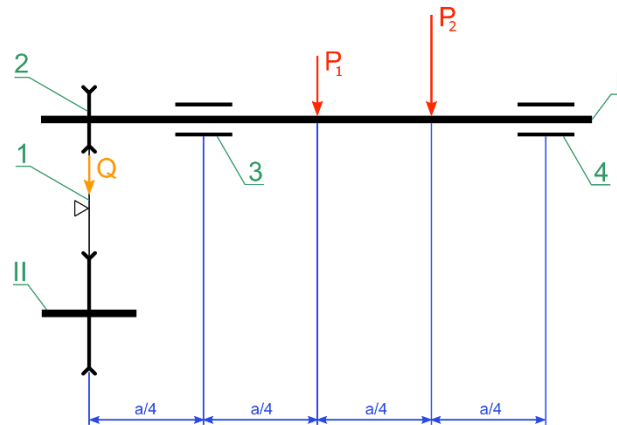


## Zadanie projektowe nr 2

### Podzespół układu napędowego

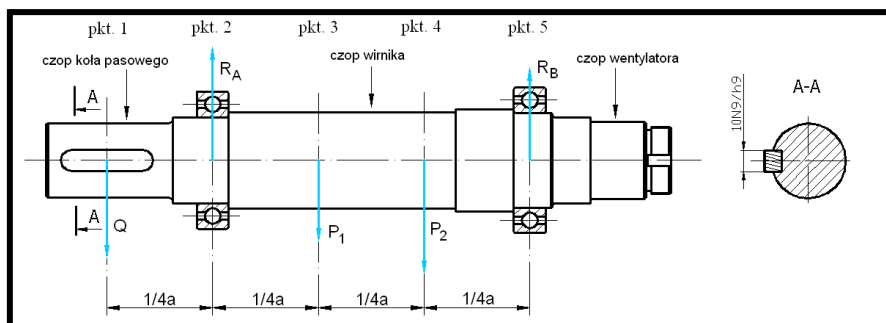
Zadanie polega na zaprojektowaniu fragmentu układu napędowego składającego się z wału silnika elektrycznego oraz przekładni pasowej (rys. 1). Na wale I generowany jest moment skręcający (w miejscu osadzenia wirnika, p. rys. 2), który przekazywany jest poprzez wał I na koło pasowe 2 (rys. 1) i poprzez cięgno 1 na wał II. Zakres projektu obejmuje:

- 1) wykonanie obliczeń dotyczących:
  - a) przekładni pasowej,
  - b) ukształtowania wału,
  - c) doboru łożysk,
- 2) wykonanie dokumentacji rysunkowej:
  - a) rysunek **wykonawczy** wału I,
  - b) **złożenie** całego podzespołu (wg. zakresu z rys. 3)

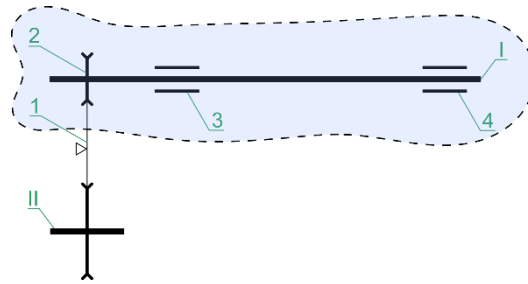


- I, II - wały  
1 - przekładnia pasowa z pasami klinowymi  
2 - koło pasowe osadzone na wale za pomocą połączenia wpustowego  
3 - łożysko poprzeczne swobodne (podpora A)  
4 - łożysko poprzeczne ustalające (podpora B)

Rys. 1. Schemat projektowanego układu.



Rys. 2. Schemat wału I.



Rys. 3. Zakres rysunku złożeniowego.

W ramach tego projektu mogą korzystać Państwo ze specjalnie przygotowanego w tym celu **arkusza kalkulacyjnego**, w którym zrealizowano tok obliczeniowy wymagany do wyznaczenia poszukiwanych wielkości związanych z przekładnią, kształtowaniem wału oraz łożyskami. Wielokrotnie w trakcie wykonywania tego projektu będą musieli Państwo korzystać z różnego typu tablic, z których część umieszczono bezpośrednio w **arkuszu kalkulacyjnym** (zakładka *Dodatki*), reszta znajduje się w pliku PDF *Projekt 2 – materiały pomocnicze*.

## Zespoły

Podział na zespoły pozostaje identyczny jak przy projekcie nr 1.

## Forma wykonania projektu

Na projekt składają się trzy elementy, które podlegają zbiorczej ocenie:

- obliczenia wykonane wg przewodnika po projekcie – odpowiednio **sformatowane**,
- rysunek złożeniowy całego podzespołu – format A3 poziomy, numer 22.02.00., nazwa *Podzespół układu napędowego*
- rysunek wykonawczy wału – format A3 poziomy, numer 22.02.01., nazwa *Wał napędowy*

Technika wykonania wymienionych trzech elementów jest dowolna – ręczna lub z pomocą komputera. Dopuszcza się możliwość wykonania rysunków za pomocą programu CAD (np. AutoCAD lub dowolny inny), ale przy zachowaniu **WSZYSTKICH zasad rysunkowych**, które poznali Państwo w I semestrze.

## Dane do obliczeń

Poniżej w tabeli znajdują się dane do obliczeń: moc napędu  $N$  (generowana na wale), obroty  $n$  wyjściowe wału I, dodatkowe siły poprzeczne obciążające wał  $P_1$  oraz  $P_2$ , przełożenie  $i$  między wałem I i II, długość wału  $a$ .

Zespół	1	2	3	4	5	6
$N$ [kW]	1	2,5	4	5,5	7	8
$n$ [obr/min]	800	1250	2000	2750	3500	800
$P_1$ [kN]	0,4	1	1,6	2,2	2,8	1,5
$P_2$ [kN]	1	2,5	4	5,5	7	5
$i$ [-]	3	6	4	2	2,5	3
$a$ [m]	0,6	0,8	0,48	0,96	0,72	0,5

## Proponowany podział obowiązków

To jest tylko sugestia, decyzja jak w praktyce podzielić się obowiązkami należy do Państwa i prowadzący nie będzie tego weryfikować. **Każdy student natomiast, bez względu na to czym się zajmował, musi dysponować pełną wiedzą na temat każdego etapu projektu.**

### Student A

- nadzór zespołu i koordynacja pracy
- wykonanie rysunku złożeniowego

### Student B

- projektowanie wału – wyznaczenie średnic

### Student C

- projektowanie przekładni pasowej (wraz z połączeniem wpustowym koła i wału)

### Student D

- dobór łożysk
- zaprojektowanie obudowy łożysk

### Student E

- wykonanie rysunku wału

## UWAGI

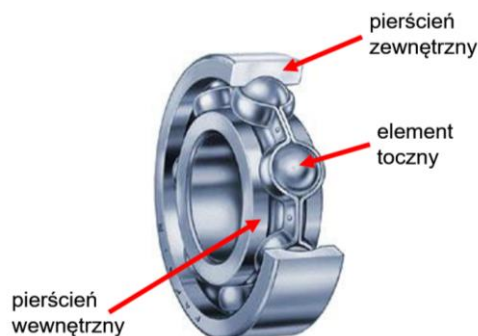
- **na rysunku złożeniowym:**
  - do przedstawienia całego podzespołu powinien wystarczyć jeden rzut,
  - rysunek musi przedstawiać **zabudowany** wał wraz z osadzonym na nim kołem pasowym i fragmentem pasa/pasów (jak na rys. 3),
  - zabudowany wał to znaczy z łożyskami osadzonymi w obudowie, szczegółowe uwagi dot. łożyskowania wału podano w osobnym punkcie,
  - dobrać podziałkę znormalizowaną, tak aby zapewnić czytelność rysunku i wypełnić arkusz; w razie potrzeby można „przerwać” długi wał (p. metody odwzorowania, semestr I),
  - liczba części na wykazie będzie się prawdopodobnie różnić pomiędzy poszczególnymi grupami w zależności od sposobu rozwiązania obudów łożysk, tak więc proszę się tym nie sugerować,
  - na wykazie części stosować oznaczenia zgodne z odpowiednimi normami (dla śrub, podkładek etc.),
  - podać tylko niezbędne wymiary gabarytowe i podłączeniowe/montażowe, np. pasowanie łożysk na wale i w obudowie,
  - jeżeli na rysunku pojawią się jakieś śruby, podkładki, nakrętki to proszę rysować je tak jak to powinno się robić na **rysunku złożeniowym** – czyli w sposób **uproszczony** albo **umowny**,
  
- **na rysunku wykonawczym wału:**
  - muszą znaleźć się informacje o tolerancji wymiarów (np. na czopach pod łożyska) i chropowatości (zbiorcza i bezpośrednio na wale), wszędzie tam gdzie wał będzie współpracował z innymi częściami (wiemy jakie to części, bo rysunek złożeniowy też wykonujemy),
  - fragmenty małe w porównaniu do gabarytów wału jak np. rowki pod pierścienie osadcze, zaokrąglenia etc. należy przedstawiać jako **powiększony szczegół** (p. I semestr),
  - proszę przypomnieć sobie z poprzedniego semestru jak rysuje i wymiaruje się **rowki wpustowe**,
  - oraz jak wymiaruje się wały, które są obrabiane poprzez *toczenie* – układ wymiarowy mieszany, ale z dominacją wymiarowania równoległego (dotyczy wymiarów wzdłuż osi wału),
  - to jest rysunek wykonawczy, więc należy podać **wszystkie** wymiary niezbędne do wykonania wału,
  - dobrać podziałkę znormalizowaną, tak aby zapewnić czytelność rysunku i wypełnić arkusz.

- **w obliczeniach:**

- obliczenia powinny zaczynać się stroną tytułową z nazwiskami członków zespołu i danymi wejściowymi do obliczeń (wg wzoru w przewodniku),
- obliczenia powinny być prowadzone w układzie trzech kolumn: dane wejściowe, obliczenia, dane wyjściowe – zgodnie ze wzorem w przewodniku,
- do wykonania obliczeń wykorzystują Państwo udostępniony arkusz kalkulacyjny,

- **obudowy łożysk:**

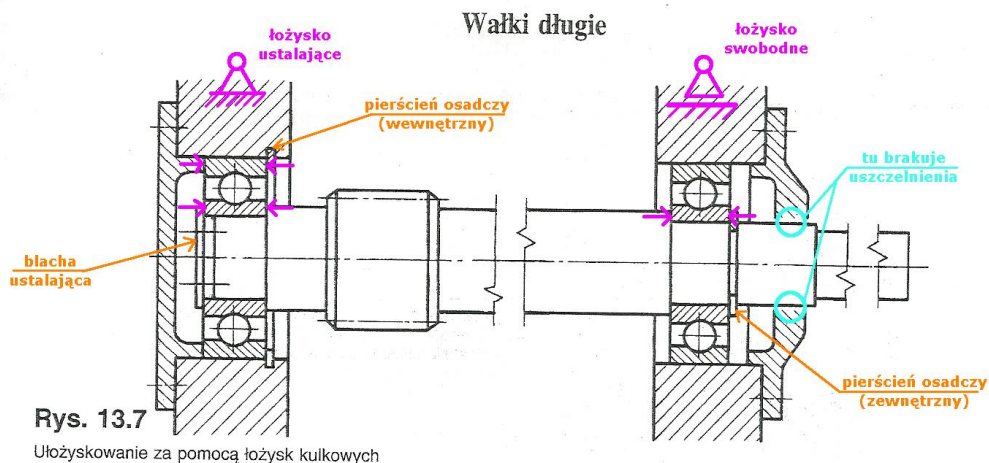
- pisząc o „obudowie” mamy na myśli „zabudowę” zarówno zewnętrznego jak i wewnętrznego pierścienia łożyska tocznego. Zabudowa łożyska na dwa zadania: ustalić położenie łożysk oraz (jeżeli jest taka potrzeba) zapewnić uszczelnienie uniemożliwiające dostanie się do łożyska zanieczyszczeń „z zewnątrz” lub wycieku środka smarnego „na zewnątrz”;
- w ogólnym przypadku, kiedy wał wsparty jest na dwóch łożyskach poprzecznych, jedno z łożysk jest *ustalające* a drugie *swobodne*, co odpowiada podporze nieprzesuwnej i przesuwnej, które były stosowane w modelu obliczeniowym wału jako belki;
- łożysko toczne składa się z trzech podstawowych części: pierścienia zewnętrznego, pierścienia wewnętrznego i elementów tocznych między nimi. By możliwe było „toczenie się” kulek po bieżniach, musi występować pewien luz w łożysku. Luz ten może zostać „skasowany” w wyniku przemieszczenia się pierścieni łożyska względem siebie, np. wskutek rozszerzalności cieplnej wału (chodzi o małe przemieszczenia, rzędu do 1mm, zależne od długości wału). Wówczas dochodzi do zwiększenia oporów ruchu w łożysku i zatarcia, bo zamiast pożądanego *toczenia* dochodzi do *poślizgu*.



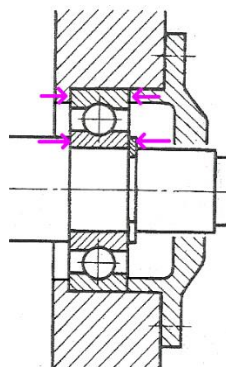
Rys. 4. Poglądowy przekrój łożyska tocznego.

- By tego uniknąć jedno z łożysk jest *swobodne*, czyli jest ustalone na wale, ale może ślizgać się (w niewielkim zakresie) po powierzchni otworu w obudowie (rys. 5). Drugie łożysko, *ustalające*, jest unieruchomione z kolei zarówno na wale jak i w otworze obudowy.

- Istnieje kilka metody „ustalenia” łożysk na wale i w obudowie (które wszystkie wymienione poniżej pokazano na rys. 5 lub 6):
- ✓ **wewnętrzny** pierścień łożyska - można skorzystać z ukształtowania wału i „oprzeć” pierścień wewnętrzny łożyska z jednej strony o sąsiedni stopień na wale; jeżeli nie ma w bezpośrednim sąsiedztwie stopnia na wale, można wstawić **tuleję dystansową** opartą o inną część (np. koło pasowe),
  - ✓ **wewnętrzny** pierścień łożyska - zastosowanie pierścienia osadczego zewnętrznego – wymaga wykonania rowka (wymary wg normy) w wale,
  - ✓ **wewnętrzny** pierścień łożyska - jeżeli powierzchnia czołowa wału jest blisko łożyska można przykręcić do niej blachę/tarczę ustalającą – wymaga wykonania otworów gwintowanych w wale,
  - ✓ **zewnętrzny** pierścień łożyska – zastosowanie pierścienia osadczego wewnętrznego – wymaga wykonania rowka w obudowie,
  - ✓ **zewnętrzny** pierścień łożyska – odpowiednie ukształtowanie pokrywy, aby blokowała łożysko z jednej strony,
  - ✓ **zewnętrzny** pierścień łożyska – odpowiednie ukształtowanie otworu w obudowie, aby zablokować łożysko z jednej strony,

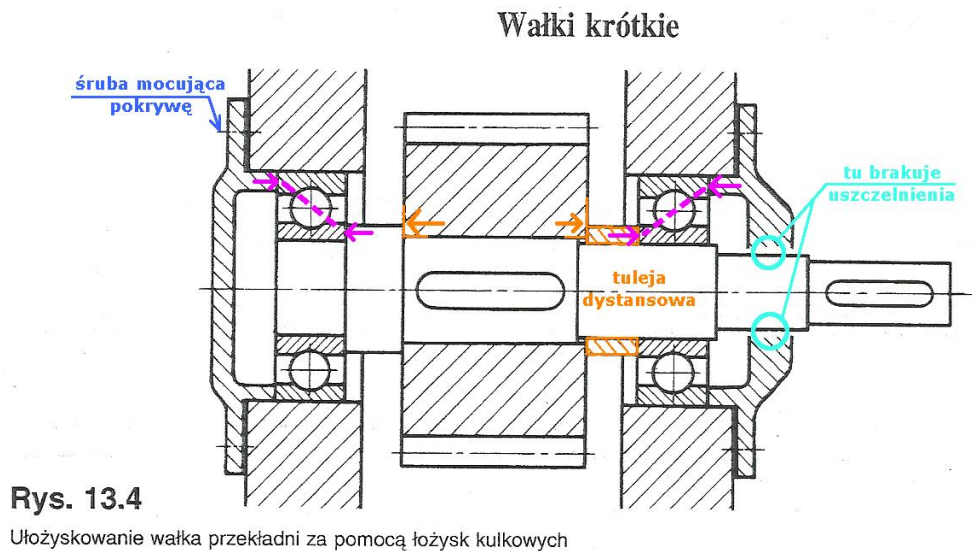


Rys. 5. Przykład łożyskowania typowego wału.



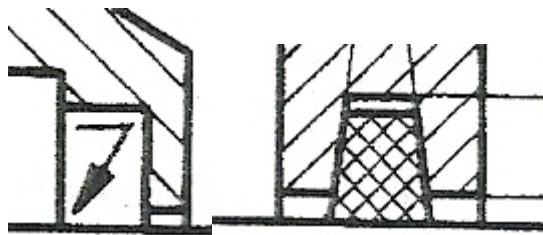
Rys. 6. Przykład łożyska ustalającego z odpowiednim ukształtowaniem obudowy zewnętrznego pierścienia łożyska oraz pokrywy.

- wały krótkie, ze względu na możliwość zaniedbania odkształceń osiowych, można łożyskować w inny sposób, ustalając położenie obu łożysk „po przekątnej” (rys. 7); trudno podać w tym miejscu uniwersalną definicję, co nazywamy wałem krótkim a co długim, dlatego proszę w sprawie wyboru sposobu łożyskowania konsultować się z prowadzącym,



*Rys. 7. Przykład łożyskowania wału krótkiego.*

- uszczelnienia – dopuszcza się dwa rozwiązania:
  - a) wykorzystanie **zewnętrznego uszczelnienia** w formie pierścienia uszczelniającego (z wkładką) lub pierścienia filcowego (niezalecane)



- b) dobór łożyska z **wbudowanym** uszczelnieniem

W przypadku a) pierścień uszczelniający należy, na rysunku złożeniowym, przedstawić w sposób uproszczony (bez jego szczegółów konstrukcyjnych). Dla wariantu b) fakt występowania uszczelnienia należy zaznaczyć przy opisie łożyska na wykazie części rysunku złożeniowego.

- **uwaga końcowa:** układy przedstawione na rys. 5 i 7 różnią się od tego, który znajdzie się w Państwa projekcie (rys. 2). Wał musi „wychodzić” z obudowy po obu stronach przez otwory w pokrywach: z lewej mamy czop pod koło pasowe, z prawej czop pod

wentylator. Samego wentylatora nie uwzględniamy w projekcie, ale czop dla niego przeznaczony musi się znaleźć.

- materiały pomocnicze (fragmenty norm, dane materiałowe etc.) potrzebne do doboru elementów znormalizowanych i obliczeń wytrzymałościowych są umieszczone w **arkuszu kalkulacyjnym** oraz **osobnym pliku PDF**,
- w razie pytań i wątpliwości pojawiających się między zajęciami proszę konsultować się z prowadzącym,
- ocena z projektu jest wspólna dla całego zespołu.