

1. Dostosowanie paska narzędzi.

1.1. Wyświetlanie paska narzędzi Rysuj.



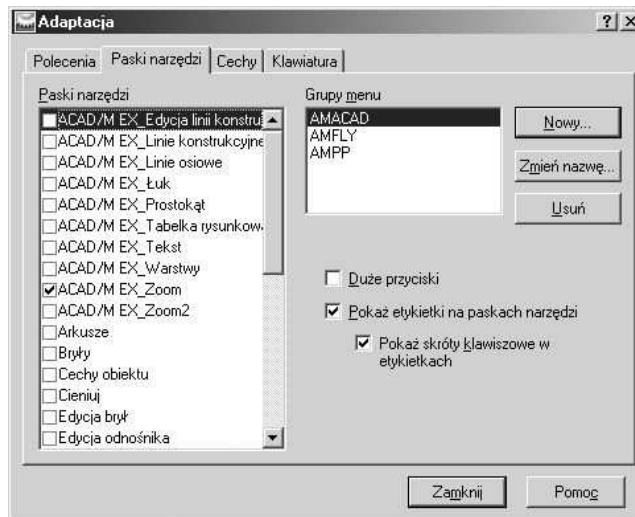
Rys. 1. Pasek narzędzi Rysuj

W celu wyświetlenia paska narzędzi Rysuj należy wybrać w menu: **Widok** ⇒ **Paski narzędzi** ⇒ **Dostosuj ...**

lub w linii komend wprowadzić polecenie:

Command: **_toolbar** - 

Na liście **Grupy menu** należy wybrać AMACAD, a następnie na liście Paski narzędzi należy odnaleźć i zaznaczyć pole **RYSUJ**. Okno należy zamknąć wybierając przycisk <Zamknij>.



Rys. 2. Okno Adaptacja paska narzędzi (grupa: AMACAD).

1.2. Wyświetlanie paska narzędzi ACAD/M_PP Obliczenia:

W celu wyświetlenia paska narzędzi **ACAD/M_PP Obliczenia** należy wybrać w menu: **Widok** ⇒ **paski narzędzi** ⇒ **Dostosuj ...**

lub w linii komend wprowadzić polecenie

Command: **_toolbar** - 

Na liście **Grupy menu** należy wybrać AMPP, a następnie na liście Paski narzędzi odnaleźć i zaznaczyć pole **ACAD/M_PP Obliczenia**. Okno należy zamknąć wybierając przycisk <Zamknij j>.



Rys. 3. Pasek narzędzi ACAD/M_PP Obliczenia

1.3. Wyświetlanie paska narzędzi ACAD/M_PP Elementy

Pasek **ACAD/M_PP Elementy** wyświetlamy w sposób analogiczny jak pasek narzędzi **ACAD/M_PP Obliczenia** z tą różnicą, że na liście **Paski narzędzi** zaznaczamy okienko **ACAD/M_PP Elementy**.




Rys. 4. Pasek narzędzi ACAD/M_PP Elementy

2. Wywołanie okna Obliczenia wału.

W celu wywołania okna **Obliczenia wału** powinniśmy narysować nasz obliczany wałek przy pomocy podstawowych poleceń rysowania AUTOCAD'a, bądź przy pomocy narzędzia, **Generator wałków**




Jeżeli mamy narysowany wałek z paska narzędzi **ACAD/M_PP Obliczenia** wybieramy przycisk


Obliczenia wałków 

W oknie dialogowym pojawiły się następujące instrukcje:

Wskaż kontur lub [Twórz kontur/wytrzymałość]<Twórz>:

Dla wałka niestworzonego generatorem wałków - należy wybrać **<Twórz>** 

W oknie dialogowym pojawiły się wezwanie:

Wybierz obiekty: - zaznaczamy elementy wałka, po zaznaczeniu ostatniego elementu wałka 

W oknie dialogowym pojawiły się wezwanie:

Wybierz linię środkową wałka lub [Wskaż wewn. punkt wydrążonego wałka] <Wskaż>:

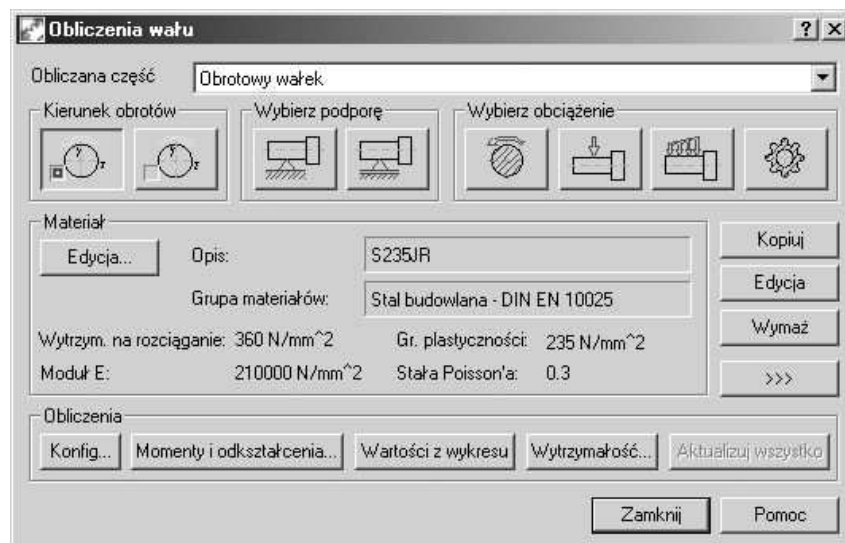
Należy wskazać linię definiującą oś wałka.

Dla wałka stworzonego generatorem wałków - należy wskazać kontur wałka

W oknie dialogowym pojawiły się wezwanie:

Określ położenie konturu: - Należy wskazać położenie konturu do obliczeń.

Na ekranie pojawi się okno **Obliczenia wału**.

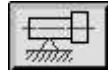


Rys. 5. Okno Obliczenia wału.

3. Definiowanie podpór.

3.1. Definiowanie podpory stałej.

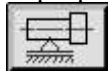
W celu zdefiniowania podpory stałej z okna **Obliczenia wału** w części **Wybierz podporę** wybieramy przycisk z podporą stałą.



Określ punkt wstawienia – podajemy współrzędne punktu w którym ma być wstawiona podpora stała korzystając z klawiatury lub przy pomocy myszki wykorzystując funkcję śledzenia aby ustawić podporę na środku czopa (Shift + prawy przycisk myszy, z listy wybieramy CENTRUM)

3.2. Definiowanie podpory przesuwej.

W celu zdefiniowania podpory stałej z okna **Obliczenia wału** w części **Wybierz podporę** wybieramy przycisk z podporą przesuwną



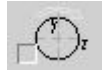
i postępujemy analogicznie jak przy definiowaniu podpory stałej w punkcie 3.1.

4. Definiowanie kierunku obrotu wałka.

Aby zdefiniować kierunek obrotu wałka w oknie **Obliczenia wału** w części **Kierunek obrotów**. wybieramy odpowiedni przycisk:



- obrót w lewą stronę,

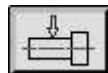


- obrót w prawą stronę.

5. Definiowanie obciążenia wałka.

5.1. Definiowanie siły skupionej.

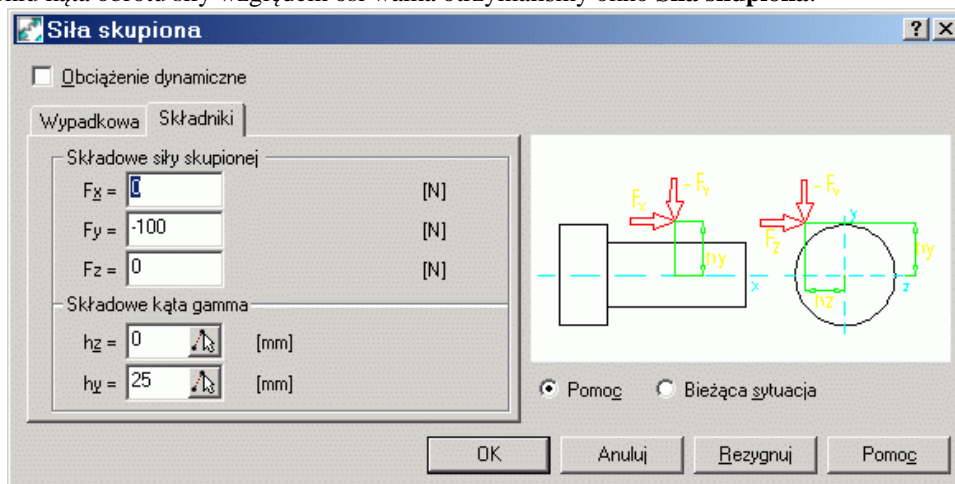
W celu zdefiniowania siły skupionej z okna **Obliczenia wału** w części **Wybierz obciążenie** wybieramy przycisk z oznaczeniem siły skupionej.



Punkt wstawienia – podajemy punkt wstawienia siły skupionej za pomocą myszki lub podając współrzędne z klawiatury.

Określ kąt obrotu – podajemy kąt obrotu siły względem osi wałka.

Po wstawieniu kąta obrotu siły względem osi wałka otrzymaliśmy okno **Siła skupiona**.



Rys. 6. Okno Siła skupiona.

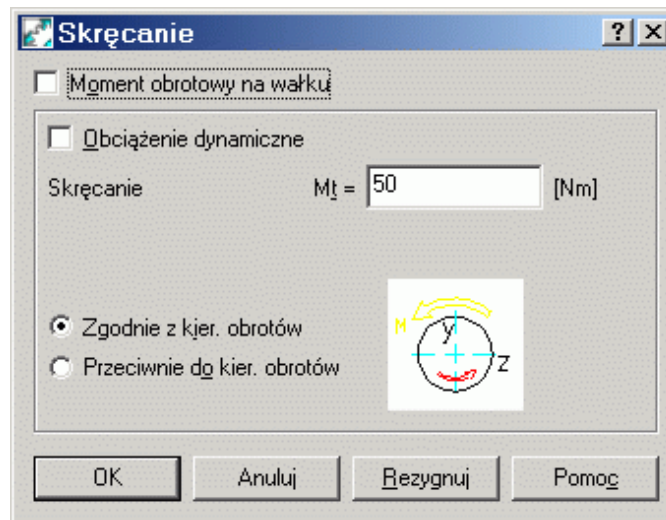
5.2. Definiowanie momentu skręcającego.

W celu zdefiniowania momentu skręcającego z okna **Obliczenia wału** w części **Wybierz obciążenie** wybieramy przycisk z oznaczeniem momentu skręcającego.



Określ punkt wstawienia – podajemy punkt wstawienia momentu skręcającego za pomocą myszki lub podając współrzędne z klawiatury.

Po ustaleniu punktu wstawienia momentu skręcającego otrzymaliśmy okno **Skręcanie**.



Rys. 7. Okno Skręcanie.

W oknie **Skręcanie** oprócz wstawienia wartości momentu skręcającego w [Nm] możemy zdefiniować jego kierunek.

Jeżeli zaznaczymy:

- Zgodnie z kier. obrotów – to moment skręcający będzie skierowany w kierunku ruchu obrotowego wałka
- Przeciwnie do kier. obrotów - to moment skręcający będzie skierowany przeciwnie do kierunku ruchu obrotowego.

Wybór potwierdzamy <OK>.

5.3. Definiowanie obciążenia bezpośrednio przez koło zębate.

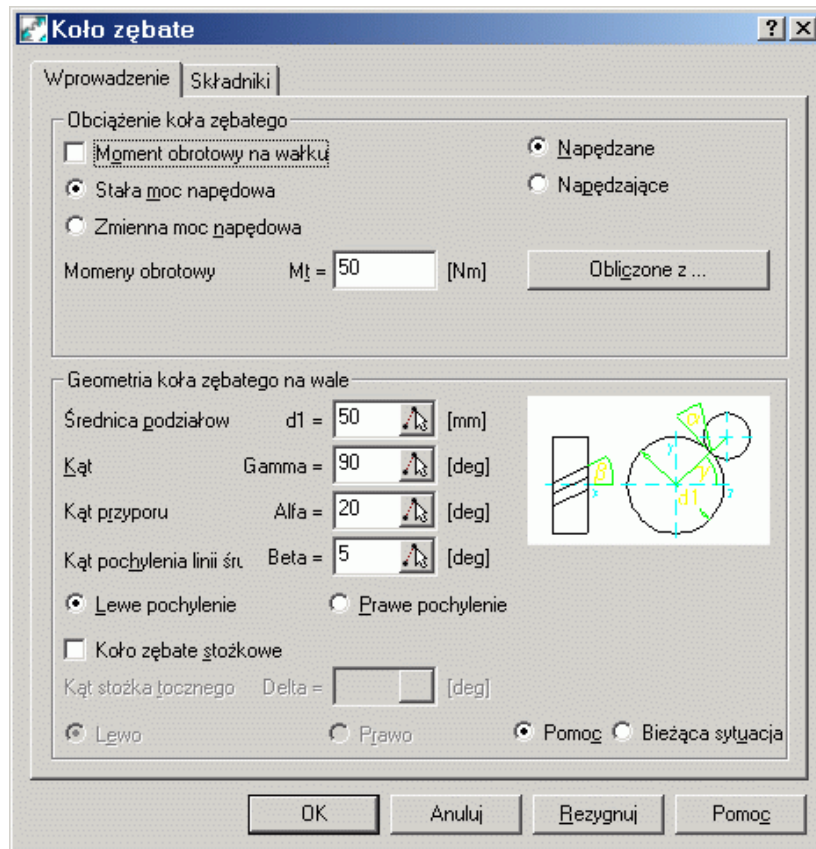
5.3.1. Wywołanie komendy wstawienia koła zębatego.

W celu zdefiniowania koła zębatego z okna **Obliczenia wału** w części **Wybierz obciążenie** wybieramy przycisk z oznaczeniem.



Określ punkt wstawienia – podajemy punkt wstawienia koła zębatego za pomocą myszki lub podając współrzędne z klawiatury. Najlepiej przy użyciu punktów charakterystycznych w połowie czopa przeznaczanego pod koło zębate.

Po ustaleniu punktu wstawienia koła zębatego otrzymaliśmy okno **Koło zębate**.



Rys. 8. Okno koło zębate.

Okno **Koło zębate** mamy podzielone na dwie części:

- pierwsza część to **Obciążenie koła zębatego**,
- druga część to **Geometria koła zębatego na wale**.

5.3.2. Definiowanie momentu skręcającego na kole zębatym.

W części **Obciążenie koła zębatego** mamy do zdefiniowania następujące dane:

Moment obrotowy	Wpisujemy wartość momentu skręcającego w [Nm]
Napędzane/Napędzające	Podajemy czy definiowane koło zębate jest kołem napędzającym bądź napędzanym

5.3.3. Definiowanie geometrii obliczanego koła zębatego.

W części **Geometria koła zębatego na wale** będziemy ustalali geometrię koła zębatego:

Średnica toczna koła zębatego
Kąt pomiędzy osiami wałków kół sprzęgniętych ze sobą
Kąt przyporu
Kąt pochylenia linii zęba
Pochylenie zęba w lewo / w prawo

W przypadku kół zębatych stożkowych zaznaczamy **Koło zębate stożkowe** podając kąt stożka podziałowego δ zaznaczając odpowiedni kierunek tworzących stożka.

6. Definiowanie materiału wałka.

Z okna **Obliczenia wałów** wybieramy klikając przycisk **Edycja** w polu **Materiał**.

Pojawia się okno **Cechy materiałowe**.

Rys. 9. Okno Cechy materiałowe.

Następnie wciskamy przycisk **Tabela**.

Pojawia się okno **Materiał**.

Opis	Grupa materiałowa	Granica plastyczności [N/mm ²]	Moduł - E [N/mm ²]	Poisson
100		50	70000	0.25
150		75	80000	0.25
200		100	105000	0.25
250		125	130000	0.25
300		150	130000	0.25
350		175	130000	0.25
900-2		600	130000	0.25
800-2		480	130000	0.25
700-2		420	130000	0.25
600-3		370	130000	0.25
500-7		320	130000	0.25
450-10		310	130000	0.25
400-15		250	130000	0.25
400-18		250	130000	0.25
350-22		220	130000	0.25

Rys. 10. Okno Materiał.

Z listy dostępnych materiałów wybieramy ten z którego jest wykonany jest nasz element, poprzez zaznaczenie. Wybór potwierdzamy OK.

W liście materiałów podawane są następujące dane:

Opis (oznaczenie materiału)
Moduł Young'a
Napężenie dopuszczalne
Liczba Poisson'a
Nie kruchy

Po ustaleniu materiału pozostajemy nadal w oknie Obliczenia wałów.

7. Edycja zdefiniowanych elementów.

7.1. Usunięcie obciążenia lub podpory.

W celu usunięcia podpory bądź obciążenia wybieramy przycisk **Wymaż** w oknie **Obliczenia wałów**.

Wybież element – za pomocą myszki wskazujemy podporę lub obciążenie które chcemy usunąć.

Aby po usunięciu podpory lub obciążenia powrócić do okna **Obliczenia wałów** należy wcisnąć klawisz <Enter> lub prawy przycisk myszki.

7.2. Zmiana wartości, geometrii itp.

Aby dokonać tych zmian wybieramy przycisk **Edycja** w oknie **Obliczenia wałów**. Uwaga dotyczy tylko zmian przy obciążeniach.

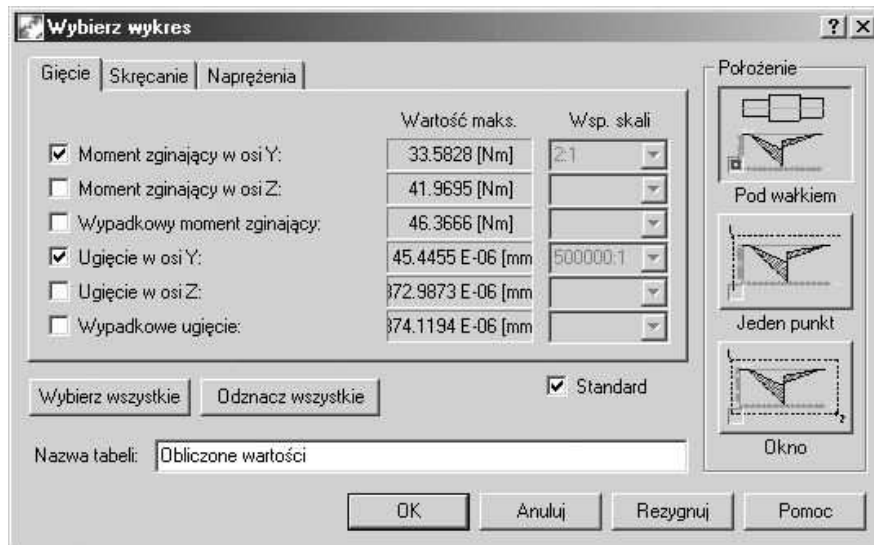
Wybierz element – za pomocą myszki wskazujemy obciążenie którego chcemy zmienić wartość.

Po wskazaniu siły skupionej, koła zębatego lub momentu skręcającego należy podać nowe parametry wstawienia lub zatwierdzić poprzednie klawiszem <Enter>.

Na ekranie pojawi się odpowiednie okno takie jak przy definiowaniu, wówczas dokonujemy odpowiednich zmian parametrów edytowanego obiektu.

8. Obliczenia.

W celu dokonania obliczeń w oknie **Obliczenia wałów** wybieramy przycisk **Momenty** i odkształcenia. Otrzymaliśmy okno **Wybierz wykres**.



Rys. 11. Okno Wybierz wykres.

Wyboru dokonujemy przez zaznaczanie odpowiednich przełączników. Po dokonaniu wyboru wciskamy OK.

W wierszu poleceń pojawi się wezwanie:

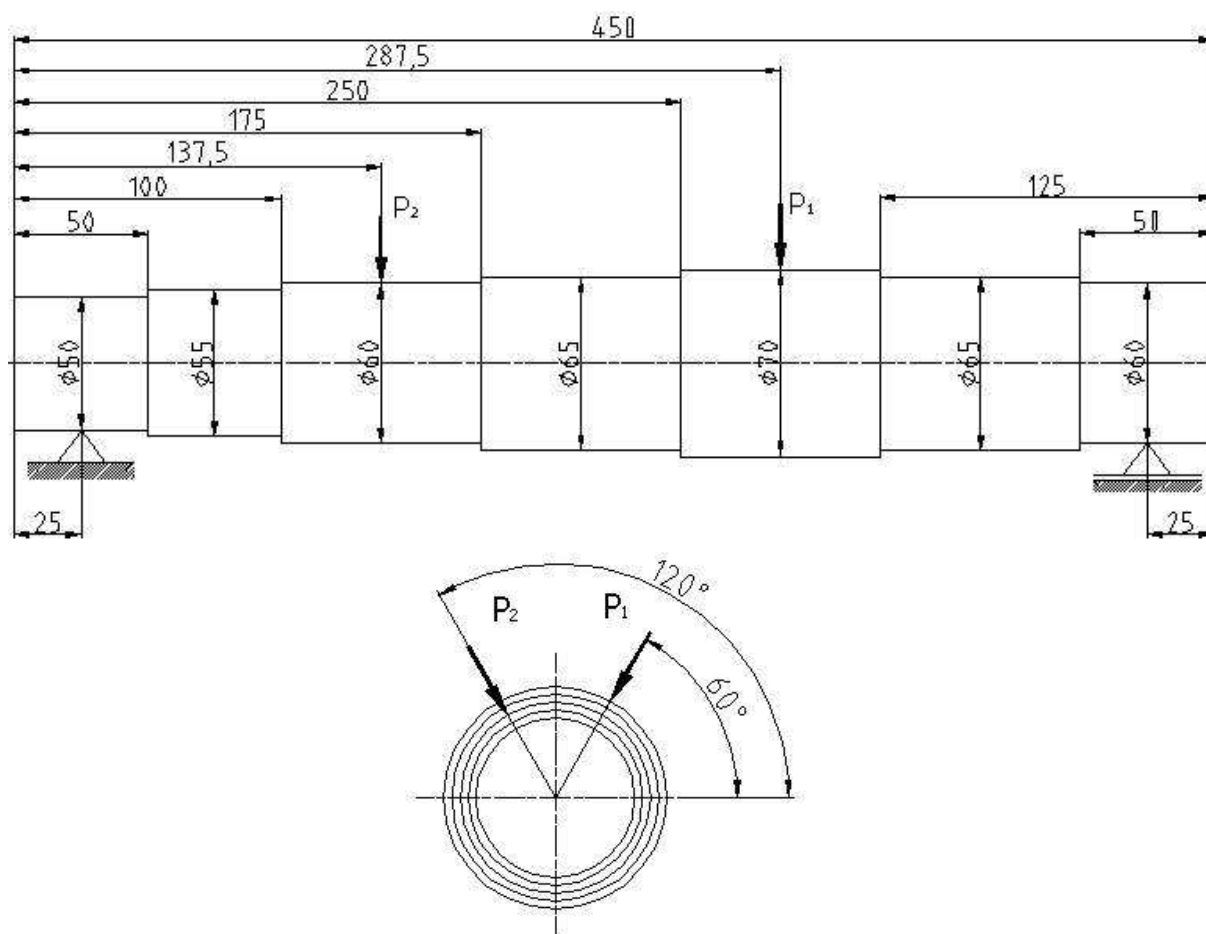
Określ punkt wstawienia – wskazujemy dowolny punkt myszką.

Tabela wyników ma następującą postać:

Obliczone wartości		
Wytrzymałość	[N/mm ²]	75
Moduł Younga	[N/mm ²]	80000
Materiał		150
Maksymalne ugięcie	[mm]	874.1194 E-06
w odległości	[mm]	329.7889
Maksymalny moment gnący	[Nm]	46.3666
w odległości	[mm]	222.8971
Maksymalny moment skręcający	[Nm]	50.0
w odległości	[mm]	91.3677
Maksymalny kąt skręcenia	[deg]	2.1021 E-03
w odległości	[mm]	0
Maksymalne naprężenie skręcające	[N/mm ²]	251.0387 E-03
w odległości	[mm]	91.3677
Maksymalne naprężenia osiowe	[N/mm ²]	25.4462 E-03
w odległości	[mm]	44.1778
Maksymalne naprężenia gnące	[N/mm ²]	465.5929 E-03
w odległości	[mm]	222.8971
Maksymalne naprężenia Von Mises	[N/mm ²]	699.4586 E-03
w odległości	[mm]	222.8971
Maksymalne wartości naprężeń obliczane są bez uwzględnienia karbów		

Zadanie 1.

Wyznaczyć i obliczyć ugięcia oraz momenty gnące wału pośredniego przekładni zębatej pokazanego na rysunku.



$$P_1 = 10\,000\text{ N}$$

$$P_2 = 16\,000\text{ N}$$

Materiał wałka stal S275N wg normy DIN.

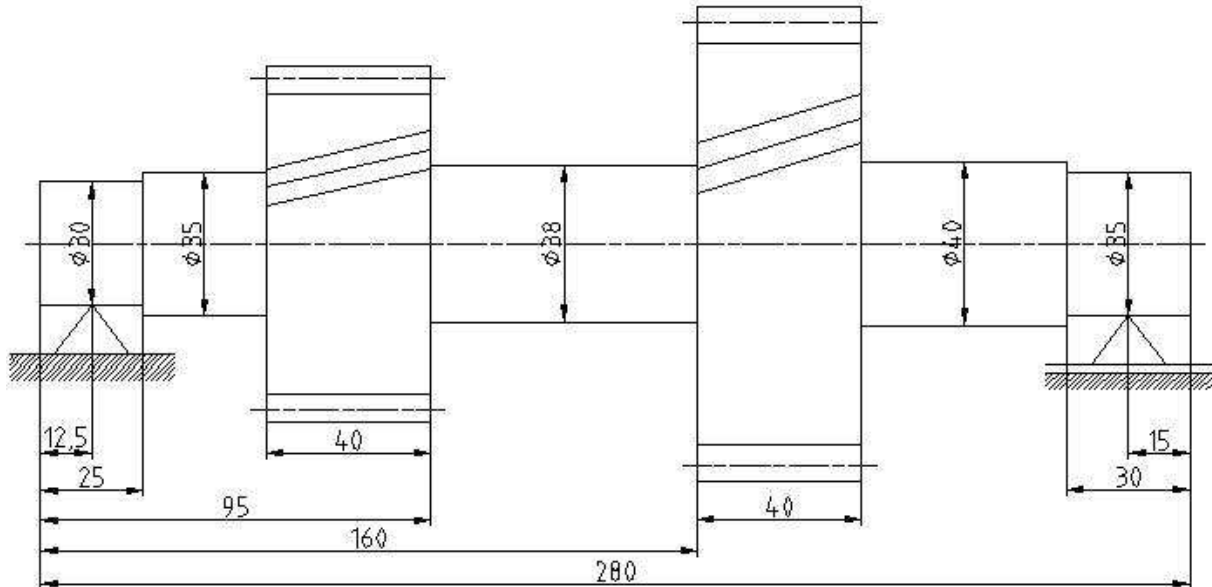
Rozwiązanie zadania 1.

1. Dostosujemy pasek narzędzi zgodnie z punktem 1.
2. Tworzymy rysunek.
3. Wywołujemy okno **Obliczenia wału** zgodnie z punktem 2.
4. Definiujemy podpory wałka zgodnie z podpunktami 3.1. (dla podpory stałej) i 3.2. (dla podpory przesuwnej).
5. Definiujemy obciążenie w postaci siły skupionej zgodnie z podpunktem 5.1.
6. Definiujemy materiał wałka zgodnie z punktem 6.
7. Po zdefiniowaniu wszystkich elementów obliczenia przeprowadzamy zgodnie z punktem 8.

Zadanie 2.

Obliczyć ugięcia wałka pośredniego przekładni zębatej w miejscu osadzenia kół zębatach skośnych. Koło lewe jest napędzane, a prawe napędzające. Materiał wałka stal S355N wg normy DIN.

$$M_s = P_{o1} * \frac{d_1}{2} = P_{o2} * \frac{d_2}{2} = 107 Nm .$$



Koło napędzane:

$m = 3$
 $z = 26$
 $\alpha = 20^\circ$
 $\beta = 15^\circ$
 $L = 40$

Koło napędzające:

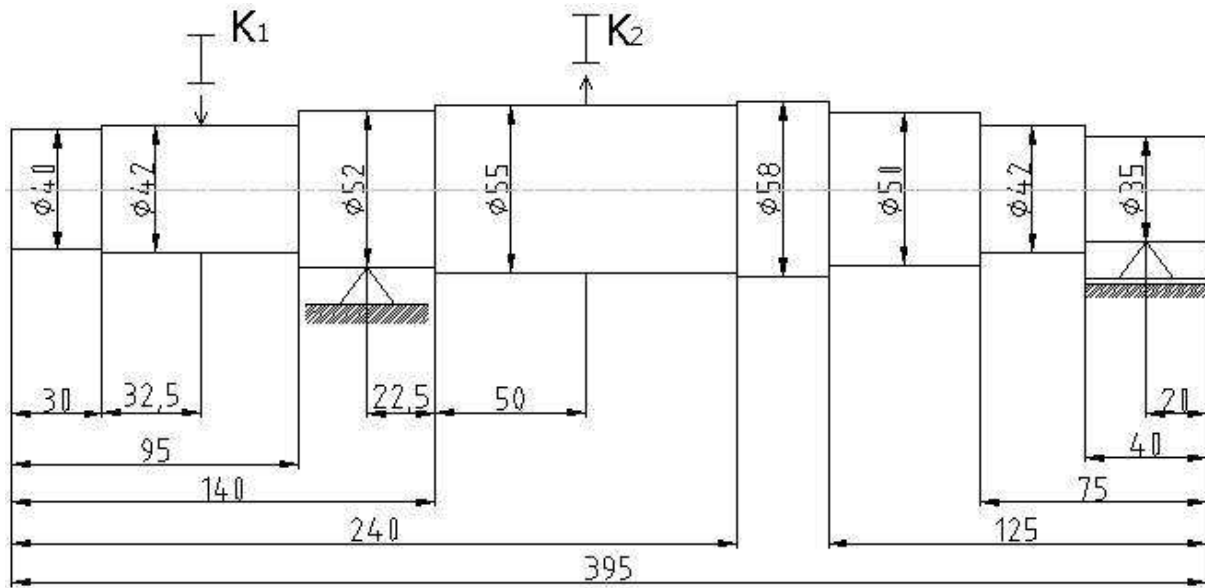
$m = 4$
 $z = 26$
 $\alpha = 20^\circ$
 $\beta = 15^\circ$
 $L = 40$

Rozwiązanie zadania 2.

1. Dostosowujemy pasek narzędzi zgodnie z punktem 1.
2. Tworzymy rysunek wałka.
3. Wywołujemy okno **Obliczanie wału** zgodnie z punktem 2.
4. Definiujemy podpory wałka zgodnie z podpunktami 3.1. (dla podpory stałej) i 3.2. (dla podpory przesuwnej).
5. Definiujemy obciążenia bezpośrednio przez koła zębata. Punkt wstawienia definiujemy zgodnie z punktem 5.3.1.
 - 5.1. Dla koła pierwszego w oknie **Koło zębata** w części **Obciążenia koła zębatego** podajemy wartość momentu skręcającego oraz zaznaczamy, iż koło jest kołem napędzanym. W części **Geometria koła zębatego na wale** okna **Koło zębata** ustalamy geometrię naszego koła zgodnie z punktem 5.3.3 instrukcji.
 - 5.2. Dla koła drugiego w oknie **Koło zębata** w części **Obciążenia koła zębatego** podajemy wartość momentu skręcającego zaznaczamy iż koło jest kołem napędzającym. W części **Geometria koła zębatego na wale** okna **Koło zębata** ustalamy geometrię naszego koła.
6. Definiujemy materiał wałka zgodnie z punktem 6.
7. Po zdefiniowaniu wszystkich elementów obliczenia przeprowadzamy zgodnie z punktem 8.

Zadanie 3.

Na wałe dwupodporowym zamontowane są nieprzesuwne dwa koła zębate. Wał jest wykonany ze stali S355N wg normy DIN i przenosi moment skręcający 800 Nm. Wskazać maksymalne ugięcie wału.



Koło napędzające (K1):

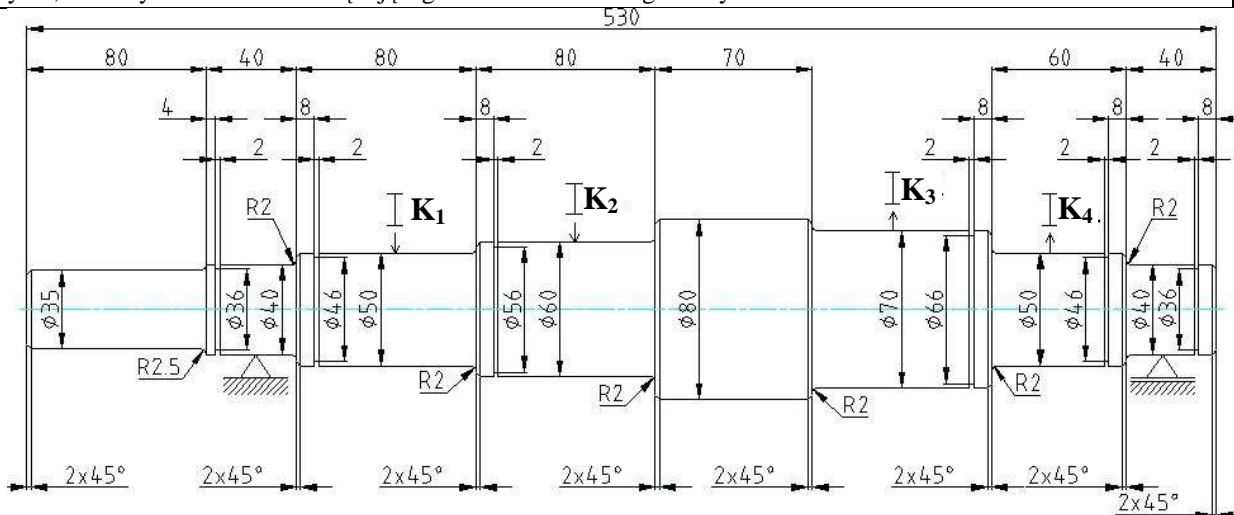
$m = 6$
 $z = 47$
 $\alpha = 20^\circ$
 $\beta = 17^\circ$
 $L = 30$

Koło napędzane (K2):

$m = 4$
 $z = 28$
 $\alpha = 20^\circ$
 $\beta = 5^\circ$
 $L = 50$

Zadanie 4

Obliczyć maksymalne ugięcie wału pośredniego skrzynki prędkości, wykreśli wykresy momentów gnących dla osi y i z , oraz wykres momentu skręcającego. Materiał Ck15 wg normy DIN.



Koło 1 napędzające:

$M = 80 \text{ Nm}$
 $d_1 = 160 \text{ mm}$
 $\gamma = 0^\circ$
 $\alpha = 20^\circ$
 $\beta = 13^\circ$
 $L = 70$

Koło 2 napędzające:

$M = 35 \text{ Nm}$
 $d_1 = 210 \text{ mm}$
 $\gamma = 45^\circ$
 $\alpha = 20^\circ$
 $\beta = 5^\circ$
 $L = 70$

Koło 3 napędzane:

$M = 45 \text{ Nm}$
 $d_1 = 230 \text{ mm}$
 $\gamma = 90^\circ$
 $\alpha = 20^\circ$
 $\beta = 0^\circ$
 $L = 70$

Koło 4 napędzane:

$M = 70 \text{ Nm}$
 $d_1 = 210 \text{ mm}$
 $\gamma = 90^\circ$
 $\alpha = 20^\circ$
 $\beta = 0^\circ$
 $L = 50$