**TEMATYKA 2**

Zadanie 1

W układzie przenoszenia napędu przedstawionym na rysunku (w widoku z góry) odległość między osiami wałka silnika i wałka wejściowego zespołu roboczego oraz przełożenie prędkości między nimi powinny wynosić odpowiednio *a*wym = 67,5 mm oraz *i* ≈ 1,45. Przyjęto wstępnie, że wymagania te zostaną spełnione przez jednostopniową przekładnię z kołami o zębach skośnych o następujących cechach: *z*1 = 18, *z*2 = 26, *m* = 3 mm, *y* = 1. Prędkość wałka silnika jest równa *n*1= 1420 obr/min, a największa moc potrzebna do wykonywania pracy użytecznej przez zespół roboczy wynosi *N* = 1,5 kW. Wałek przekładni, na którym jest osadzone koło zębate 1, jest podparty dwoma łożyskami poprzecznymi kulkowymi. Należy wyznaczyć:

1. kąt β pochylenia linii zębów,
2. składowe siły międzyzębnej działającej na koło zębate 1 i przedstawić je na starannie wykonanym przestrzennym rysunku (schemacie) koła i wałka, na którym jest osadzone,
3. największe obciążenie poprzeczne łożyska B (gdy moc jest największa), przy założeniu, że jest ono swobodne oraz że koło 1 jest jednakowo odległe od obu podparć wałka 1.



B



Rysunek przestrzenny

podobnej przekładni

Zadanie 2

Wałek przekładni, na którym jest osadzone koło zębate 2, zastosowanej w układzie przenoszenia napędu przedstawionym w zadaniu 1, jest podparty dwoma łożyskami kulkowymi poprzecznymi. Należy:

1. sporządzić starannie przestrzenny schemat członu złożonego z koła zębatego 2 i wałka, na którym jest ono osadzone, i przedstawić na nim wektory składowych wszystkich sił działających na ten człon,
2. wyznaczyć obciążenie poprzeczne i obciążenie wzdłużne łożyska nieswobodnego (łożyska C), gdy moc przenoszona jest największa.

Potrzebne dane i informacje zaczerpnąć z zadania 1.



Zadanie 3

Na rysunku jest przedstawiony schemat układu przenoszenia napędu w pewnej maszynie. Napęd z sil-nika elektrycznego przenoszony jest do zespołu roboczego za pośrednictwem jednostopniowej przekładni zębatej walcowej z kołami o zębach prostych. Odległość między osiami wałka silnika i wałka wejściowego zespołu roboczego oraz przełożenie prędkości między nimi powinny wynosić odpowiednio *a*wym ≈ 180 mm oraz *i* ≈ 1,8. Na podstawie spodziewanych obciążeń przenoszonych przez przekładnię przyjęto wstępnie moduł *m* = 3 mm.

Należy zaproponować liczby zębów obu kół spełniające wymagania.

*z*1

*z*2

*zespół*

*roboczy*

*sprzęgło luźne zębate*

*silnik*

*ω*1

*silnik*

*przekładnia*

Zadanie 4

Należy:

1. wyznaczyć ważniejsze wymiary poprzeczne obu kół zębatych (średnice okręgów podziałowych, wierzchołkowych, stóp i zasadniczych) w jednym z możliwych rozwiązań przekładni analizowanej w zadaniu 3,
2. sporządzić rysunek (zachowując skalę) usytuowania względem siebie okręgów, wymienionych w punkcie 1,
3. wyznaczyć wykreślnie długość odcinka przyporu.

Zadanie 5

Cechy geometryczne jednostopniowej przekładni zębatej z kołami walcowymi o zębach prostych są następujące: *m* = 3 mm, *z*1 = 42 i *z*2 = 76; *x*1 = 0,683 i *x*2 = 0,377; α*w* = 22,477°; *k* = 0.

Należy wyznaczyć:

1. średnice okręgów podziałowych, wierzchołkowych i stóp,
2. średnice okręgów zasadniczych i tocznych,
3. luz wierzchołkowy.

Zadanie 6

W projekcie jednostopniowej walcowej przekładni zębatej o zębach prostych przewidziano wstępnie następujące jej cechy: *z*1= 15, *z*2= 38, *m* = 6 mm, *y* = 1. Kola zębate mają być wykonane metodą Maaga. Ze względów konstrukcyjnych konieczne jest zachowanie odległości osi wałków przekładni równej *a*wym = 160 mm. Należy:

*z*2

*z*1

ω1

*a*

1. zaproponować typ zabiegu przesunięcia zarysu konieczny do przeprowadzenia w celu spełnienia warunku dotyczącego wymaganej odległości osi kół i warunku technologicznego niepodcinania zębów przy wykonywaniu kół,
2. zaprojektować ten zabieg technologiczny.

Zadanie 7

Na rysunku przedstawiony jest schemat wciągarki linowej. Bęben wciągarki, na który nawija się lina

z ładunkiem, jest napędzany silnikiem poprzez dwustopniową przekładnię zębatą z kołami walcowymi o zę-bach prostych.

We wstępnej koncepcji rozwiązania konstrukcyjnego przekładni przewidziano następujące jej cechy:

*z*1 = 15, *z*2 = 77, *z*3 = 18, *z*4 = 52, *m*12 = 6 mm, *m*34 = 8 mm. Koła mają być wykonane metodą Maaga, bez przesunięcia zarysu. Odległości osi kół pierwszego stopnia przekładni i drugiego jej stopnia powinny być jednakowe i wynosić *a*wym = 280 mm.

Należy:

1. wyznaczyć przełożenie w pierwszym i w drugim stopniu oraz w całej przekładni,
2. przeanalizować, czy przyjęte wstępnie cechy przekładni zapewniają spełnienie postawionych wymagań,

a jeśli nie zapewniają,

1. zaprojektować zmiany, zachowując jednakże wartości modułów i liczb zębów przyjęte we wstępnej koncepcji.

*K–K*

lina

bęben

sprzęgło luźne

zębate

sprzęgło luźne

zębate

silnik

wałek pośredni

*z*1

*z*2

*z*3

*z*4

*ω*1

*K*

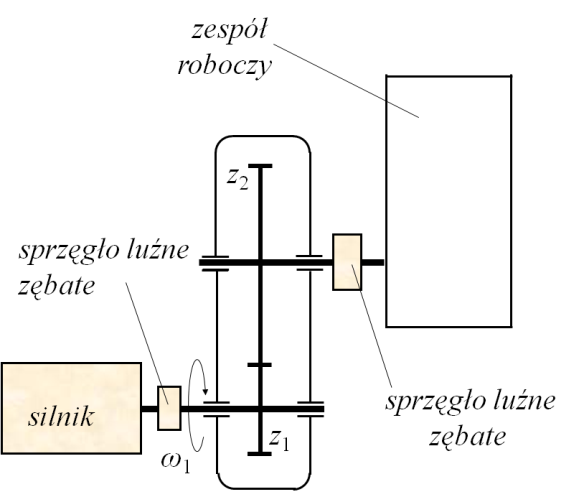
*K*

ładunek

*m*

Zadanie 8

W projekcie układu przenoszenia napędu przedstawionym na rysunku przewidziano jednostopniowy reduktor z kołami walcowymi o zębach prostych i module *m* = 3,5 mm. Wstępnie przyjęta liczba zębów pierwszego koła jest równa *z*1 = 26. Źródłem napędu jest silnik o mocy 3 kW. Prędkość obrotowa wałka silnika wynosi *n*1 = 1420 obr/min. Prędkość wałka biernego przekładni powinna być zawarta w przedziale *n*2 = (380÷388) obr/min. Należy:



1) zaproponować liczbę zębów koła zębatego 2

spełniającą wymagania,

2) wyznaczyć odległość osi obu kół przekładni,

3) wyznaczyć maksymalny moment bierny

(wynikający z pracy użytecznej wykonywanej

przez zespół roboczy), którym można obciążyć

wałek wyjściowy przekładni, nie powodując

przegrzania silnika.

Zadanie 9

Przekładnia zębata zastosowana w układzie przenoszenia napędu analizowanym w zadaniu 8 ma cechy:

*z*1 = 26, *z*2 = 97, *m* = 3,5 mm, *y* = 1. Zakładając, że wykorzystywana jest maksymalna moc silnika oraz że koło 2 jest jednakowo odległe od obu podparć wałka, należy:

1. wyznaczyć składowe siły międzyzębnej działającej na koło zębate 2 i przedstawić je na starannie wykonanym przestrzennym schemacie koła i wałka, na którym jest osadzone,
2. wyznaczyć wypadkowe obciążenia poprzeczne łożysk tocznych podpierających wałek 2,

3) narysować wykresy momentów skręcającego i gnącego, obciążających wałek, na którym jest

osadzone koło zębate 2.

Potrzebne dodatkowe dane zaczerpnąć z zadania 8.

Zadanie 10

*z*1

*z*2

ω1

*a*

Przekładnia zębata zastosowana w układzie przenoszenia napędu analizowanym w zadaniu 8 ma cechy: *z*1 = 26, *z*2 = 97, *m* = 3,5 mm, *y* = 1. W celu zwiększenia wytrzymałości zębów obu kół postano-wiono w drugiej wersji projektu przekładni przewidzieć zabieg przesunięcia zarysu typu *P*, przeprowadzany na obu kołach. Przyjęto wstępnie, że suma współczynników przesunięcia zarysu wynosi

*x*1+ *x*2 = 0,6.

Należy:

1. zaproponować podział sumy *x*1+ *x*2 na oba koła zębate,
2. sprawdzić, czy po takim zabiegu konieczne byłoby skracanie głów zębów, a jeśli tak, to o ile milimetrów,
3. obliczyć, o ile milimetrów zmieni się odległość osi kół

w stosunku do odległości pierwotnej (podstawowej),

1. wyznaczyć ważniejsze wymiary poprzeczne obu kół zębatych (średnice okręgów podziałowych, wierzchołkowych, stóp

i zasadniczych),

1. zastanowić się, czy ma sens badanie możliwości podcinania zębów podczas wykonywania kół według nowego projektu.

Zadanie 11

W UPN pokazanym na schematycznym rysunku (w widoku z góry) ma być zastosowana przekładnia zębata umożliwiająca, w zależności od potrzeby, przełożenie *iI* = 4,6 lub *iII* = 3. Obydwa przełożenia powinny być realizowane dokładnie. W projekcie takiej przekładni przewidziano dwie pary kół zębatych o zębach prostych normalnych, przy czym koła 1 i 3 tworzą zwarty zespół przesuwnie osadzony (przy użyciu połączenia wielowypustowego ruchowego) na wałku czynnym i obracający się z tym wałem z prędkością ω1= 140 1/s. W zależności od położenia tego zespołu na wałku czynnym zazębiają się koła 1 i 2 lub koła 3 i 4, zapewniając w ten sposób przełożenie *iI* lub *iII* .

sprzęgło

zespół

roboczy

sprzęgło

silnik

ω4

ω1

z4

z3

z2

z1

L

s

s

Zakładając, że koła przekładni zostaną wykonane bez przesunięcia zarysu, należy:

1. wyznaczyć liczby zębów wszystkich kół, przy czym liczba zębów *z*1 ≥ 17 powinna być możliwie mała,
2. wyznaczyć odległość *a* między osiami wałków czynnego i biernego,
3. na przestrzennym rysunku wałka, na którym jest osadzony przesuwny zespół kół 1 i 3, należy przedstawić składowe sił działających w strefach zazębień na narysowany człon podczas realizowania przełożenia *iI* i podczas realizowania przełożenia *iII* ,
4. wskazać, wraz z uzasadnieniem, to położenie przesuwnego zespołu, przy którym obciążenie wałka momentem gnącym jest większe.

Dodatkowe dane: *N* = 5 kW, *m*12 = 2,5 mm, *m*34 = 2 mm, *s* = 50 mm, *L* = 250 mm.

Zadanie 12

Sprzęgło łączące wałek zespołu roboczego z wałkiem wyjściowym przekładni zębatej w układzie przenoszenia napędu przedstawionym w zadaniu 11 jest luźne. Opierając się na danych zawartych w treści

i w rozwiązaniu zadania 11 oraz zakładając, że jest wykorzystywana pełna moc silnika, należy:

1. wyznaczyć składowe sił międzyzębnych działających na koła zębate 2 i 4 podczas przenoszenia przez nie napędu,
2. sporządzić starannie przestrzenny schemat członu złożonego z kół 2 i 4 oraz wałka, na którym są one osadzone, i przedstawić na nich wektory składowych sił międzyzębnych wyznaczonych w punkcie 1),

3) wyznaczyć moment gnący wałek bierny przekładni podczas realizacji obu przełożeń i narysować

wykresy przebiegu tego momentu wzdłuż długości wałka.

Zadanie 13

W projekcie jednostopniowej walcowej przekładni zębatej o zębach prostych przewidziano wstępnie następujące jej cechy: *z*1 = 15, *z*2 = 38, *m* = 3 mm, *y* = 1. Koła zębate mają być wykonane metodą Maaga. Ze względów konstrukcyjnych konieczne jest zachowanie odległości osi wałków przekładni równej *a*wym = 80 mm. Ponieważ jest to odległość większa od podstawowej (nominalnej), w celu spełnienia tego wymagania postanowiono przeprowadzić na kołach zabieg przesunięcia zarysu typu P (taki, by dodatkowo uniknąć podcinania zębów przy podstawie koła 1 podczas jego wykonywania). W rezultacie zaprojektowania tego zabiegu uzyskano wyniki: współczynniki przesunięcia zarysu *x*1 = 0,123, *x*2 = 0,043, współczynnik skrócenia głowy zębów *k* = 0, toczny kąt przyporu α*w* = 20,958°.

Po uszkodzeniach zębów kół, stwierdzonych po pewnym czasie użytkowania przekładni, postanowiono zastąpić je kołami o zębach skośnych z niezmienionym modułem *m* = 3 mm, wykonanymi bez przesunięcia zarysu, realizującymi to samo przełożenie i wmontowanymi do tego samego korpusu. Nowe koła mają być wykonane metodą Maaga.

Należy sprawdzić:

1. czy proponowanej zmiany można dokonać bez zmiany liczb zębów kół, wiedząc, że kąt pochylenia linii zębów nie może być większy niż 30º,
2. czy zęby koła 1 w nowej wersji przekładni nie będą podcinane przy podstawie podczas jego wykonywania.

Zadanie 14

Na rysunku a) przedstawiony jest schemat wciągarki linowej (w widoku z góry). Bęben wciągarki, na który nawija się lina z ładunkiem, ma średnicę skuteczną *Db* = 0,5 m. Jest on napędzany silnikiem poprzez dwustopniową przekładnię zębatą, pokazaną na rysunku. Zęby pierwszego stopnia są skośne, a drugiego – proste. Podnoszone ładunki mają zbliżoną masę *m*= 150 kg. Gdy ładunek nie jest podczepiony do liny, wtedy siła obciążająca linę może być przyjęta równa zero. Prędkość podnoszenia powinna wynosić *υ* = 1,5 m/s. Sprawności poszczególnych zespołów wynoszą: przekładni η*p* = 0,97, zespołu bębna (z przeginaną liną i łożyskami kulkowymi poprzecznymi) η*b* = 0,90, sprzęgła luźnego zębatego η*s* = 0,99.

Należy:

1. wyznaczyć, jaką moc powinien mieć silnik, oraz moment obrotowy przenoszony przez wałek 1,
2. wyznaczyć składowe siły międzyzębnej działającej na koło zębate 1 i przedstawić je na starannie wykonanym przestrzennym schemacie koła i wałka, na którym jest osadzone,
3. wyznaczyć wypadkowe obciążenie poprzeczne i obciążenie wzdłużne łożyska A,

Pozostałe dane: *L* = 190 mm, *l* = 60 mm, *b* = 70 mm, *z*1 = 30, *z*2 = 80, *z*3 = 30, *z*4 = 90, *m*12 = 3 mm, *m*34 = 4 mm, β12 = 12º.

*b)*

*a)*

sprzęgło

luźne

zębate

sprzęgło luźne

zębate

bęben

silnik

lina

*z*1

*z*2

*z*3

*z*4

*ω*1

*l*

*L*

*Db*

*b*

*l*

*L*

*M*1

łożysko B

łożysko A

*z*1

Zadanie 15

Wałek wyjściowy przekładni zębatej zastosowanej w UPN, przedstawionym w zadaniu 14, jest podparty dwoma łożyskami kulkowymi poprzecznymi. Opierając się na danych zawartych w treści i w rozwiązaniu zadania 14, należy:

1) wyznaczyć moment obrotowy przenoszony z koła zębatego 4 na wałek wyjściowy przekładni,

2) sporządzić starannie przestrzenny schemat członu złożonego z koła zębatego 4 i wałka, na którym

jest ono osadzone, i przedstawić na nim wektory składowych wszystkich sił działających na ten

człon,

3) wyznaczyć wypadkowe obciążenie poprzeczne łożyska podpierającego analizowany wałek,

położonego bliżej koła 4, przy założeniu, że jest ono swobodne,

1. narysować wykresy momentów skręcającego i gnącego, obciążających analizowany wałek.

Zadanie 16

W projekcie koncepcyjnym przekładni zębatej walcowej przewidziano dwa stopnie o łącznym przełożeniu *i* = 7,5. Koła obu stopni mają zęby normalne. Zaproponowano też, by zęby 1.stopnia były skośne, a zęby 2.stopnia proste, wszystkie wykonane bez przesunięcia zarysu.

*z*2

*z*1

*z*3

*z*4

*ω*1

*silnik*

*sprzęgło luźne*

*sprzęgło luźne*

*zespół roboczy*

Przyjęto wstępnie liczby zębów 1.stopnia: *z*1 = 23, *z*2 = 69, oraz moduły w obu stopniach: *m*12 = 4 mm, *m*34 = 6 mm.

Należy wyznaczyć liczby zębów kół 2.stopnia przekładni i kąt pochylenia linii zębów kół 1.stopnia, zapewniające przyjętą wartość przełożenia oraz jednakową odległość osi kół obydwu stopni przekładni (współosiowość wałków wejściowego i wyjściowego przekładni).

Zadanie 17

Projektowana przekładnia zębata walcowa pokazana na rysunku ma być zastosowana jako reduktor w pewnym UPN. Zęby kół pierwszego stopnia przekładni są proste, a drugiego – skośne. Przełożenie całkowite reduktora powinno wynosić *i*, a odległość między osiami wałków wejściowego i wyjściowego ma być równa *a*wym.

*z*1

*z*2

*z*3

*z*4

*a*wym

*koła zębate*

W celu umożliwienia właściwego zanurzenia w oleju smarującym obu dużych kół (o liczbach zębów *z*2 i *z*4) różnica ich średnic powinna być mała, tzn. spełniać warunek  mm. Należy:

1. wyznaczyć liczby zębów kół 3 i 4 oraz kąt pochylenia linii zębów w tych kołach, zapewniające spełnienie wymagań,
2. przedstawić schematycznie wzajemne położenie okręgów: tocznych, podziałowych, stóp i zasadniczych obu kół drugiego stopnia przekładni.

Dane: *i* = 15, *a*wym = 600 mm, *z*1 = 17, *z*2 = 85, *m*12 = 4,5 mm, *m*34 = 6 mm, β34 ≤ 20°.

Zadanie 18

Zespół roboczy jest napędzany silnikiem elektrycznym poprzez dwustopniową przekładnię zębatą. Zęby wszystkich kół są skośne. Sprawności obu stopni wynoszą η12 = η34 = 0,97, a sprawność sprzęgła luźnego zębatego η*s =* 0,99. Do wykonywania zadania przez zespół roboczy potrzebna jest moc *Nr* = 3 kW przy prędkości kątowej ω*r* = 31,3 1/s .Wałek, na którym osadzone jest koło 4, podparty jest dwoma łożyskami: walcowym jednorzędowym NU 309 ECP Explorer (oznaczonym na rysunku symbolem A) i kulkowym zwykłym. Rozstaw łożysk wynosi *l*4 = 65 mm, a odległość środka szerokości koła zębatego 4 od łożyska walcowego *b*4 = 40 mm.

NU

*łożysko A*

sprzęgło luźne zębate

*a)*

z4

z1

z2

z3

sprzęgło luźnezębate

silnik

B

A

b4

l4

zespół

roboczy

b1

l1

b)

Px4

Pw4

Pr4

l4

d4

b4

B

A

Należy:

1. wyznaczyć składowe siły międzyzębnej działającej na koło zębate 4,
2. wyznaczyć wypadkowe obciążenie łożyska A,
3. odległość osi wałka, na którym jest osadzone koło zębate 4 od osi wałka wejściowego przekładni,
4. moc silnika potrzebną do wykonywania przez zespół roboczy przewidzianego zadania.

Dane: *z*1 = 18, *z*2 = 28, *z*3 = 16, *z*4 = 46, β12 = 10°, β34 = 15,55°, *m*12 = 3 mm, *m*34 = 4,5 mm.

Zadanie 19

Na wałku wejściowym przekładni zębatej przedstawionej w zadaniu 18 jest zamocowane wysięgnikowo koło zębate walcowe o liczbie zębów *z*1. Opierając się na danych zawartych w treści i w rozwiązaniu zadania 18, należy:

1) wyznaczyć moment obrotowy przenoszony z wałka na koło zębate 1,

2) sporządzić starannie przestrzenny schemat członu złożonego z koła zębatego 1 i wałka, na którym

jest ono osadzone, i przedstawić na nim wektory składowych wszystkich sił działających na ten

człon,

3) wyznaczyć wypadkowe obciążenie poprzeczne oraz obciążenie wzdłużne łożyska kulkowego

podpierającego wałek,

4) narysować wykresy momentów skręcającego i gnącego, obciążających wałek.

Dodatkowe dane: *l*1 = 60 mm, *b*1 = 35 mm.

b1

l1

z1

z2

Zadanie 20

Na wałku pośrednim przekładni zębatej przedstawionej w zadaniu 18 zamocowane są koła zębate walcowe 2 i 3. Odległość między nimi wynosi *l* = 60 mm, a odległość łożysk kulkowych poprzecznych podpierających wałek pośredni jest równa *b* = 75 mm. Opierając się na danych zawartych w treści zadania 18, należy:

1) wyznaczyć moment obrotowy skręcający wałek pośredni oraz składowe sił międzyzębnych

działających na koła zębate 2 i 3,

2) sporządzić starannie przestrzenny schemat członu złożonego z kół 2 i 3 oraz wałka, na którym

są one osadzone, i przedstawić na nim wektory składowych sił międzyzębnych wyznaczonych

w punkcie 1),

3) wyznaczyć siłę wzdłużną obciążającą podparcie wałka.

Zadanie 21

W układzie przenoszenia napędu, którego schemat jest przedstawiony na rysunku (w widoku z góry), planuje się umieszczenie dwustopniowej dwudrożnej przekładni zębatej. Pierwszy stopień składa się z koła zębatego 1 i dwóch kół 2, a drugi – z dwóch kół zębatych 3 i koła zębatego 4 o uzębieniu wewnętrznym. Zęby wszystkich kół są skośne o pochyleniach *β*12 i *β*34. Sprawności obu stopni wynoszą η12 = η34 = 0,97, a sprawność sprzęgła luźnego zębatego η*s =* 0,99. Do wykonywania zadania przez zespół roboczy potrzebna jest moc *Nr* = 5 kW przy prędkości kątowej ω*r* = 31,3 1/s .

Należy:

1. wyznaczyć kąt *β*34, przy którym ma sens przedstawione rozwiązanie konstrukcyjne przekładni,
2. odległość osi wałków pośrednich przekładni (przy założeniu, że leżą w jednej płaszczyźnie),
3. potrzebną moc silnika,
4. moment skręcający wałek pośredni *a*.

Pozostałe dane: *z*1 = 18, *z*2 = 28, *z*3 = 16, *z*4 = 46, *β*12 = 10°, *m*12 = 3mm, *m*34 = 4,5mm.

sprzęgło

luźne zębate

sprzęgło

cierne

zespół

roboczy

silnik

*z*1

*a*

*z*2

*z*3

*z*4

Zadanie 22

W UPN, pokazanym na rysunku (w widoku z góry), są znane: liczby zębów kół przekładni zębatej, moduły *m*12 i *m*34 oraz kąty *β*12 i *β*34 pochylenia zębów w pierwszym i w drugim stopniu przekładni, moment *M*szk szkodliwych oporów ruchu występujących w zespole roboczym oraz moment *Mu* użytecznych oporów ruchu, zredukowane do osi wałka *W*. Inne opory ruchu są względnie małe. Osie wszystkich kół zębatych leżą w jednej płaszczyźnie.

sprzęgło cierne

zespół

roboczy

sprzęgło

luźne zębate

silnik

ω4

ω1

W

z4

z3

z2

z1

z3

z2

2*l*

Należy:

1. sprawdzić warunek poprawności funkcjonowania przekładni o podanych cechach,
2. wyznaczyć minimalną potrzebną moc silnika oraz moment obrotowy na wałku 1,

oraz przy założeniu zwrotu momentu *M*1 w prawo, patrząc od strony silnika,

3) sporządzić starannie przestrzenny schemat członu złożonego z koła zębatego 1 i wałka, na którym

jest ono osadzone, i przedstawić na nim wektory składowych wszystkich sił działających na ten

człon,

4) wyznaczyć wypadkowe obciążenie poprzeczne oraz obciążenie wzdłużne łożyska kulkowego

podpierającego wałek.

Dane: *M*szk *=* 20 N·m, *Mu =* 200 N·m, *ω*1 = 140 1/s, *z*1= 18, *z*2 = 61, *z*3= 21, *z*4 = 33, *m*12 = 3 mm, *m*34 = 4 mm, *ω*1= 140 1/s, *β*12 = 15º, *β*34 = 28,319°, *l* = 60 mm.

Zadanie 23

Na każdym wałku pośrednim przekładni zębatej przedstawionej w zadaniu 22 są zamocowane dwa koła zębate o liczbach zębów *z*2 i *z*3. Momenty oporów ruchu *Mu* i *M*szk obciążające wałek *W* mogą zmieniać zwrot. Opierając się na danych zawartych w treści zadania 22, należy:

1) wyznaczyć moment obrotowy skręcający wałek pośredni oraz składowe sił międzyzębnych

działających na koła zębate 2 i 3,

oraz w odniesieniu do obu zwrotów momentu biernego

2) sporządzić starannie przestrzenne schematy członu złożonego z kół 2 i 3 oraz wałka, na którym

są one osadzone, i przedstawić na nich wektory składowych sił międzyzębnych wyznaczonych

w punkcie 1),

3) wyznaczyć siłę wzdłużną obciążającą podparcie wałka.

Zadanie 24

*L*

1

2

1

*ω*1

*ω*2

*ω*1

*silnik*

*silnik*

*zespół wykonawczy*

Zespół wykonawczy jest napędzany za pomocą dwóch jednakowych silników poprzez jednostopniową przekładnię zębatą walcową. Tworzą ją: koło zębate 2 z zębami skośnymi, połączone obrotowo z wałem wyjściowym przekładni, i zazębiające się z nim dwa jednakowe koła zębate, założone na wałach napędzanych przez silniki. Koła mają być wykonane bez przesunięcia zarysu, a zęby każdego z nich mają wysokość normalną. Wstępnie przyjęty moduł *m* = 8 mm. Przełożenie przekładni powinno wynosić *i* = 3, a kąt pochylenia linii zębów powinien spełniać warunek β ≤ 25°. Odległość między osiami wałów silników

*L* = 800 mm. Należy wyznaczyć liczby zębów kół zębatych i kąt pochylenia linii zębów spełniających wymagania

Zadanie 25

b)

Px4

Pw4

Pr4

s

d4

s

A

B

c)

silnik

zespół roboczy

s

s

A

B

z4

z1

z2

z3

ω1

a)

s

2s

*sprzęgło luźne*

b

Na wałku wejściowym zespołu roboczego w UPN przedstawionym na rysunku (w widoku z góry) potrzebna jest moc *N*4 przy prędkości obrotowej *n*4*.* Pierwszy stopień przekładni to przekładnia kątowa z kołami stożkowymi o zębach prostych i kącie między osiami wałków *Σ*. Zęby kół drugiego stopnia są skośne*.* Należy :

1. na przestrzennym schemacie członu, złożonego z wałka wyjściowego i koła 4, przedstawić wektory składowych wszystkich sił działających na ten człon,
2. wyznaczyć te składowe oraz wypadkowe obciążenie łożyska swobodnego.

Dane: *N*4 = 10 kW, *n*4 = 224 obr/min, *η*12 = *η*34 = 0,98, *Σ* = 110°, *z*1 = 15, *z*2 = 30, *z*3 = 20, *z*4 = 72, *b* = 18 mm, *m*12 = 3,5 mm, *m*34= 4 mm, *s* = 45 mm, *β*34 = 15°.

Zadanie 26

Pierwszy stopień przekładni zębatej przedstawionej w zadaniu 25 tworzą dwa koła stożkowe o zębach prostych. Opierając się na danych zawartych w treści zadania 25, należy:

1. wyznaczyć półkąty δ1 i δ2 rozwarcia stożków podziałowych,
2. wyznaczyć średnice podziałową, głów i stóp koła1,
3. wykonać rysunek techniczny wieńca koła zębatego 1 i zaznaczyć na nim stożki podziałowy, głów i stóp oraz ich wierzchołek.

Zadanie 27

Pierwszy stopień przekładni zębatej przedstawionej w zadaniu 25 tworzą dwa koła stożkowe o zębach prostych. Opierając się na danych zawartych w treści zadania 25 oraz w rozwiązaniu zadania 26, należy:

1. wyznaczyć średnie średnice *dm*1 i *dm*2 zębów kół stożkowych,
2. wyznaczyć moment obrotowy skręcający wałek 1 przekładni oraz składowe siły międzyzębnej działającej na koło zębate 1,
3. składowe te przedstawić na starannie wykonanym schemacie członu złożonego z koła 1 i wałka, na którym jest osadzone.

Zadanie 28

Na wałku pośrednim przekładni przedstawionej w zadaniu 25 osadzone jest koło stożkowe 2 i koło walcowe 3. Wałek podparty jest przez dwa łożyska poprzeczne kulkowe, przy czym łożyskiem swobodnym jest łożysko położone bliżej koła walcowego. Opierając się na wynikach uzyskanych w rezultacie rozwiązania zadań 25‒27, należy:

1. sporządzić starannie przestrzenny schemat członu złożonego z kół 2 i 3 oraz wałka, na którym są one osadzone, i przedstawić na nim wektory składowych sił międzyzębnych działających na te koła oraz składowe reakcji podpór wałka,
2. wyznaczyć wypadkowe obciążenie łożyska swobodnego podpierającego wałek pośredni.

Zadanie 29

Bęben wciągarki linowej jest napędzany silnikiem elektrycznym poprzez dwustopniową przekładnię zębatą, pokazaną na rysunku (w widoku z góry). Zęby kół zębatych stożkowych są proste, a zęby kół walcowych − skośne. Moc silnika jest równa *N* = 15 kW, a prędkość wału czynnego *n*1 = 1420 obr/min. Należy:

1. wyznaczyć półkąty δ1 i δ2 rozwarcia stożków podziałowych oraz średnie średnice *dm*1 i *dm*2 zębów kół stożkowych,
2. wyznaczyć średnice podziałową, głów i stóp koła 2,
3. wykonać rysunek techniczny wieńca koła zębatego 2 i zaznaczyć na nim stożki podziałowy, głów i stóp oraz ich wierzchołek.

B

A

Q

z4

z1

z2

z3

silnik

bęben

*b*

sprzęgło

luźne

*s*

*s*

*a*

*L*

Pozostałe dane: *z*1 = 18, *z*2 = 55, *z*3 = 14, *z*4 = 42, *b* = 25 mm, *m*12 = 3 mm, *m*34 = 3,5 mm, *s* = 50 mm, *L* = 200 mm, η12 = η34 = 0,98.

Zadanie 30

Opierając się na danych zawartych w treści zadania 29 dotyczących przekładni zębatej, należy wyznaczyć:

1. kąt pochylenia linii zębów β34 zapewniający niepodcinanie zębów podczas wykonywania koła zębatego 3,
2. odległość między osiami wałka pośredniego i biernego,
3. średnicę podziałową koła 3.

Zadanie 31

Opierając się na danych zawartych w treści zadania 29 i w rozwiązaniu zadania 30 oraz zakładając, że jest wykorzystywana pełna moc silnika, należy:

1. wyznaczyć składowe sił międzyzębnych działających na koła zębate 2 i 3 podczas przenoszenia przez nie napędu,
2. sporządzić starannie przestrzenny schemat członu złożonego z kół 2 i 3 oraz wałka, na którym są one osadzone, i przedstawić na nich wektory składowych sił międzyzębnych wyznaczonych w punkcie 1),

3) wyznaczyć obciążenia łożyska A potrzebne do jego doboru z katalogu łożysk przy założeniu, że jest

to łożysko ustalające.

Zadanie 32

Przekładnia zębata, której projekt został opisany w zadaniu 29, ma być zastosowana w innym UPN. Układ ten charakteryzuje się tym, że moment oporów ruchu (użytecznych i szkodliwych) wynikający z funkcjonowania napędzanego zespołu roboczego może zmieniać zwrot. Pozostałe cechy przekładni i UPN są takie, jak przedstawione w zadaniu 29. Należy w odniesieniu do obu zwrotów momentu biernego:

1) sporządzić starannie przestrzenne schematy członu złożonego z kół 2 i 3 oraz wałka, na którym

są one osadzone, i przedstawić na nich wektory składowych sił międzyzębnych,

2) sprawdzić, czy wartości tych składowych zależą od zwrotu momentu biernego,

3) wyznaczyć siłę osiową obciążającą wał pośredni.

Zadanie 33

W układzie przenoszenia napędu (rys. a) ma być zastosowana dwustopniowa przekładnia zębata z kołami o zębach prostych. Jej człon zawierający wałek pośredni i sprzężone z nim koła zębate jest pokazany na rysunku b. We wstępnej koncepcji rozwiązania konstrukcyjnego przekładni przewidziano następujące jej cechy: *z*1 = 15, *z*2 = 77, *z*3 = 18, *z*4 = 52, *m*12 = 6 mm, *m*34 = 8 mm, *L* = 400 mm, *l*2 = 110 mm, *l*3 = 105 mm. Znane są także ważniejsze cechy całej wciągarki, takie jak: ciężar *Q* = 3 kN podnoszonego ładunku, sprawność zespołu bębna linowego η*b* = 0,94, sprawność sprzęgła luźnego zębatego η*z* = 0,98, wciągarki η = 0,90, średnica bębna *D* = 500 mm, prędkość kątowa wałka silnika ω1 = 140 1/s.

Należy wyznaczyć:

1. moment *Ms* na wałku silnika potrzebny do podnoszenia ładunku,
2. na przestrzennym schemacie członu zawierającego koła zębate 2 i 3 przedstawić składowe sił międzyzębnych działających na te koła oraz wyznaczyć je.

*b)*

*L*

*l*2

*l*3

*a)*

lina

bęben

sprzęgło luźne

zębate

sprzęgło luźne

zębate

silnik

wałek pośredni

*z*1

*z*2

*z*3

*z*4

*ω*1

ładunek

*m*

D

Zadanie 34

W projekcie wstępnym maszyny, której schemat jest przedstawiony na rysunku *a*, przewidziano zasto-sowanie dwóch jednakowych silników pracujących jednocześnie. Napęd do zespołu wykonawczego jest przenoszony przez jednostopniową przekładnię kątową (dwudrożną). Koła zębate 1 są jednakowe i umiesz-czone są symetrycznie względem osi wału odbierającego. Wszystkie koła przekładni mają zęby proste i bę-dą wykonane bez przesunięcia zarysu. Znane są: liczba zębów *z*1 kół 1, moduł *m*, półkąt δ1 rozwarcia stożka podziałowego koła zębatego 1 oraz moc nominalna *N*1 rozwijana na każdym wale wejściowym do przekła-dni i ich prędkość obrotowa *n*1. Znane są także składowe siły międzyzębnej działającej na zęby koła 1.

Należy:

1. wyznaczyć przełożenie przekładni, liczbę zębów koła 2 oraz prędkość obrotową wału wyjściowego przekładni,
2. wyprowadzić wzór na średnicę okręgu podziałowego, na którym przykłada się w obliczeniach składowe siły międzyzębnej działającej na zęby koła 1, i obliczyć ją,
3. na przestrzennym schemacie członu zawierającego koło zębate 1 przedstawić wektory składowych sił międzyzębnych działających na zęby tego koła oraz składowe reakcji podpór wału,
4. wyznaczyć obciążenie łożyska swobodnego podpierającego ten wał (rys. *b*).

Dane: *z*1 = 35, *m* = 6 mm, δ1 = 30°, *N*1 = 200 kW, *n*1 = 4000 obr/min, *Pw*1 = 4,96 kN, *Pr*1 = 1,56 kN,

*Px*1 = 0,90 kN, *b* = 35 mm, *l* = 66 mm, *s* = 116 mm.

*δ****1***

*b*

*l*

*s*

*b)*

*a)*

*zespół wykonawczy*

*z*1

*z*2

*z*1

*δ*1

*silnik*

*silnik*

*A*

*B*

*l*

*s*

Zadanie 35

W projekcie wstępnym układu napędu helikoptera przewidziano zastosowanie dwóch jednakowych silników pracujących jednocześnie (rys. a). Napęd od silnika do wirnika nośnego jest przenoszony przez reduktor silnika, jednostopniową przekładnię kątową (dwudrożną) i przekładnię planetarną. Koła zębate 1 (rys. b) przekładni kątowej są jednakowe i umieszczone są symetrycznie względem osi wału odbierającego. Wszystkie koła tej przekładni mają zęby proste i będą wykonane bez przesunięcia zarysu. Znane są: liczba zębów *z*1 kół 1, moduł *m*, półkąty δ1 i δ2 rozwarcia stożków podziałowych koła zębatego 1 i koła zębatego 2 oraz moc maksymalna *N*1 rozwijana przez pojedynczy silnik przy prędkości obrotowej *n*1 wału silnika.

Należy:

1. na przestrzennym schemacie członu zawierającego koło zębate 1 przedstawić wektory składowych sił międzyzębnych działających na zęby tego koła oraz składowe reakcji podpór wału,
2. wyznaczyć składowe siły międzyzębnej działającej na zęby koła 1.

Dane: *z*1 = 52, *m* = 4 mm, δ1 = 30°, *N*1 = 400 kW, *n*1 = 4000 obr/min, *b* = 35 mm, *l* = 66 mm, *s* = 116 mm,

*u =* 82 mm.

*b)*

*δ****1***

*b*

*l*

*s*

*u*

*d*

*D*

*a)*

*przekładnia główna*

*(planetarna)*

*z1*

*z2*

*z1*

*δ1*

*silnik*

*l*

*s*

*wirnik nośny*

*silnik*

*reduktor silnika*

*sprzęgło luźne*

Zadanie 36

Napęd w pewnej maszynie ma być przenoszony od silnika do zespołu roboczego przez dwa stopnie przekładni zębatej, której projekt jest przedstawiony na rysunku. Przez trzy stopnie tej samej przekładni napęd jest przenoszony także do urządzenia pomocniczego. Pierwszy i trzeci stopień przekładni tworzą koła stożkowe o zębach prostych, a drugi jej stopień tworzą koła walcowe z zębami skośnymi. Zęby wszystkich kół mają normalną wysokość i są wykonane bez przesunięcia zarysu. W projekcie przekładni przewidziano liczby zębów kół zębatych: *z*1 = 18, *z*2 = 39, *z*3 = 16, *z*4 = 43, *z*5 = 20, *z*6 = 45, oraz moduły: *m*12 = 3,5 mm, *m*34 = 5 mm, *m*56 = 2,5 mm. Przyjęty wstępnie kąt pochylenia zębów w kołach walcowych wynosi β34 = 20°. Prędkość kątowa wałka silnika wynosi ω1= 140 1/s.

z4

z1

z2

z3

silnik

z5

z6

zespół roboczy

urządzenie pomocnicze

60°

Należy wyznaczyć:

1. prędkości kątowe i obrotowe wałków napędzających zespół roboczy i urządzenie pomocnicze,
2. półkąty rozwarcia stożków podziałowych wszystkich kół stożkowych,
3. odległość między kołami wierzchołkowymi kół zębatych 2 i 5.

Zadanie 37

Wirnik mieszalnika jest napędzany przez silnik elektryczny za pośrednictwem jednostopniowej przekładni kątowej z kołami stożkowymi o zębach prostych, wykonanymi bez przesunięcia zarysu. Prędkość obrotowa wałka silnika wynosi *n*1= 1420 obr/min. W projekcie przekładni przewidziano liczby zębów kół zębatych *z*1 = 14 i *z*2 = 79 oraz moduł *m* = 3 mm. Wirnik mieszalnika obciążony jest stałym momentem oporów użytecznych (wynikających z procesu mieszania) *Mu* = 300 N∙m i siłą osiową *Q* = 250 N. Sprawność UPN (od silnika do wirnika) jest równa η = 0,96. Wałek wirnika jest podparty dwoma jednakowymi łożyskami tocznymi poprzecznymi, przy czym siłę wzdłużną przenosi łożysko A.

Należy:

1. wyznaczyć przełożenie przekładni i prędkość *n*2 wirnika oraz potrzebną moc silnika,
2. wyznaczyć średnice podziałowe obu kół zębatych, półkąt δ2 rozwarcia stożka podziałowego oraz średnią średnicę *dm*2 zębów koła stożkowego 2,
3. przedstawić w postaci przestrzennego schematu wszystkie składowe sił działających na wałek wirnika i obliczyć je,
4. wyznaczyć wypadkowe obciążenie łożyska B.

Dodatkowe dane: *s* = 60 mm, *l* = 300 mm, *b* = 25 mm.

*Q*

*Mu*

sprzęgło luźne

zębate

*l*

*n*2

*s*

B

A

*z*2

*z*1

*b*

silnik

Zadanie 38

Opierając się na danych zawartych w treści zadania 37, należy:

1. wyznaczyć obciążenie wzdłużne łożyska A,
2. narysować wykresy przebiegu momentu skręcającego i momentu gnącego wzdłuż długości wałka wirnika.

Zadanie 39

Wirnik mieszalnika jest napędzany przez silnik elektryczny za pośrednictwem dwustopniowej przekładni z kołami o zębach prostych. Prędkość obrotowa wałka silnika jest równa *n*1= 1420 obr/min. W projekcie przekładni przewidziano liczby zębów kół zębatych: *z*1 = 14, *z*2 = 29, *z*3 = 19, *z*4 = 41, oraz moduły: *m*12 = 3 mm, *m*34 = 3,5 mm. Wirnik mieszalnika obciążony jest stałym momentem oporów użytecznych *Mu* = 300 N∙m i siłą osiową *Q* = 250 N. Sprawność UPN (od silnika do wirnika) jest równa η = 0,95. Wałek pośredni przekładni jest podparty dwoma łożyskami kulkowymi poprzecznymi, przy czym łożyskiem ustalającym jest łożysko B.

Pozostałe dane: *s* = 60 mm, *e* = 50 mm, *l* = 160 mm, *b* = 25 mm.

Należy:

1. wykonać rysunek techniczny wieńca koła

zębatego 2 oraz wyprowadzić wzór na średnią średnicę *dm*2 zębów tego koła,

1. wyznaczyć średnicę *dm*2 oraz średnicę

podziałową koła 2,

1. przedstawić w postaci przestrzennego

schematu wszystkie składowe sił działających na wałek pośredni przekładni i obliczyć składowe sił międzyzębnych,

1. ułożyć w postaci ogólnej dwa równania

równowagi służące wyznaczeniu obciążenia łożyska A, przy założeniu, że jest ono swobodne.

sprzęgło luźne

zębate

*s*

*z*2

*z*1

*b*

silnik

*Q*

*Mu*

*l*

*nw*

B

A

*z*3

*z*4

*e*

Zadanie 40

*Q*

*Mu*

silnik

*n*2

1

2

*Q*

*Mu*

*n*2

1

sprzęgło luźne

zębate

silnik

2

sprzęgło luźne

W układzie napędu wirnika mieszalnika przedstawionego w zadaniu 37 postanowiono zastąpić przekładnię kątową przekładnią ślimakową walcową o podobnym przełożeniu. W jej projekcie przewidziano, że: liczba zębów koła ślimakowego (jego krotność) jest równa *z*1 = 4, moduł (osiowy) wynosi *m* = 3 mm, a kąt pochylenia (wzniosu) linii zęba – γ = 25º. Należy:

1. wyznaczyć liczbę zębów ślimacznicy i przełożenie przekładni,
2. wyznaczyć średnice podziałowe obu kół oraz odległość ich osi,
3. sprawdzić, czy zachodzi możliwość podcinania zębów ślimacznicy podczas jej wykonywania.

Zadanie 41

Opierając się na danych zawartych w treści zadania 40 i przyjmując dodatkowo, że współczynnik tarcia w strefie zazębienia kół przekładni ślimakowej wynosi μ = 0,06, należy:

1. wyznaczyć współczynnik sprawności przekładni w strefie zazębienia,
2. oszacować moc traconą w tej strefie,
3. oszacować sprawność UPN i potrzebną moc silnika.

Zadanie 42

Wciągarka pokazana na rysunku w formie schematu jest przeznaczona do podnoszenia ładunków o zbli-żonym ciężarze równym *Q* = 1200 N z prędkością *v* = 1,5 m/s. Bęben wciągarki jest napędzany przez silnik elektryczny za pośrednictwem przekładni ślimakowej o znanych cechach: krotność ślimaka *z*1 = 4, *z*2 = 64, moduł (osiowy) wynosi *m* = 3 mm, a kąt pochylenia (wzniosu) linii zęba – γ = 20º. Współczynnik tarcia

w strefie zazębienia wynosi w przybliżeniu μ = 0,04.

ładunek

ślimacznica

*ślimak*

sprzęgło

luźne

zębate

M1

bęben

Db

Q

Q

M1,ω1

ω2

υ

silnik

sprzęgło

luźne

zębate

W projekcie koncepcyjnym wciągarki zostały ustalone także inne charakteryzujące ją wielkości, w tym zostały oszacowane sprawności: zespołu bębna η*b* (z przeginaną liną) oraz sprzęgieł luźnych zębatych η*s*. Należy:

1. oszacować sprawność przekładni ślimakowej w strefie zazębienia i sprawność całej wciągarki w trakcie podnoszenia ładunku,
2. wyznaczyć potrzebną moc silnika *N*1 oraz prędkość ω1 i moment obrotowy *M*1 na wałku silnika,
3. wyznaczyć średnice podziałowe obu kół oraz odległość ich osi,
4. sprawdzić, czy po wyłączeniu silnika w trakcie podnoszenia ładunek zacznie opadać.

Pozostałe dane: *Db* = 600 mm, η*b* = 0,94, η*s* = 0,99.

Zadanie 43

Projektowana przekładnia ślimakowa, której schemat jest przedstawiony na rysunku, ma być zastosowana w układzie przenoszenia pewnej maszyny. Z projektu maszyny wynika, że przełożenie przekładni powinno wynosić *i* = 35, a odległość osi jej wałków ma wynosić *a*wym = 240 mm. Aby uzyskać wymagane przełożenie przyjęto wstępnie liczby zębów ślimaka i ślimacznicy: *z*1 = 2 i *z*2 = 70. Ze względu na wytrzymałość zębów przyjęto także ich moduł (osiowy) *m* = 6 mm. Należy wyznaczyć:

1. kąt wzniosu linii zęba ślimaka,
2. wyznaczyć średnice okręgów podziałowych, wierzchołków i stóp obu kół zębatych.

*ω*1

*ω*2

*ω*2

*ω*1

*ślimacznica*

*ślimak*

*z*1

*z*2

*a*

Zadanie 44

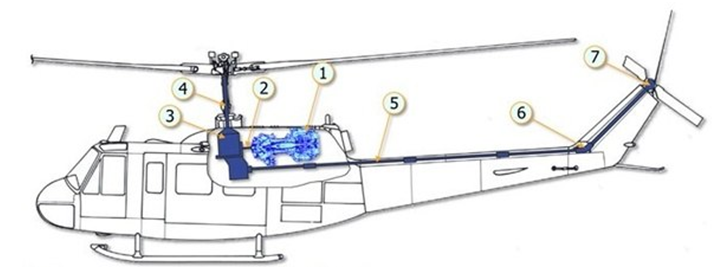
Na rysunku *a* jest przedstawiony schemat układu napędu pewnego helikoptera, a na rysunku *b* – przekładnia pośrednia w układzie napędu śmigła ogonowego.

Wałek 1 jest poddany skręcaniu momentem zmiennym *M*1 przenoszonym z wałka ogonowego, wynikającym z zadań i manewrów wykonywanych przez helikopter. Rzeczywistą zmienność momentu *M*1 zastąpiono zmiennością równoważną ze względu na zmęczenie, określoną przez cykl harmoniczny o wartościach *M*1 min = 150 N∙m i *M*1 max = 250 N∙m. Moment *M*1 wywołuje w strefie zazębienia kół zębatych reakcję w postaci siły międzyzębnej oddziaływania zębów koła 2 na zęby koła 1. Należy:

1. wykonać rysunek techniczny wieńca koła zębatego 1 oraz wyprowadzić wzór na średnią średnicę *dm*1 zębów tego koła,
2. wyznaczyć średnicę podziałową koła 1 oraz średnicę *dm*1,
3. przedstawić w postaci przestrzennego schematu wszystkie składowe sił działających na wałek 1

i obliczyć składowe siły międzyzębnej dla okresów, w których moment obrotowy *M*1 = *M*1 max.

Pozostałe dane: *m* = 4 mm, *z* = 25, *b* = 14 mm, δ1 = 67,5°.



Schemat układu przenoszenia napędu

w helikopterze:

1. silnik, 2. wał wejściowy przekładni głównej, 3. przekładnia główna,

4. wał wirnika nośnego, 5. wałek ogonowy, 6. przekładnia pośrednia,

7. przekładnia śmigła ogonowego

*a)*

*wałek* 1 *przekładni*

*wałek ogonowy (napędzający)*

*kołnierz do mocowania*

*w korpusie belki ogonowej*

*koło zębate napędzające*

*koło zębate napędzane*

*sprzęgło przegubowe (Cardana)*

*króciec do spuszczania oleju*

*wałek pośredni (napędzany)*

*b*)