odpowiednio uszczelnione

Właściwe uszczelnienia i smarowanie istotnie przyczynia się do wzrostu wydajności łożyska. Poniższy schemat unaocznia problem właściwego smarowania i jego wpływu na trwałość łożysk. Podane wartości w procentach wskazują na wpływ parametrów smarowania na trwałość eksploatacyjną. Dostępny na rynku europejskim konstruktorski program obliczeniowy o nazwie Quickfinder zawierający m.in. moduł doboru łożysk professional ma w swoich bazach ponad 300 rodzajów olejów i smarów stosowanych w technice łożyskowania ze wskazaniem na najistotniejsze parametry techniczne. Właściwe dobranie środka smarnego w znacznym stopniu przyczynia się do sprawności łożysk. Z powyższego schematu można odczytać, że największym źródłem awaryjności jest zanieczyszczenie powstające m.in. w skutek niewłaściwego uszczelniania. Innym sposobem zwiększenia wydajności pracy łożysk jest ilość smaru w łożyskach. Okazuje się, że zmniejszenie ilości smaru do 20% zawartości wolnej przestrzeni powoduje że łożyska kręcą się lżej. Czasami tego smaru musi być maksymalna ilość zwłaszcza przy uszczelnieniach 2RS lub łożyskach odkrytych co wpływa na wypieranie możliwego zabrudzenia i zapobieganie uszkodzenia bieżni i elementów tocznych. Z analizy rynku wynika jasno, że w technice łożyskowania zarówno dobór właściwego środka smarnego jak i uszczelnienia nie jest tak poważnie brany pod uwagę jak dobór marki.



#### bezstykowe

ZZZ - blaszka metalowa standardowe uszczelnienie nadające się do eksploatacji w niezabrudzonym środowisku. Zalety – cenowo korzystne, minimalne tarcie.



LB/LLB - uszczelka gumowa prowadzona w rowku osadczym. Zmodyfikowane uszczelnienie RS – bezdotykowe nadające się do eksploatacji w warunkach zabrudzenia.



#### stykowe

RS/2RS - jednowargowa uszczelka gumowa standardowe uszczelnienie nadające się do eksploatacji w niezabrudzonym środowisku. Zalety – cenowo korzystne, uniwersalne zastosowanie.



D/DD - uszczelka gumowa jednowargowa prowadzona w rowku osadczym. Zalety – znakomite uszczelnienie lepsze niż RS przy zminimalizowanym tarcu.



LU/LLU - dwuwargowa uszczelka gumowa prowadzona w rowku osadczym. Zalety – najlepsza szczelność. Wady - stosunkowo duże tarcie.



Innym zjawiskiem jest fakt, że rozwój techniki uszczelnień w łożyskach prowadzony jest tylko przez największych producentów, a co za tym idzie łożyska te mają swoją cenę. ABEG jako metoda doradczą pozwala dobrać wysokiej jakości i funkcjonalności uszczelnienia do łożysk o niższej klasie funkcjonalności w celu wydłużenia trwałości łożysk w warunkach wysokiego zabrudzenia, gdzie problemem newralgicznym jest właśnie zanieczyszczenie, na co nie pomogą nawet najwyższej klasy łożyska, a tylko właściwe uszczelnienia. Powyższy schemat wgłębia nas w technologie podstawowych uszczelnień. Z punktu widzenia ekonomii jest zasadne by nie tylko łożysko, ale i jego poszczególne komponenty dopasowywać do aplikacji, by po pierwsze wydłużyć trwałość eksploatacyjną, a po drugie obniżyć koszty. Przykładem może być bezstykowe uszczelnienie LB/LLB zawieszane w rowku osadczym, które z jednej strony lepiej chroni elementy toczne przed wpływem zewnętrznych czynników, a z drugiej oszczędza energię redukując koszty z tym związane.

### Kontrola cichobieżności łożysk

Wymogiem branży silników elektrycznych jest cichobieżna bezszumowa praca łożysk. Źródłem szumu łożysk przy wysokich obrotach jest świs powietrza wprowadzanego w obręb łożysk w wysoki ruch. Innym źródłem jest odgłos toczenia się elementów tocznych po bieżniach. Dodatkowym źródłem są geometryczne niedokładności, typ łożyska, luz łożyskowy, dynamiczne obciążenie. Na te parametry trzeba zwracać uwagę konstruując łożyska cichobieżne. Producenci testują takie łożyska na specjalnych urządzeniach. Pierścień wewnętrzny

osadzony jest na precyzyjnym, łożyskowanym ślizgowo, obracającym się ze stałą prędkością wrzecionie. Nieruchomy pierścień zewnętrzny obciążony jest niewielką siłą osiową. Stykający się z nim czujnik drgań przekazuje sygnał do układu pomiarowego. Do kontroli cichobieżności używa się przykładowo następujących urządzeń:

Mierzących prędkość drgań w trzech pasmach częstotliwości (40-300Hz, 300-1800Hz i 1800-10000Hz). Należą tu przyrządy MGG-11.

Mierzących przyspieszenie drgań w dwóch pasmach częstotliwości (50-300Hz, i 1800-10000Hz). Tę grupę tworzą przyrządy typu ME-8/2K. Z tego pomiaru częstotliwości drgań wynika wykładowa, która jest mierzona w um/s. Poniższa tabela zestawia dopuszczalne parametry drgań dla łożysk kulkowych.

Za łożyska cichobieżne uznaje się te, które spełniają wartość  $V_2$ . Powyżej wartości  $V_2$  łożyska należą do głośnych nie nadających się do silników z uwagi na podwyższoną emisję dźwięku, co obrazuje tabela poniżej (w/g normy S0910-1). Maksymalna emisja dźwięku dla łożysk cichobieżnych są wielkości podane pod  $Z_2$  i te są dopuszczalne. łożyska w najwyższych klasach  $Z_3$  i  $Z_4$  wszystkie bez wyjątku (w 100%) podlegają kontroli drgań. łożyska standardowe muszą odpowiadać normalnemu poziomowi drgań. Kontrolowane są pod tym względem w 100%, jeśli montowane są w liniach automatycznych. Inne podlegają kontroli drgań tylko statystycznie, jednak ujawnienie łożysk nie spełniających wymagań skutkuje kontrolą wszystkich łożysk w partii. Głośność pracujących łożysk nie jest bezpośrednio wykładnią podejmowanego tematu w opracowaniu



związanego z efektywnością pracy łożysk i oszczędnościami.

| d in<br>mm | V<br>[µm/s] |     |      | V <sub>1</sub><br>[µm/s] |     |      | V <sub>2</sub><br>[µm/s] |     |      | V <sub>3</sub><br>[µm/s] |     |      |
|------------|-------------|-----|------|--------------------------|-----|------|--------------------------|-----|------|--------------------------|-----|------|
|            | Low         | Med | High | Low                      | Med | High | Low                      | Med | High | Low                      | Med | High |
| 5          | 110         | 72  | 60   | 90                       | 60  | 50   | 58                       | 36  | 30   | 35                       | 21  | 18   |
| 6          | 110         | 72  | 60   | 90                       | 60  | 50   | 58                       | 36  | 30   | 35                       | 21  | 18   |
| 7          | 130         | 96  | 80   | 110                      | 80  | 65   | 72                       | 48  | 40   | 44                       | 28  | 24   |
| 8          | 130         | 96  | 80   | 110                      | 80  | 65   | 72                       | 48  | 40   | 44                       | 28  | 24   |
| 9          | 130         | 96  | 80   | 110                      | 80  | 65   | 72                       | 48  | 40   | 44                       | 28  | 24   |
| 10         | 160         | 120 | 100  | 140                      | 100 | 85   | 90                       | 60  | 50   | 55                       | 35  | 30   |
| 12         | 160         | 120 | 100  | 140                      | 100 | 85   | 90                       | 60  | 50   | 55                       | 35  | 30   |
| 15         | 210         | 150 | 120  | 180                      | 130 | 100  | 110                      | 78  | 60   | 65                       | 46  | 35   |
| 17         | 210         | 150 | 120  | 180                      | 130 | 100  | 110                      | 78  | 60   | 65                       | 46  | 35   |
| 20         | 260         | 190 | 150  | 220                      | 160 | 125  | 130                      | 100 | 75   | 80                       | 60  | 45   |
| 22         | 260         | 190 | 150  | 220                      | 160 | 125  | 130                      | 100 | 75   | 80                       | 60  | 45   |
| 25         | 260         | 190 | 150  | 220                      | 160 | 125  | 130                      | 100 | 75   | 80                       | 60  | 45   |
| 28         | 260         | 190 | 150  | 220                      | 160 | 125  | 130                      | 100 | 75   | 80                       | 60  | 45   |
| 30         | 300         | 240 | 190  | 250                      | 200 | 160  | 150                      | 120 | 100  | 90                       | 75  | 60   |
| 32         | 300         | 240 | 190  | 250                      | 200 | 160  | 150                      | 120 | 100  | 90                       | 75  | 60   |
| 35         | 300         | 240 | 190  | 250                      | 200 | 160  | 150                      | 120 | 100  | 90                       | 75  | 60   |
| 40         | 360         | 300 | 260  | 300                      | 250 | 220  | 180                      | 150 | 130  | 110                      | 90  | 80   |
| 45         | 360         | 300 | 260  | 300                      | 250 | 220  | 180                      | 150 | 130  | 110                      | 90  | 80   |
| 50         | 420         | 320 | 320  | 350                      | 270 | 210  | 210                      | 160 | 160  | 125                      | 100 | 100  |
| 55         | 420         | 360 | 360  | 350                      | 300 | 210  | 180                      | 180 | 125  | 110                      | 110 | 110  |
| 60         | 480         | 360 | 440  | 400                      | 300 | 240  | 240                      | 180 | 220  | 145                      | 110 | 130  |

| d<br>mm | e0er [dB] |                |                |                |                | e2er [dB] |                |                |                |                | e3er [dB] |                |                |                |                |
|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|         | Z         | Z <sub>1</sub> | Z <sub>2</sub> | Z <sub>3</sub> | Z <sub>4</sub> | Z         | Z <sub>1</sub> | Z <sub>2</sub> | Z <sub>3</sub> | Z <sub>4</sub> | Z         | Z <sub>1</sub> | Z <sub>2</sub> | Z <sub>3</sub> | Z <sub>4</sub> |
| 3       | 35        | 34             | 32             | 28             | 36             | 35        | 32             | 30             | -              | 37             | 36        | 33             | 31             | -              | -              |
| 4       | 35        | 34             | 32             | 28             | 36             | 35        | 32             | 30             | -              | 37             | 36        | 33             | 31             | -              | -              |
| 5       | 37        | 36             | 34             | 30             | 38             | 37        | 34             | 32             | -              | 39             | 37        | 35             | 33             | -              | -              |
| 6       | 37        | 36             | 34             | 30             | 38             | 37        | 34             | 32             | -              | 39             | 37        | 35             | 33             | -              | -              |
| 7       | 39        | 38             | 35             | 31             | 40             | 38        | 36             | 34             | -              | -              | -         | -              | -              | -              | -              |
| 8       | 39        | 38             | 35             | 31             | 40             | 38        | 36             | 34             | -              | -              | -         | -              | -              | -              | -              |
| 9       | 41        | 40             | 36             | 32             | 42             | 40        | 37             | 35             | -              | -              | -         | -              | -              | -              | -              |
| 10      | 43        | 42             | 38             | 33             | 44             | 42        | 39             | 35             | 30             | 46             | 44        | 40             | 37             | 32             | -              |
| 12      | 44        | 43             | 39             | 34             | 45             | 43        | 39             | 35             | 30             | 47             | 45        | 40             | 37             | 32             | -              |
| 15      | 45        | 44             | 40             | 35             | 46             | 44        | 41             | 36             | 31             | 48             | 46        | 42             | 38             | 33             | -              |
| 17      | 46        | 44             | 40             | 35             | 47             | 45        | 41             | 36             | 31             | 49             | 47        | 42             | 38             | 33             | -              |
| 20      | 47        | 45             | 41             | 36             | 48             | 46        | 42             | 38             | 33             | 50             | 48        | 43             | 39             | 34             | -              |
| 22      | 47        | 45             | 41             | 36             | 48             | 46        | 42             | 38             | 33             | 50             | 48        | 43             | 39             | 34             | -              |
| 25      | 48        | 46             | 42             | 37             | 49             | 47        | 43             | 40             | 36             | 51             | 49        | 44             | 41             | 37             | -              |
| 28      | 49        | 47             | 43             | 38             | 50             | 48        | 44             | 41             | 37             | 52             | 50        | 45             | 42             | 38             | -              |
| 30      | 49        | 47             | 43             | 38             | 50             | 48        | 44             | 41             | 37             | 52             | 50        | 45             | 42             | 38             | -              |
| 32      | 50        | 48             | 44             | 40             | 41             | 49        | 45             | 42             | 38             | 53             | 51        | 46             | 43             | 39             | -              |
| 35      | 51        | 49             | 45             | 41             | 52             | 50        | 46             | 43             | 39             | 54             | 52        | 47             | 44             | 40             | -              |
| 40      | 53        | 51             | 46             | 42             | 54             | 52        | 47             | 44             | 40             | 56             | 54        | 49             | 45             | 41             | -              |
| 45      | 55        | 53             | 48             | 45             | 56             | 54        | 49             | 46             | 43             | 58             | 56        | 51             | 47             | 44             | -              |
| 50      | 57        | 54             | 50             | 47             | 58             | 55        | 51             | 48             | 45             | 60             | 57        | 53             | 49             | 46             | -              |
| 55      | 59        | 56             | 52             | 49             | 60             | 57        | 53             | 50             | 47             | 62             | 59        | 54             | 51             | 48             | -              |
| 60      | 61        | 58             | 54             | 51             | 62             | 59        | 54             | 51             | 48             | 64             | 61        | 56             | 53             | 50             | -              |

Głośno pracujące łożyska są jednak wykładnią drgań, a co za tym idzie nieprecyzyjnej i mało wydajnej pracy przenoszenia napędu.

**Charakterystyka metody ABEG**

Wspomniany w artykule ABEG jest uporządkowaną odpowiedzią na globalizację rynku poprzez zgrupowanie łożysk w czterech klasach pod względem ich określonej funkcjonalności.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wg [1] Funkcjonalność jest podstawowym kryterium, jaki musi spełnić każdy projektowany i użytkowany obiekt techniczny. Jest ona określona poprzez zbiór koniecznych do spełnienia wymagań eksploatacyjnych określonych ilościowo przez takie cechy jak obciążenie, prędkość, moc, itp.

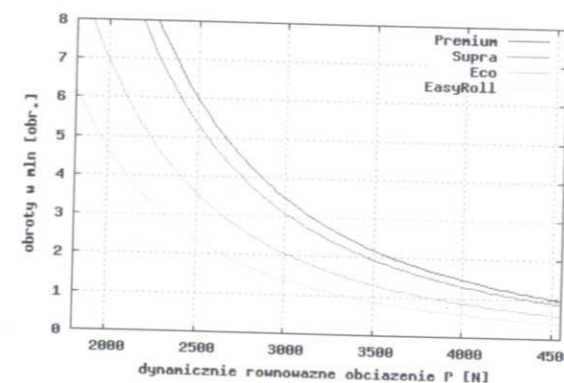
Jest bowiem łatwiej analizować cztery klasy niż rozbudowane dane katalogowe wielu producentów. Poprzez pogrupowanie określonych cech i wymagań użytkowych globalny rynek łożysk staje się usystematyzowany, jest bardziej przejrzysty, a tym samym bardziej przyjazny dla potencjalnego użytkownika. Jak powstały te cztery klasy i dlaczego są to tylko cztery? Otóż analizując nie produkt, ale jego zakres zastosowania stwierdzono, że w przeważającej części można wyróżnić cztery stopnie zapotrzebowania funkcjonalnych na łożyska, co uwarunkowane jest głównie m.in. oczekiwaną trwałością. Z tego stwierdzenia wynika, że wymienione klasy bazują na formalnym pogrupowaniu w łatwe do przyswojenia klasy pod względem wymaganej trwałości.

Podstawę systemu ABEG stanowi zakwalifikowanie łożysk do jednej z czterech klas, a mianowicie:

- klasa Premium,
- klasa Supra,
- klasa Eco,
- klasa EasyRoll.

Łożyska klasy *Premium* są przeznaczone do zastosowań o najwyższych wymaganiach technicznych z wieloma wariantami, począwszy od zastosowań przy wysokich obciążeniach i prędkościach obrotowych, aż do obszarów wymagających specjalnych rozwiązań, głównie uszczelnień, a także zastosowania środków smarnych najwyższej jakości. Klasa *Supra* cechuje się modułowym podejściem do rozwiązań węzłów łożyskowych w zależności od konkretnych potrzeb użytkownika, uwzględniając przede wszystkim takie główne elementy jak: rodzaj środka smarującego, postać konstrukcyjna uszczelnienia, rodzaj materiału zastosowanego na elementy łożyska jak i specjalnych powłok. Klasa *Eco* poza kryteriami technicznymi uwzględnia koszty, jakie musi ponieść użytkownik. W klasie tej w szczególności rozważana jest relacja *cena-jakość*. Łożyska tej klasy są powszechnie stosowane w układach przeniesienia napędu maszyn ogólnego przeznaczenia. Łożyska klasy *EasyRoll* są konstruowane dla specjalnych zastosowań, np. łożyska wieńcowe o znacznych obciążeniach i ruchu oscylacyjnym o małych prędkościach. Omówiona klasyfikacja łożysk świadomie nie bazuje na konkretnych producentach po to, by użytkownik miał większy obszar realizacji poszukiwanego produktu optymalnego. Często bowiem bywa tak, że użytkownicy stosują łożyska

określonych producentów nie rozpatrując innych istniejących możliwości. Stosując klasyfikację łożysk nie jest istotnym, jakiego to dotyczy producenta, ale by były zagwarantowane stawiane techniczne wymagania. System ABEG ma na celu wzbudzić u użytkowników zaufanie, także do tańszych łożysk, niższej funkcjonalności ale wystarczającej dla konkretnej sytuacji technicznej. Każda klasa w systemie ABEG odpowiada określonemu poziomowi trwałości danego zbioru łożysk co przykładowo pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Usytuowanie klas łożysk systemu ABEG w zależności od trwałości nominalnej L<sub>10</sub> i zastępczego obciążenia łożyska P

Przedstawione na rysunku 1 krzywe są granicami gwarantowanej, minimalnej trwałości łożysk zaliczanych do danej klasy inaczej łożyska danej klasy muszą osiągnąć wyznaczoną dla danego obciążenia wartość wymaganej trwałości. Zaznaczyć tu należy, że trwałość jest różna dla łożysk geometrycznie podobnych, ale należących do poszczególnych klas funkcjonalnych. Informacja ta jest bardzo pomocna dla użytkownika gdyż pokazuje różnice nośności tych samych typów łożysk, czego nie zawierają katalogi poszczególnych producentów. Dla przykładu przy obciążeniu 3000 N dane łożysko klasy *Premium* ma przepracować minimum 3,5 mln. obrotów, zaś klasy *EasyRoll* tylko 1,2 mln. obrotów. Nasuwa się tu jeszcze inna myśl pokazująca innowacyjność proponowanego rozwiązania. Wszyscy znaczący producenci łożysk posiadają dopracowany serwis doradczy, również w postaci obliczeń trwałości w oparciu o empiryczne wzory obowiązujące dla produkowanych łożysk [2]. Natomiast w systemie ABEG dobór można rozumieć jako niezależny tj. *technicznie wolny* od ograniczeń stawianych przez określoną, konkretną firmę. W ten sposób użytkownik wykorzystuje praktycz-

nie zalety globalnego rynku, znajdując takiego producenta, który w najlepszym stopniu spełnia jego wymagania. System ABEG obejmuje klasyfikacją ponad 22000 różnych typów łożysk, które pochodzą z 10. wiodących krajów przemysłowych i ponad 30. liczących się firm łożyskowych, począwszy od łożysk kulkowych, stożkowych, baryłkowych, poprzez łożyska wzdluzne, przegubowe, igielkowe, łożyska samonastawne, do elementów tocznych prowadnic liniowych. Można powiedzieć, że ABEG ujmuje całą liczącą się populację łożysk liczących się światowych producentów. Formalną podstawę klasyfikacji ABEG stanowią ogólnie przyjęte światowe normy ISO oraz normy europejskie EN, a także czynniki dodatkowe jak stosowane technologie przez danego producenta, różnorodność produktów, specjalizację techniczną i wynikającą stąd pozycję na rynku oraz prezentowane przyszłościowe strategie rozwojowe. Nie do pominięcia przy tym są również referencje, poziom gwarantowanej jakości, a w tym posiadanie laboratoriów badawczych i stanowisk testowych. Uwzględniane są również informacje dotyczące poddostawców np. pierścieni osadczych, uszczelnień, rodzaju środków smarujących itp.

**Trwałość eksploatacyjna łożysk jako podstawowe kryterium systemu ABEG**

Warunkiem podstawowym w rozważaniu doboru łożysk jest dokonanie wyboru optymalnego ze względu na bezwzględne spełnienie wymaganej przez użytkownika ich trwałości eksploatacyjnej. Można to zapewnić wprowadzając do równania trwałości godzinowej współczynnika funkcjonalności łożyska *a<sub>ABEG</sub>*

$$L_h = a_{ABEG} \cdot \frac{10^6}{60 n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^q \quad (1)$$

gdzie:

- n - prędkość obrotowa pierścienia ruchomego łożyska, m<sup>-1</sup>,
- C - nośność dynamiczna (katalogowa), kN,
- P - obciążenie zastępcze (ekwiwalentne) kN.

Co to jest współczynnik ABEG? Jaka jest jego geneza? Można tutaj wyróżnić dwa ważne uzupełniające się czynniki. Z jednej strony jest to monitoring jakości w oparciu o normy ISO i uzupełniający management gwarancji jakości Systemu ABEG. Do najważniejszych elementów należy tu zaliczyć: stosowane technologie produkcji, specjalizacja producenta, jego pozy-



cja na rynku, doświadczenie, referencje, dostępność do laboratoriów, stanowisk kontrolnych i testowych, łożysk, dokładności wykonania i powtarzalności produktów, cichobieżności, płynności ruchu tocznego, twardości i rodzaju utwardzania powierzchni, jak również kontrola uszczelnień i fizyko-chemicznych własności smaru. Te czynniki wpływają głównie na nośność łożysk. Z drugiej strony wieloletnie doświadczenia różnych producentów w różnorodnych zastosowaniach pozwoliły na pogrupowanie ich i określenie odpowiednich wartości liczbowych ujętych współczynnikiem ABEG (tablica 1).

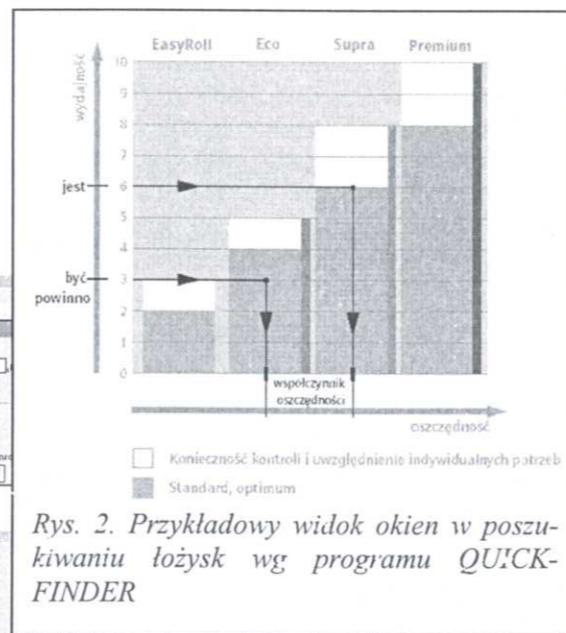
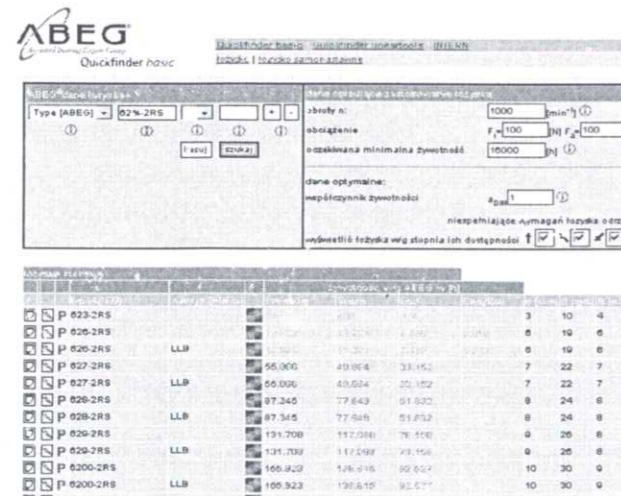
Tablica 1  
Orientacyjne wartości współczynnika ABEG

| Klasa ABEG | Wskaźnik funkcjonalności eksploatacyjnej % | Współczynnik ABEG |
|------------|--|-------------------|
| Premium    | 100  | 1                 |
| Supra      | 80   | 0,8               |
| Eco        | 60   | 0,6               |
| EasyRoll   | 40   | 0,4               |

Jak z tego wynika współczynnik ABEG jest istotnym czynnikiem we wzorze do obliczenia trwałości eksploatacyjnej. Wyraża on wartości graniczne trwałości dla danej klasy łożysk ABEG.

**Program obliczeniowy Quickfinder**

Aby system doboru ABEG przybliżyć dla użytkowników łożysk, został utworzony internetowy program Quickfinder BASIC, który w sposób łatwy w obsłudze i szybki pozwala się zorientować, co do technicznych możliwości poszukiwanych łożysk. Ten program funkcjonuje także na zasadzie wyszukiwarki w oparciu o techniczne parametry, będąc tym samym elektronicznym katalogiem łożysk dla wielu producentów. Przykładowo można poszukiwać w nim łożysk pod względem konkretnej średnicy wału *d* lub innych zakładanych parametrów. Podając podstawowe parametry geometryczne, a także prędkość obrotowa i obciążenie, otrzymuje się jako wynik prognozowaną trwałość łożysk. Dla dokładniejszego wyznaczenia poszukiwanych wielkości łożyska program uwzględnia również klasyczny współczynnik trwałości zdefiniowany przez DIN281-4 zawierający specyficzne warunki pracy łożyska takie jak zanieczyszczenie i podwyższona temperatura. Wynik obliczonej trwałości w oparciu o teorie prawdopodobieństwa jest obowiązującym przy zakładanym ryzyku *r* = 10%. Zajmujące niewiele czasu obliczenie daje użytkownikowi przegląd łożysk tych samych rozmiarów, ale różnych klas funkcjonalnych i określa ilość godzin pracy łożyska w danych warunkach użytkowania.



Rys. 2. Przykładowy widok okien w poszukiwaniu łożysk wg programu QUICK-FINDER

Inną ważną informacją, zwłaszcza dla konstruktorów, jest podanie w programie stopnia popularności, czy dostępności danego łożyska na rynku, co pomoże użytkownikom konstruowanych produktów skrócić czas poszukiwania rzadko dostępnych łożysk, które jako niepopularne są bardzo drogie i zmuszają nieraz do zmiany konstrukcji urządzenia. Każdy wynik obliczeń jest poparty protokołem obliczeń i ilustrowanym na wykresach, które w razie potrzeby można wydrukować. Jeżeli użytkownik nie zna dokładnych danych technicznych dla interesujących go łożysk, to pomocną okazuje się analiza „co się stanie, gdy...” – pozwalająca na testowanie łożysk w różnych warunkach pracy z uwzględnieniem wpływu na ich nośność. Używając ten internetowy program, użytkownik otrzymuje wartość trwałości łożyska w godzinach pracy, co może być informacją bardziej istotną, aniżeli dopuszczalne obciążenie, czy maksymalna prędkość obrotowa. Ważną informacją dla użytkownika jest procentowe zestawienie stopnia wykorzystania technicznych możliwości łożyska w danym zastosowaniu, jaki i stopień spełnienia stawianych jemu wymagań, co prowadzi do trafnego wyboru właściwego produktu. Wynik obliczeń można przedstawić graficznie, a użytkownik może sobie zaznaczyć poziom trwałości obecnie stosowanych łożysk i poziom łożysk które są bardziej optymalne.

**Optymalizacja doboru łożysk w aspekcie techniczno-ekonomicznym. Decyduje aplikacja**

Dokładna analiza pracy łożysk u konkretnego użytkownika pozwala ocenić, które z nich w konkretnych aplikacjach przewyższają stawiane im wymagania techniczne. W takiej sytuacji z powodzeniem można używać łożysk o niższych parametrach użytkowych i zarazem tańszych łożysk. Taka analiza pozwala zredukować nawet do 80% koszty inwestycyjne, co umożliwia obniżenie ceny produktu finalnego, wzmacniając jego konkurencyjność na rynku. Optymalne łożysko to takie, które w 100% spełnia techniczne wymagania funkcjonalności i niepotrzebnie ich nie przewyższa. Oczywiście tego założenia nie da się w wielu wypadkach spełnić, należy jednak dążyć do tego ze względów technicznych, ale również z ekonomicznego punktu widzenia. Zadanie to powinien sobie postawić za cel każdy, komu zależy na optymalizacji, a tym samym na obniżeniu kosztów

produkcji. System ABEG jest narzędziem, które pozwala na przykładzie łożysk uwzględniać uwarunkowania techniczne i ekonomiczne. Ponieważ system ten uwzględnia oba czynniki optymalizacji, można stwierdzić, że ABEG stanowi swoistego rodzaju platformę komunikowania się w przedsiębiorstwie. W tej koncepcji konstruktorzy znajdują ważne dla siebie techniczne informacje, ale również kierownictwo i logistycy, którzy muszą podejmować strategiczne, ekonomicznie poprawne decyzje, by być konkurencyjnym na rynku. ABEG w swoich przejrzystych obejmujących globalny rynek klasach, jest więc językiem komunikacji wszystkich podmiotów w firmach. Im niższa wydajność, tym niższa cena, bowiem przy produkcji tańszych łożysk pomija się niektóre etapy podnoszenia ich wytrzymałości począwszy od doboru surowca, poprzez odlewy, obróbkę, hartowanie, montaż, a skończywszy na komponentach dodatkowych jak: smar, uszczelki, czy koszyki. Taka rozsądna forma oszczędzania chroni jakość produktu końcowego, jak i podnosi jego konkurencyjność na rynku. Inną formą ekonomicznego doboru łożysk jest wspomniana już informacja o ich dostępności na rynku potrzebna praktycznie w fazie projektowania. Takową informację otrzymuje się w omawianym już programie Quickfinder basic. Dopasowywaniu komponentów łożysk do ich miejsca eksploatacji jest odpowiedzialnością na zagadnienie zawarte w tytule mówiące o potencjałach oszczędzania tkwiące w technice łożyskowania. Czytelnikom chcemy uzmysłowić wagę właściwie dobranych łożysk wpływających na trwałość pracy napędów. Należy się tutaj kierować nie tyle marką łożysk, ale jego komponentami o czym dokładniej w artykule. W takim postępowaniu nie tylko poprawia się techniczne walory łożysk, ale także zwraca się uwagę na ekonomię.