

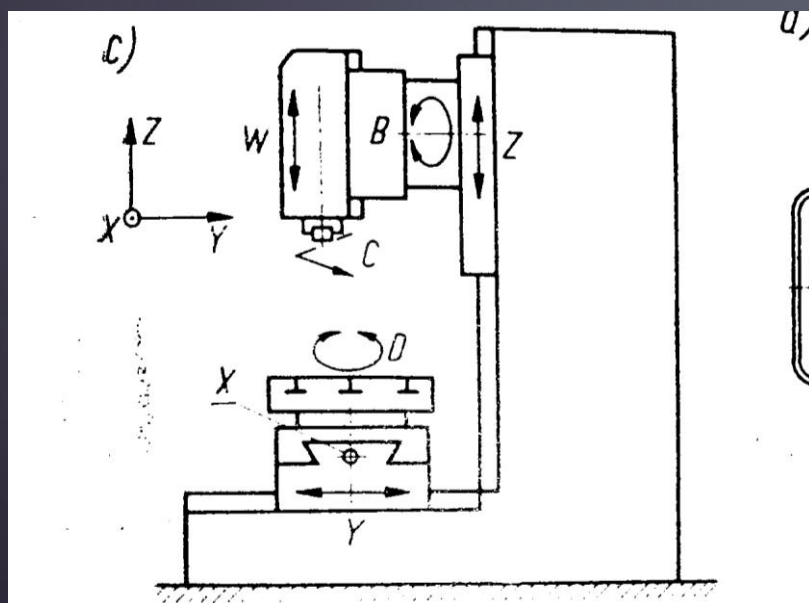
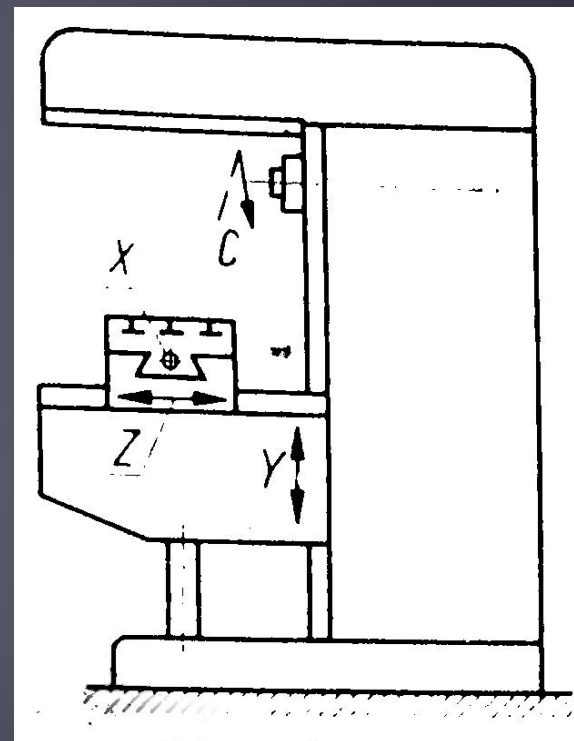
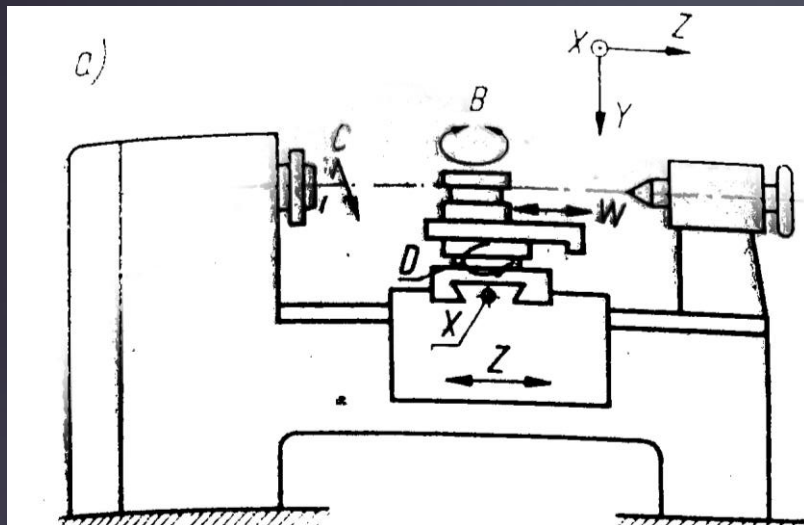
Maszyny technologiczne

2019

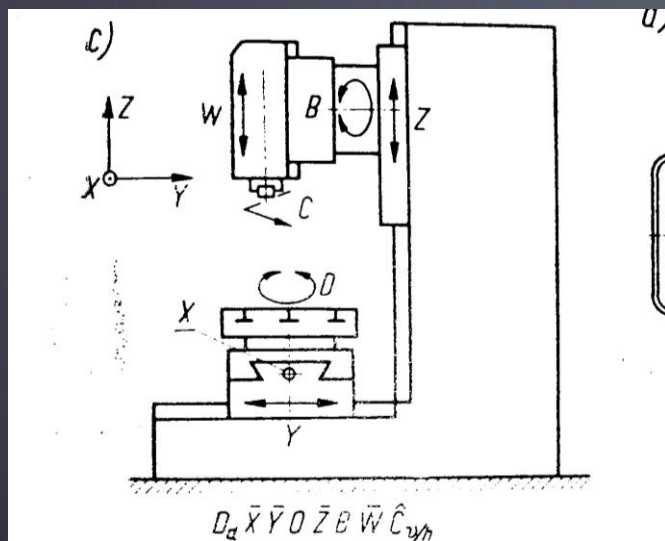
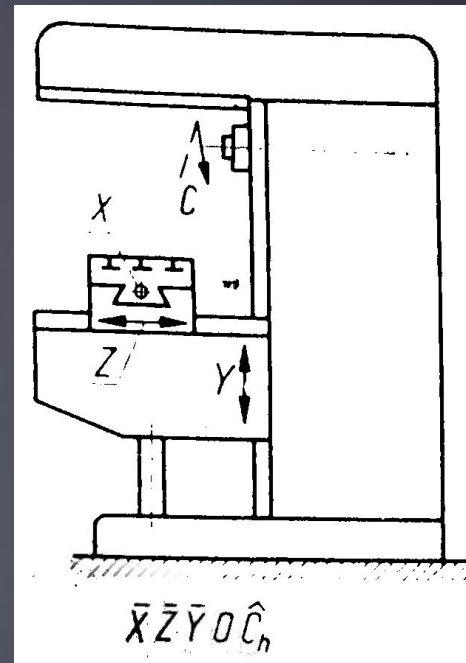
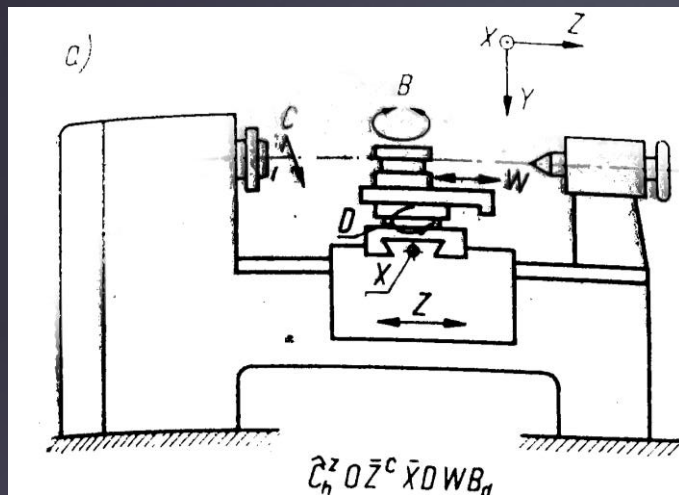
dr inż. Michał Dolata
www.mdolata.zut.edu.pl



Wzory strukturalne

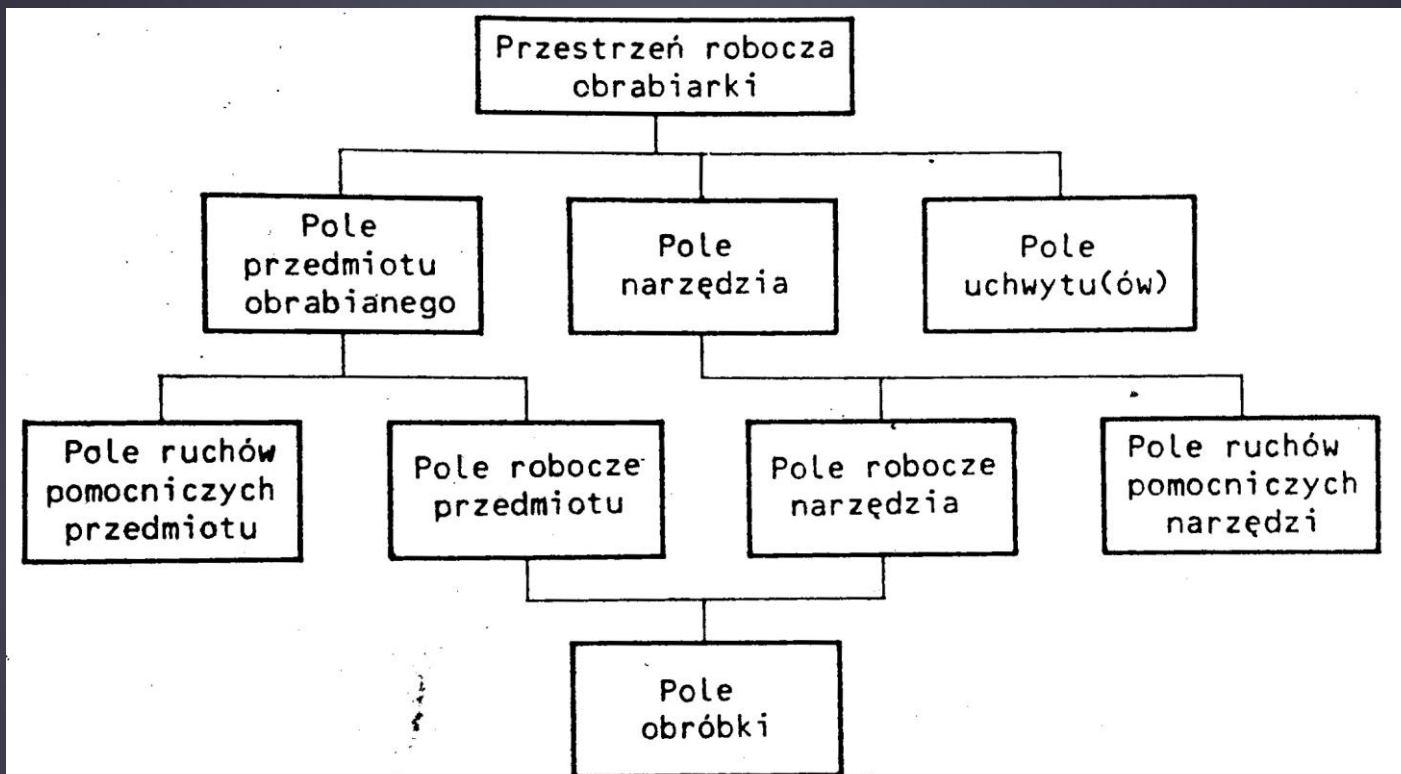


Wzory strukturalne



Przestrzeń robocza obrabiarki

- ▶ Przestrzeń robocza obrabiarki (PRO) to ograniczona wymiarowo przestrzeń, zajmowana przez przedmiot obrabiany, narzędzia i uchwyty podczas ruchów niezbędnych do wykonania operacji obróbkowych na obrabiarce,
- ▶ Wymiary PRO powinny być dobrane na podstawie zakresu ruchów podzespołów maszyny.



Rys. 3.16. Struktura przestrzeni roboczej obrabiarki

- ▶ Pole przedmiotu obrabianego (PPO) jest to obszar przestrzeni roboczej obrabiarki zajmowany przez największy dopuszczalny przedmiot obrabiany przy wszystkich jego możliwych położeniach,
- ▶ W obszarze PPO można wyróżnić:
 - ▶ Pole robocze przedmiotu (PRP) – przestrzeń zajmowana przez przedmiot obrabiany o największych wymiarach (stałe lub ruchome) podczas obróbki,
 - ▶ Pole ruchów pomocniczych PO - przestrzeń zajmowana przez przedmiot obrabiany o największych wymiarach podczas ruchów pomocniczych,

Przestrzeń robocza obrabiarki

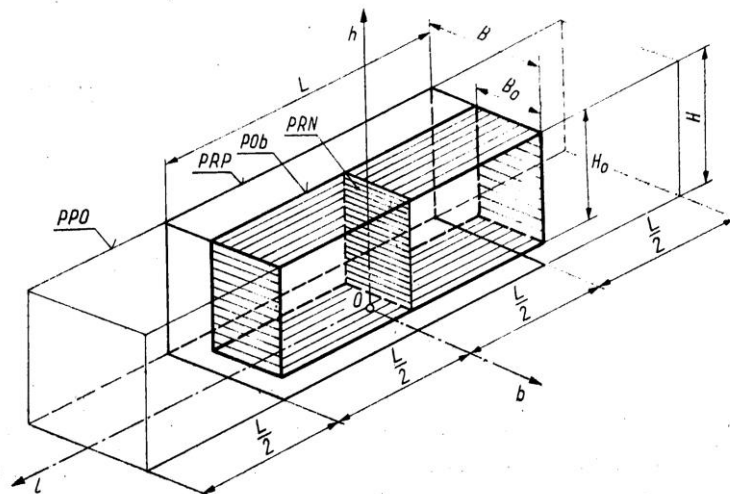
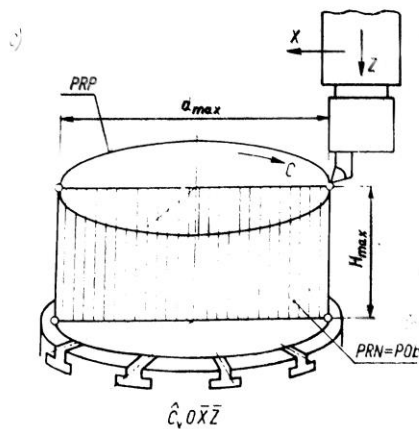
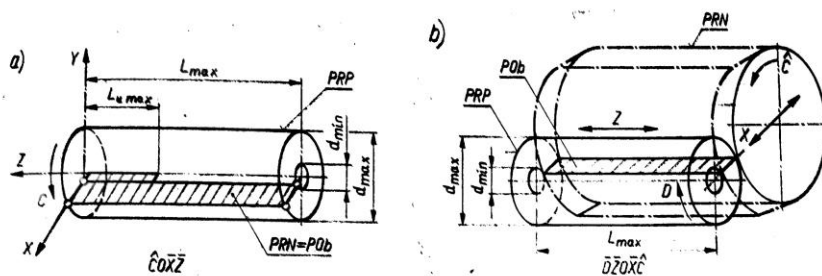
7

- ▶ Pole narzędzia (PN) – obszar przestrzeni roboczej w której mogą znajdować się narzędzia przewidziane do pracy przy zajmowaniu wszystkich możliwych położeń,
- ▶ W obszarze PN można wyróżnić:
 - ▶ Pole robocze narzędzia (PRN) - przestrzeń zajmowana przez narzędzie o największych wymiarach przy wszystkich jego możliwych położeniach podczas obróbki,
 - ▶ Pole ruchów roboczych - przestrzeń zajmowana przez narzędzia podczas wykonywania ruchów pomocniczych,

Przestrzeń robocza obrabiarki

- ▶ Pole obróbki (Pob) – wspólny obszar pola roboczego przedmiotu obrabianego PRP i pola roboczego narzędzia PRN. W każdym punkcie tego pola możliwe jest skrawanie.
- ▶ Pole uchwytu – fragment przestrzeni roboczej zajmowany przez uchwyt przy wszystkich jego położeniach.

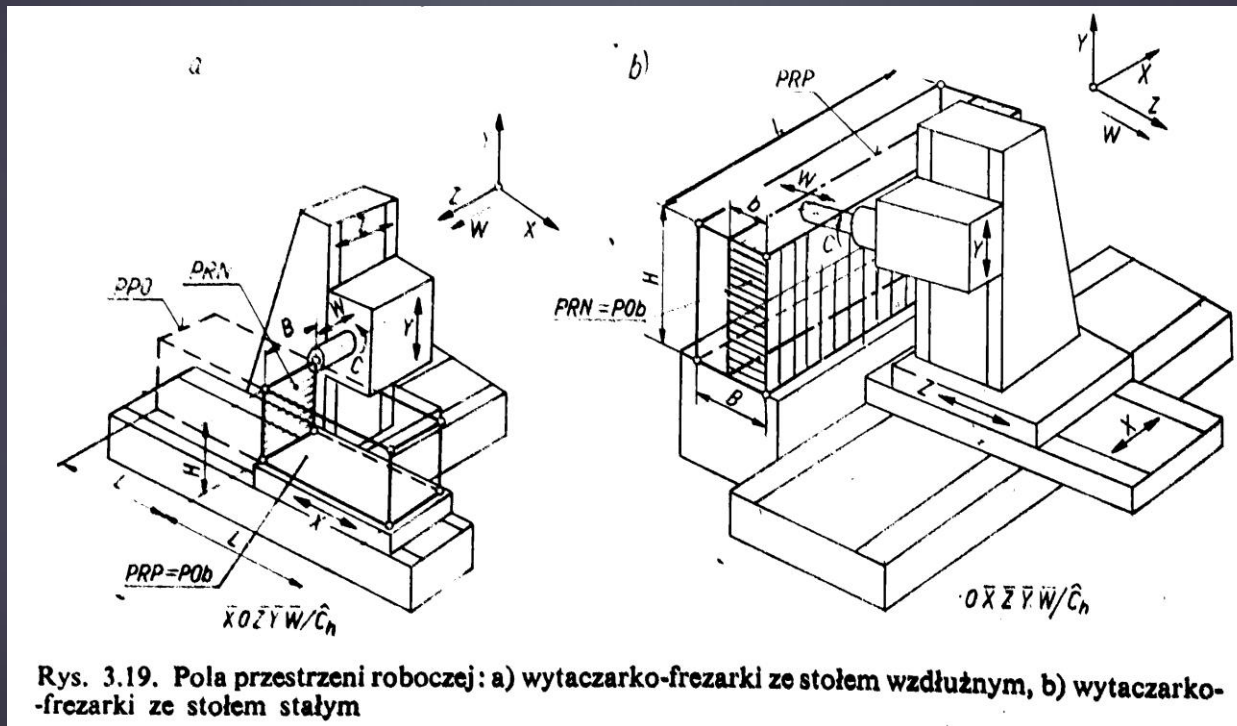
Przestrzeń robocza obrabiarki

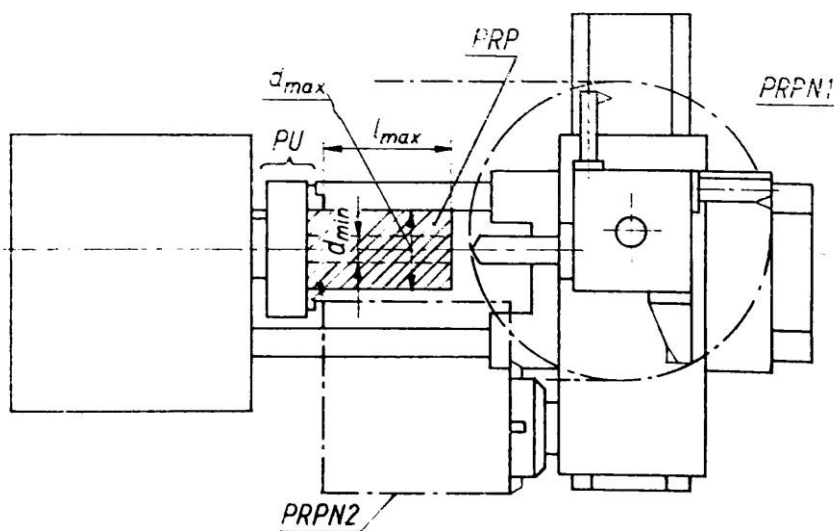


Rys. 3.17. Pola przestrzeni roboczej: a) tokarki kłowo-uchwytowej, b) szlifierki c) tokarki karuzelowej; $L_{u\ max}$ – maksymalna długość toczenia w uchwycie

Rys. 3.18. Geometria przestrzeni roboczej obrabiarek do części korpusowych; PPO – pole przedmiotu obrabianego, PRP – pole robocze przedmiotu, PRN – pole robocze narzędzia, POB – pole obróbki

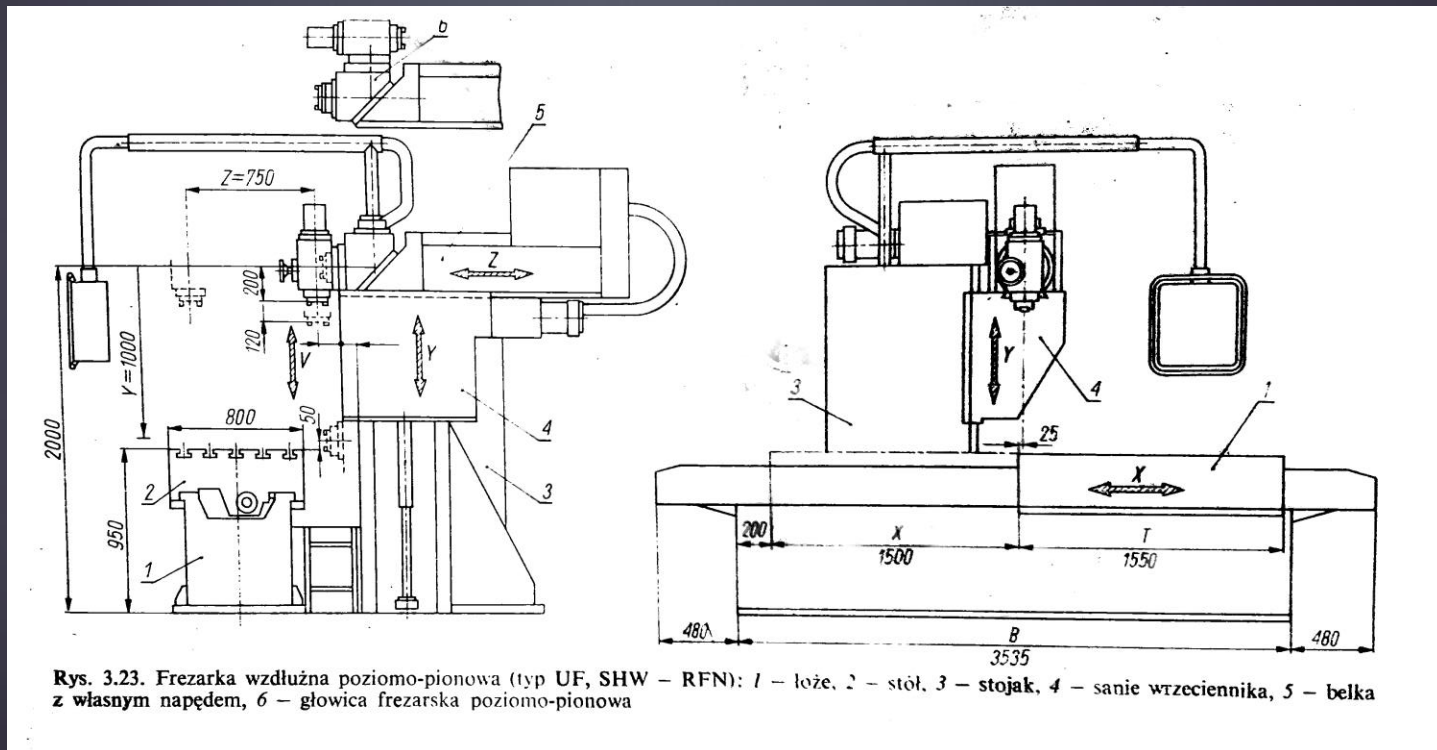
- ▶ W przypadku frezarek PRP ma kształt prostopadłościanu. PRN jest wtedy prostokątem.





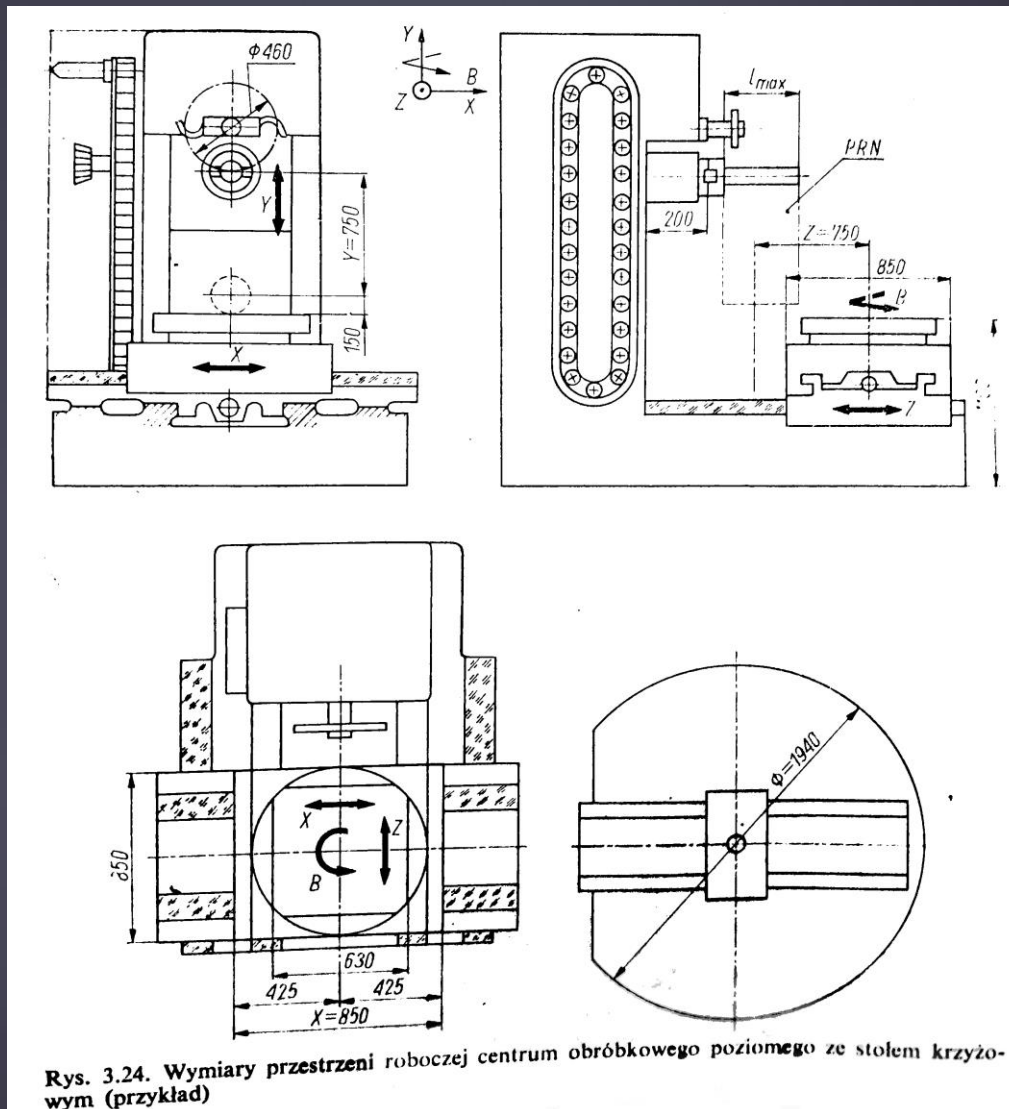
Rys. 3.22. Pola przestrzeni roboczej tokarki uchwytowej poziomej z dwiema głowicami narzędziowymi wielopolożowymi (rewolwerowymi)

- ▶ Wymiary przestrzeni roboczej decydują o wielkości obrabiarki, a także o wielkości zajmowanej przez nią powierzchni.



Przestrzeń robocza obrabiarki

13



Układ nośny obrabiarki

14

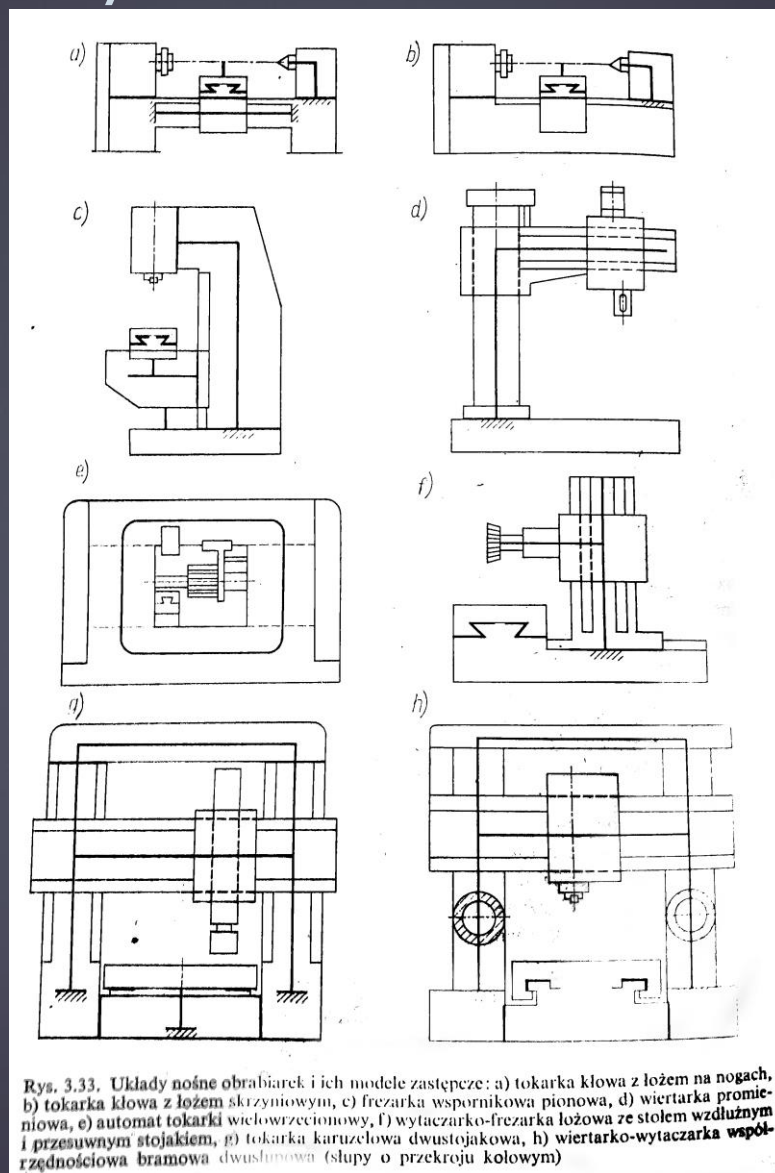
- ▶ Jest to zestaw elementów połączonych na stałe lub ruchowo, przenoszący obciążenia,
- ▶ Zadaniem UNO jest zapewnienie wymaganego położenia wzajemnego pary N-PO również pod obciążeniami z zachowaniem określonych odchyłek,
- ▶ Podstawowe wymagania względem UNO:
 - ▶ Optymalna sztywność,
 - ▶ Małe odkształcenia cieplne,
 - ▶ Zapewnienie odpowiedniej dokładności połączeń,
 - ▶ Zapewnienie niezmienności kształtów.

Układ nośny obrabiarki

15

- ▶ Na potrzeby wstępnej oceny UNO, buduje się modele zastępcze maszyn,
- ▶ Modele te mogą mieć postać modeli belkowych lub ramowych,
- ▶ Na tak przygotowanych modelach możliwe jest przeprowadzanie prostych analiz inżynierskich prowadzących do wstępnego wyboru najlepszych rozwiązań.

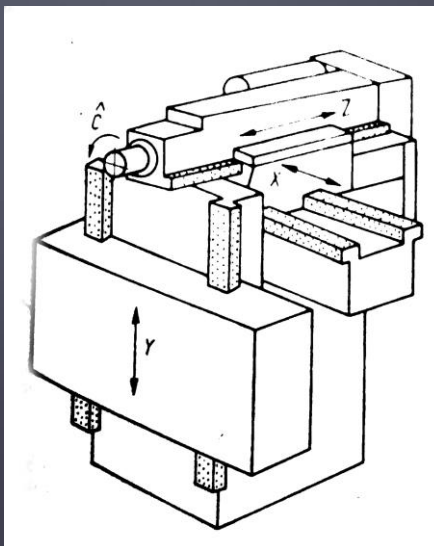
Układ nośny obrabiarki



Układ nośny obrabiarki

17

- ▶ Niezmiernie ważny w obrabiarkach jest układ prowadnicowy,
- ▶ Z uwagi na mniejszą sztywność warstwy ruchowej w stosunku do korpusowej, najczęściej to układ prowadnic odpowiedzialny jest za odkształcenia pojawiające się w maszynie przy obciążeniu zewnętrznym.



Proces projektowania

18

- ▶ Proces projektowania jest niezależny od produktu
- ▶ Metodologia rozwiązania problemów projektowych jest jedna
- ▶ Proces projektowania jest ćwiczeniem kreatywności
- ▶ Proces projektowania jest twórczym aktem inżynierskim wymagającym wybitnych zdolności, umiejętności, kreatywności i otwartego myślenia

Proces projektowania – ujęcie holistyczne

- ▶ Holizm (od gr. holos – całość) – pogląd, według którego wszelkie zjawiska tworzą układy całościowe, podlegające swoistym prawidłowościom, których nie można wywnioskować na podstawie wiedzy o prawidłowościach rządzących ich składnikami,
- ▶ Całości nie da się sprowadzić do sumy jej składników.

Proces projektowania – ujęcie holistyczne

- ▶ Formalizowanie potrzeby,
- ▶ Tworzenie pola koncepcji,
- ▶ Kryterialny wybór optymalnej koncepcji,
- ▶ System opisujący sposób działania przyszłych środków technicznych.

- ▶ Dobieranie cech konstrukcyjnych,
- ▶ Opis struktury i stanów środków technicznych,
- ▶ Opis własności,

- ▶ **Proces projektowo-konstrukcyjny ma przebieg iteracyjno-sekwencyjny**

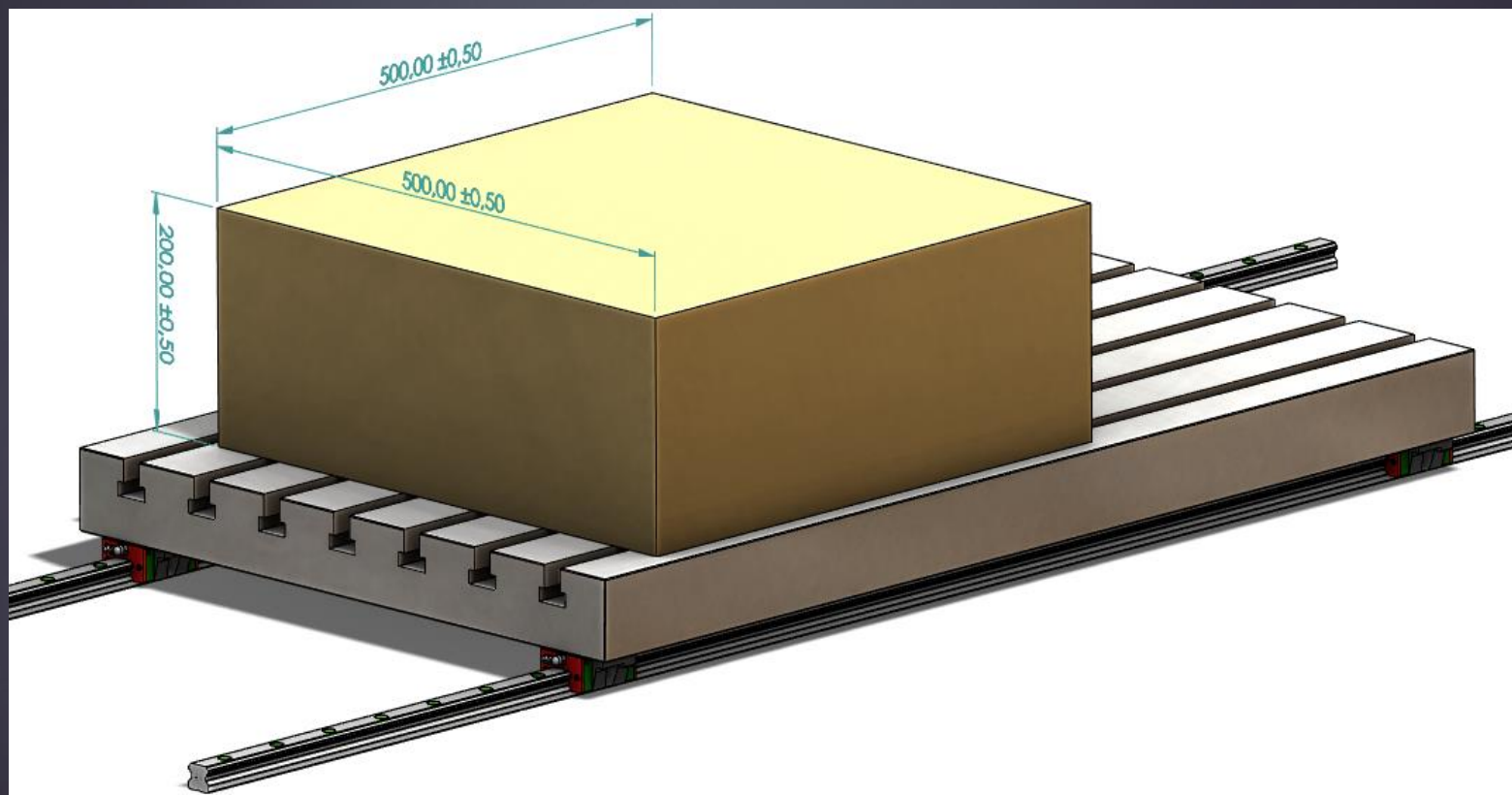
Etapy procesu projektowania

22



Prowadnice liniowe

23



- ▶ Określenie warunków
 - ▶ Wymiary podstawy maszyny,
 - ▶ Przestrzeń montażowa,
 - ▶ Pożądana klasa dokładności,
 - ▶ Zakładana sztywność,
 - ▶ Sposób obciążenia,
 - ▶ Zakładana długość ruchu,
 - ▶ Prędkość ruchu, przyspieszenia,
 - ▶ Częstotliwość użytkowania,
 - ▶ Żywotność,
 - ▶ Dodatkowe czynniki.

- ▶ Wybór rodzaju wózka (na podstawie Hiwin):
 - ▶ HG, CG – orbabiarki,
 - ▶ EG – automatyka, transport z dużymi prędkościami, sprzęt pomiarowy,
 - ▶ WE – pojedyncze osie z dużymi momentami,
 - ▶ MG – miniaturowe, sprzęt medyczny,
 - ▶ RG – centra obróbcze, wtryskarki, układy o wysokiej sztywności.

Dobór prowadnic

26

- Wybór klasy dokładności : C (normal), H (high), P (precision), SP (super precision), UP (ultra precision)

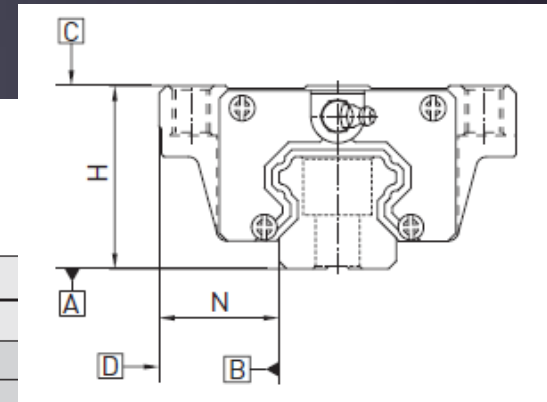
3.1.14.1 Parallelism

Parallelism of stop surfaces D and B of block and rail and parallelism of top of block C to mounting surface A of rail. Ideal linear guideway installation is required, as is a measurement in the centre of the block.

Table 3.16 Tolerance of parallelism between block and rail

Rail length [mm]	Accuracy class				
	C	H	P	SP	UP
- 100	12	7	3	2	2
100 - 200	14	9	4	2	2
200 - 300	15	10	5	3	2
300 - 500	17	12	6	3	2
500 - 700	20	13	7	4	2
700 - 900	22	15	8	5	3
900 - 1100	24	16	9	6	3
1100 - 1500	26	18	11	7	4
1500 - 1900	28	20	13	8	4
1900 - 2500	31	22	15	10	5
2500 - 3100	33	25	18	11	6
3100 - 3600	36	27	20	14	7
3600 - 4000	37	28	21	15	7

Unit: μm

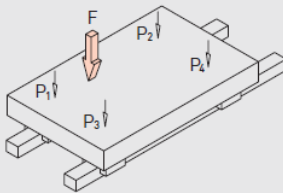
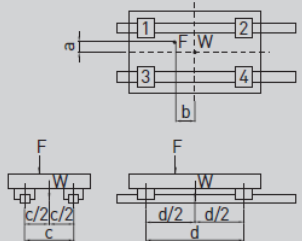
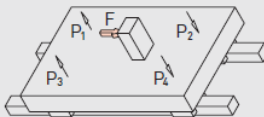
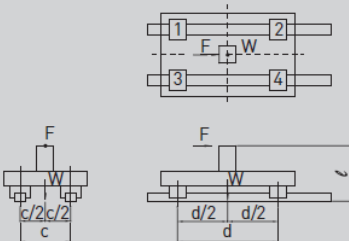
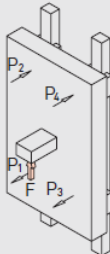
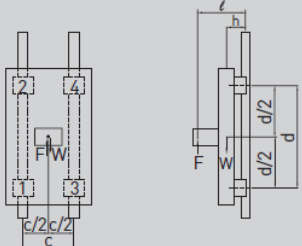
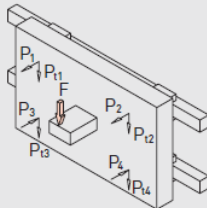
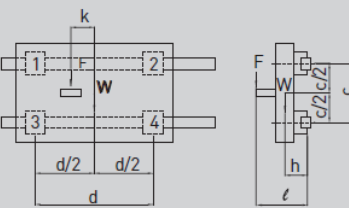


- ▶ Określenie wielkości i liczby wózków
 - ▶ Na podstawie danych empirycznych,
 - ▶ Na podstawie rodzaju obciążenia,
 - ▶ Jeżeli w układzie znajduje się mechanizm śrubowo-toczny – prowadnice i mechanizm powinny mieć zbliżony rozmiar.

- ▶ Obliczenie maksymalnego obciążenia wózka – sprawdzenie czy w zakresie obciążeń statycznych współczynnik bezpieczeństwa jest większy od dopuszczalnego,
- ▶ Określenie poziomu napięcia wstępnego,
- ▶ Wyznaczenie sztywności,
- ▶ Obliczenie trwałości,
- ▶ Wybór typu smarowania.

Dobór zakończony

Obciążenie wózków

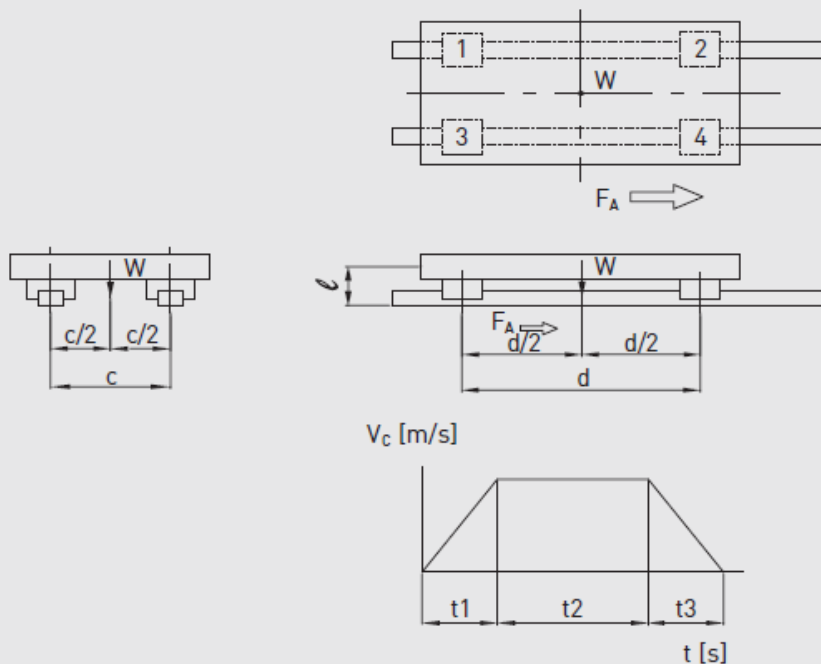
Typical examples	Distribution of load	Load on a block
		$P_1 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \times a}{2c} + \frac{F \times b}{2d}$ $P_2 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \times a}{2c} - \frac{F \times b}{2d}$ $P_3 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \times a}{2c} + \frac{F \times b}{2d}$ $P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \times a}{2c} - \frac{F \times b}{2d}$
		$P_1 = P_3 = \frac{F \times l}{2d}$ $P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F \times l}{2d}$
		$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = -\frac{W \times h}{2d} + \frac{F \times l}{2d}$
		$P_1 = P_2 = -\frac{W \times h}{2c} - \frac{F \times l}{2c}$ $P_3 = P_4 = \frac{W \times h}{2c} + \frac{F \times l}{2c}$ $P_{11} = P_{13} = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \times k}{2d}$ $P_{12} = P_{14} = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \times k}{2d}$

Obciążenie wózków

Load and mass inertia

Table 2.4 Load and mass inertia (examples of calculating load and mass inertia)

Consideration of acceleration and deceleration



Load on one block

- Constant velocity

$$P_1 \dots P_4 = \frac{W}{4}$$

- Acceleration

$$P_1 = P_3 = \frac{W}{4} + \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times \frac{v_c}{t_1} \times \frac{l}{d}$$

$$P_2 = P_4 = \frac{W}{4} - \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times \frac{v_c}{t_1} \times \frac{l}{d}$$

- Deceleration

$$P_1 = P_3 = \frac{W}{4} - \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times \frac{v_c}{t_3} \times \frac{l}{d}$$

$$P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times \frac{v_c}{t_3} \times \frac{l}{d}$$

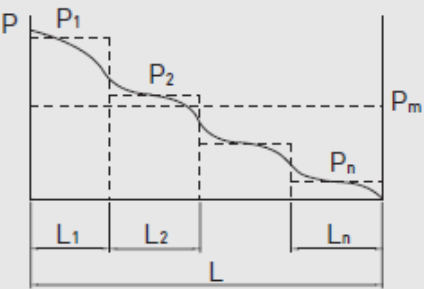
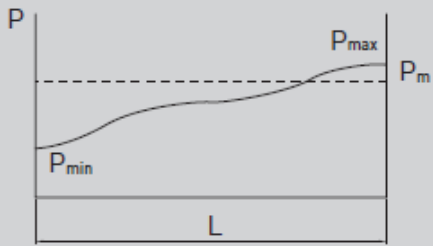
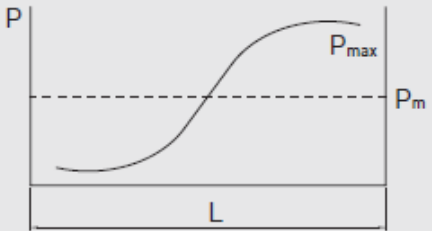
$P_1 \dots P_4$ Load on the individual block
 W Weight of load
 F Motion force
 F_A Reaction force
 g Gravitational acceleration [m/s²]
 v_c Velocity [m/s]

t_1 Acceleration time [s]
 t_2 Constant speed time [s]
 t_3 Deceleration time [s]
 c Rail spacing [m]
 d Block spacing [m]
 l Distance from center of gravity to carriage [m]

2.5.2 Calculation of equivalent load during changing loads

If loading of a linear guideway fluctuates greatly, an equivalent load must be used in the lifetime calculation. The equivalent load is defined as the load which causes the same wear on the bearings as the changing loads. It can be calculated using [Table 2.5](#).

Table 2.5 Examples of calculating equivalent load (P_m)

Gradual change	Steady change	Sinusoidal change
 <p>A graph showing load P on the y-axis and distance L on the x-axis. The load starts at P1, decreases through a stage of length L1, then through a stage of length L2 to P2, and finally through a stage of length Ln to Pn. A dashed horizontal line represents the equivalent load Pm.</p>	 <p>A graph showing load P on the y-axis and distance L on the x-axis. The load starts at Pmin and increases steadily to Pmax. A dashed horizontal line represents the equivalent load Pm.</p>	 <p>A graph showing load P on the y-axis and distance L on the x-axis. The load follows a sinusoidal wave between Pmin and Pmax. A dashed horizontal line represents the equivalent load Pm.</p>
$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} (P_1^3 \times L_1 + P_2^3 \times L_2 + \dots + P_n^3 \times L_n)}$	$P_m = \frac{1}{3} (P_{min} + 2 \times P_{max})$	$P_m = 0.65 \times P_{max}$

- P_m Equivalent load
- P_n Changing load
- P_{min} Minimum load
- P_{max} Maximum load
- L Total travel distance
- L_n Travel distance under load P_n