

Podręcznik do kształcenia w zawodach  
technik pojazdów samochodowych  
mechanik pojazdów samochodowych



# Podstawy budowy maszyn

**Kwalifikacja MG.18**

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności  
Warszawa

Autorzy:

Piotr Boś (rozdz. 1 oprócz 1.15; 4 oraz 8.8 do 8.14), Dorota Chodorowska (rozdz. 9),

Romuald Fejkiel (rozdz. 8.1 do 8.7), Sławomir Sitarz (rozdz. 1.15; 3; 5 oraz 6),

Zofia Wrzask (rozdz. 2 i 7)

Projekt okładki: Dariusz Litwiniec

Redaktor merytoryczny: mgr inż. Krzysztof Wiśniewski

Opracowanie językowe: mgr Barbara Gluch

Redaktor techniczny: mgr inż. Ewa Kęsicka

Korekta: Zespół

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania oraz wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach na podstawie opinii rzeczoznawców:

Typy szkół: **technikum, branżowa szkoła I stopnia.**

Zawody: **technik pojazdów samochodowych, mechanik pojazdów samochodowych.**

Kwalifikacja: **MG.18. Diagnostowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych.**

Rok dopuszczenia: **2018**

669.01÷669.2/.8÷621 (075)

Podręcznik poświęcony podstawom budowy maszyn. Opisano podstawy rysunku technicznego z uwzględnieniem komputerowego wspomagania projektowania CAD, najważniejsze właściwości i przykłady zastosowania różnych rodzajów materiałów konstrukcyjnych, w tym także ochrony ich przed korozją, podstawowe zagadnienia dotyczące pomiarów warsztatowych oraz najistotniejsze pojęcia z zakresu tolerancji i pasowań. Przedstawiono też podstawy mechaniki technicznej i podstawy wytrzymałości materiałów, podstawowe wiadomości z zakresu technik wytwarzania oraz najistotniejsze informacje dotyczące części maszyn i zasad obliczania ich wytrzymałości. Omówiono również podstawy maszynoznawstwa, w tym m.in. klasyfikację maszyn, różne rodzaje energii, jej źródła i zasoby, odnawialne źródła energii, maszyny hydrauliczne, napędy hydrostatyczne i hydrokinetyczne, maszyny cieplne, elektrownie jądrowe, sprężarki, napędy pneumatyczne i pneumatyczno-hydrauliczne, urządzenia chłodnicze, maszyny i środki transportowe oraz automatyzację transportu wewnętrznego. Na końcu każdego rozdziału zamieszczono pytania i ćwiczenia kontrolne, umożliwiające uczniowi samoocenę w zakresie opanowania materiału.

Odbiorcy: uczniowie kształcący się w zawodach technik pojazdów samochodowych i mechanik pojazdów samochodowych oraz uczestnicy kursów zawodowych w zakresie kwalifikacji MG.18. *Diagnostowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych.*

ISBN 978-83-206-1996-6

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności spółka z o.o., Warszawa, 2018

Utwór ani w całości, ani w fragmentach nie może być skanowany, kserowany, powielany bądź rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym również nie może być umieszczany ani rozpowszechniany w postaci cyfrowej zarówno w Internecie, jak i w sieciach lokalnych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o.

ul. Kazimierzowska 52, 02-546 Warszawa

tel. 22-849-27-51; 22-849-23-45

e-mail wkl@wkl.com.pl

Księgarnia internetowa [www.wkl.com.pl](http://www.wkl.com.pl)

*Prowadzimy sprzedaż książek w siedzibie firmy*

Wydanie 1. Warszawa 2018

Skład i łamanie: UNISYS

Druk i oprawa: Drukarnia TREND

<b>Wstęp</b> .....	9
<b>1 Podstawy rysunku technicznego</b> .....	11
1.1 Rysunek techniczny językiem ludzi techniki .....	11
1.1.1 Normalizacja rysunków technicznych .....	11
1.1.2 Rodzaje rysunków .....	12
1.2 Arkusze rysunkowe .....	13
1.3 Podziałki .....	15
1.4 Linie rysunkowe .....	16
1.5 Pismo techniczne .....	21
1.6 Tabliczki rysunkowe .....	24
1.7 Rzutowanie prostokątne .....	27
1.8 Rzutowanie aksonometryczne .....	34
1.9 Widoki i przekroje .....	37
1.10 Wymiarowanie .....	48
1.10.1 Linie wymiarowe, znaki ich ograniczenia i liczby wymiarowe .....	49
1.10.2 Wymiarowanie średnic, łuków i promieni .....	52
1.10.3 Wymiarowanie kątów i elementów foremnych .....	55
1.10.4 Wymiarowanie ścięć, zakończeń wałków i przejść .....	58
1.10.5 Wymiarowanie powtarzających się elementów i zarysów krzywoliniowych .....	59
1.10.6 Ogólne zasady wymiarowania .....	61
1.11 Uproszczenia rysunkowe .....	66
1.11.1 Uproszczenia połączeń nierozłącznych .....	66
1.11.2 Uproszczenia połączeń rozłącznych .....	70
1.12 Rysunek wykonawczy .....	83
1.13 Rysunek złożeniowy .....	90
1.14 Rysunki schematyczne .....	95
1.15 Wspomaganie projektowania CAD .....	98
1.16 Sprawdzenie wiadomości .....	100
<b>2 Materiały konstrukcyjne</b> .....	101
2.1 Właściwości metali i ich stopów .....	101
2.2 Metale żelazne i ich stopy .....	106
2.2.1 Klasyfikacja i otrzymywanie stopów żelaza z węglem .....	106
2.2.2 Stale .....	107
2.2.3 Staliwa .....	115
2.2.4 Żeliwa .....	117
2.3 Metale nieżelazne i ich stopy .....	120
2.3.1 Klasyfikacja i ogólna charakterystyka stopów metali nieżelaznych .....	120
2.3.2 Aluminium i jego stopy .....	121
2.3.3 Miedź i jej stopy .....	124
2.3.4 Cynk i jego stopy .....	126
2.3.5 Magnez i jego stopy .....	127
2.3.6 Nikiel i jego stopy .....	128
2.3.7 Wolfram i jego stopy .....	129
2.3.8 Tytan i jego stopy .....	129

2.4	Obróbka cieplna	129
2.5	Obróbka cieplno-chemiczna	136
2.6	Materiały metalowe w pojazdach samochodowych	138
2.7	Materiały niemetalowe	141
2.7.1	Klasyfikacja i charakterystyka wybranych materiałów niemetalowych	141
2.7.2	Materiały niemetalowe w pojazdach samochodowych	147
2.8	Korozja i ochrona przed korozją	149
2.8.1	Korozja i jej rodzaje	149
2.8.2	Ochrona przed korozją	151
2.9	Sprawdzenie wiadomości	154
<b>3</b>	<b>Pomiary warsztatowe</b>	<b>156</b>
3.1	Rodzaje pomiarów warsztatowych. Błędy pomiarów	156
3.1.1	Metody pomiarowe	156
3.1.2	Błędy pomiarowe	157
3.1.3	Niepewność pomiaru	158
3.1.4	Zapis wyników pomiaru	160
3.2	Klasyfikacja narzędzi pomiarowych	161
3.3	Wzorce miary	161
3.4	Przyrządy pomiarowe	166
3.4.1	Przymiar kreskowy	166
3.4.2	Suwmiarka	166
3.4.3	Przyrządy mikrometryczne	169
3.4.4	Czujniki zegarowe	173
3.4.5	Kątomierz uniwersalny	174
3.4.6	Przyrządy pomiarowe z odczytem cyfrowym	175
3.4.7	Inne urządzenia pomiarowe używane do pomiarów związanych z pojazdami samochodowymi	177
3.5	Sprawdzenie wiadomości	178
<b>4</b>	<b>Tolerancje i pasowania</b>	<b>180</b>
4.1	Podstawowe pojęcia i określenia	180
4.2	Rodzaje tolerancji	182
4.3	Pasowania	185
4.4	Tolerowanie kształtu, kierunku, położenia i bicia	191
4.5	Geometryczna struktura powierzchni (GSP)	194
4.6	Sprawdzenie wiadomości	199
<b>5</b>	<b>Podstawy mechaniki technicznej</b>	<b>201</b>
5.1	Podstawowe wiadomości o siłach	201
5.1.1	Podział sił	202
5.1.2	Więzy i reakcje więzów	203
5.1.3	Uwalnianie ciała od więzów	205
5.1.4	Rozkładanie siły na dwie składowe	205
5.1.5	Rzuty sił na osie układu współrzędnych	206
5.2	Układy sił	208
5.3	Płaski oraz przestrzenny układ sił zbieżnych	208
5.3.1	Płaski układ sił zbieżnych	209
5.3.2	Wykreślny sposób składania sił zbieżnych w płaskim układzie sił	209
5.3.3	Analityczny sposób składania sił zbieżnych w płaskim układzie sił	210

5.3.4	Analityczny sposób składania sił zbieżnych w przestrzennym układzie sił .....	211
5.3.5	Warunki równowagi płaskiego układu sił zbieżnych .....	212
5.3.6	Analityczne warunki równowagi płaskiego układu sił zbieżnych. Wyznaczanie reakcji .....	212
5.3.7	Wykreślny warunek równowagi płaskiego układu sił zbieżnych .....	214
5.3.8	Warunki równowagi przestrzennego układu sił zbieżnych .....	215
5.4	Dowolny płaski układ sił .....	215
5.4.1	Wykreślne składanie dowolnego płaskiego układu sił .....	215
5.4.2	Analityczne składanie dowolnego płaskiego układu sił .....	218
5.4.3	Analityczne warunki równowagi dowolnego płaskiego układu sił. Wyznaczanie reakcji .....	219
5.4.4	Wykreślne warunki równowagi dowolnego płaskiego układu sił .....	220
5.5	Moment siły względem punktu i jego wyznaczanie .....	222
5.5.1	Moment główny układu sił .....	223
5.5.2	Para sił i jej właściwości .....	224
5.6	Środek ciężkości ciała .....	225
5.7	Tarcie .....	228
5.8	Klasyfikacja i ogólna charakterystyka ruchu ciała .....	232
5.8.1	Ruch prostoliniowy jednostajny .....	233
5.8.2	Ruch prostoliniowy zmienny .....	233
5.8.3	Ruch krzywoliniowy .....	235
5.8.4	Ruch jednostajny po okręgu .....	235
5.8.5	Ruch obrotowy jednostajny ciała sztywnego dookoła stałej osi .....	237
5.9	Zasady dynamiki .....	238
5.10	Drgania swobodne i wymuszone. Rezonans drgań .....	240
5.11	Sprawdzenie wiadomości .....	244
<b>6</b>	<b>Podstawy wytrzymałości materiałów .....</b>	<b>246</b>
6.1	Odkształcenia i obciążenia .....	246
6.2	Naprężenia .....	248
6.3	Rozciąganie i ściskanie .....	249
6.3.1	Podstawowe pojęcia dotyczące rozciągania i ściskania. Prawo Hooke'a .....	249
6.3.2	Próba rozciągania .....	254
6.3.3	Próba ściskania .....	257
6.4	Naprężenia dopuszczalne .....	260
6.5	Naprężenia rzeczywiste .....	262
6.6	Naprężenia stykowe .....	263
6.7	Śpiętrzenie naprężeń .....	265
6.8	Naprężenia zastępcze w złożonym stanie naprężeń .....	266
6.9	Naprężenia jednoosiowe i dwukierunkowe .....	267
6.10	Naprężenia termiczne .....	268
6.11	Obliczanie elementów konstrukcyjnych narażonych na rozciąganie i ściskanie .....	269
6.12	Ścinanie .....	273
6.12.1	Czyste ścinanie .....	273
6.12.2	Ścinanie technologiczne .....	274
6.13	Obliczenia wytrzymałościowe na ścinanie .....	275
6.14	Zginanie .....	278
6.14.1	Podstawowe pojęcia związane ze zginaniem .....	278
6.14.2	Moment gnący i siła tnąca .....	279
6.14.3	Analityczny sposób wyznaczania momentów gnących i sił tnących w belce obciążonej siłami skupionymi .....	281

6.14.4	Wykreślny sposób wyznaczania momentów gnących w belce obciążonej siłami skupionymi .....	286
6.14.5	Analityczny sposób wyznaczania momentów gnących w belce z obciążeniem ciągłym .....	287
6.14.6	Naprężenia i odkształcenia przy zginaniu .....	292
6.14.7	Czyste zginanie .....	293
6.14.8	Wskaźnik wytrzymałości przekroju na zginanie .....	293
6.14.9	Obliczanie belek na zginanie .....	295
6.14.10	Linia ugięcia i strzałka ugięcia .....	297
6.15	Skęcianie .....	298
6.15.1	Wskaźnik wytrzymałości przekroju na skęcianie .....	299
6.15.2	Obliczanie elementów na skęcianie .....	300
6.15.3	Warunek sztywności pręta skręcanego .....	303
6.16	Wytrzymałość zmęczeniowa – obciążenia i naprężenia zmienne .....	303
6.17	Obliczanie elementów poddanych jednoczesnemu zginaniu i skręcaniu – wytrzymałość złożona .....	305
6.18	Sprawdzenie wiadomości .....	307
<b>7</b>	<b>Techniki wytwarzania</b> .....	<b>309</b>
7.1	Klasyfikacja technik wytwarzania .....	309
7.2	Odlewanie .....	310
7.2.1	Wiadomości wstępne .....	310
7.2.2	Klasyfikacja metod odlewania .....	311
7.2.3	Proces odlewania .....	311
7.2.4	Specjalne metody odlewania .....	314
7.3	Obróbka plastyczna .....	315
7.3.1	Klasyfikacja i rodzaje obróbki plastycznej .....	315
7.3.2	Kucie .....	317
7.3.3	Walcowanie .....	318
7.3.4	Tłoczenie .....	318
7.3.5	Ciągnięcie .....	319
7.4	Prace ślusarskie .....	319
7.5	Maszynowa obróbka skrawaniem .....	328
7.5.1	Rodzaje i charakterystyka .....	328
7.5.2	Obrabiarki skrawające .....	330
7.5.3	Narzędzia .....	334
7.6	Wykańczająca obróbka powierzchni .....	337
7.7	Maszyny i narzędzia do wytwarzania części pojazdów samochodowych .....	339
7.8	Montaż .....	340
7.8.1	Wiadomości wstępne .....	340
7.8.2	Dokumentacja technologiczna montażu .....	343
7.9	Przepisy bhp podczas wytwarzania części maszyn .....	345
7.10	Sprawdzenie wiadomości .....	346
<b>8</b>	<b>Części maszyn</b> .....	<b>347</b>
8.1	Klasyfikacja i charakterystyka części maszyn .....	347
8.2	Normalizacja części maszyn .....	348
8.3	Zasady konstruowania i obliczania wytrzymałości części maszyn .....	349
8.4	Połączenia nierozłączne .....	356
8.4.1	Podział połączeń nierozłącznych .....	356
8.4.2	Połączenia nitowe .....	357

8.4.3	Połączenia spawane .....	363
8.4.4	Połączenia zgrzewane i lutowane .....	370
8.4.5	Połączenia klejone .....	375
8.4.6	Połączenia wciskowe .....	377
8.4.7	Oznaczenie połączeń nierozłącznych na rysunkach technicznych .....	382
8.4.8	Połączenia nierozłączne w pojazdach samochodowych .....	386
8.5	Połączenia rozłączne .....	390
8.5.1	Podział połączeń rozłącznych .....	390
8.5.2	Połączenia wpustowe .....	390
8.5.3	Połączenia wielowypustowe .....	394
8.5.4	Połączenia wielokarbowe .....	397
8.5.5	Połączenia kołkowe i sworzniowe .....	398
8.5.6	Połączenia klinowe .....	405
8.5.7	Połączenia gwintowe .....	407
8.5.8	Oznaczenie połączeń rozłącznych na rysunkach technicznych .....	423
8.5.9	Połączenia rozłączne w pojazdach samochodowych .....	426
8.6	Połączenia i elementy podatne .....	431
8.6.1	Klasyfikacja i charakterystyka połączeń podatnych .....	431
8.6.2	Materiały stosowane na elementy podatne .....	433
8.6.3	Obliczanie sprężyn .....	433
8.6.4	Oznaczenie sprężyn na rysunkach technicznych .....	439
8.7	Osie i wały .....	440
8.7.1	Ogólna charakterystyka osi i wałów .....	440
8.7.2	Materiały stosowane na osie i wały .....	442
8.7.3	Obliczanie oraz konstruowanie osi i wałów .....	442
8.7.4	Oznaczenie osi i wałów na rysunkach technicznych .....	448
8.8	Łożyskowanie .....	449
8.8.1	Klasyfikacja łożysk .....	449
8.8.2	Materiały stosowane na łożyska .....	453
8.8.3	Obliczanie i dobór łożysk .....	454
8.8.4	Oznaczenie łożysk na rysunkach technicznych .....	458
8.9	Przekładnie zębate .....	460
8.9.1	Wiadomości wstępne .....	460
8.9.2	Klasyfikacja i charakterystyka przekładni zębatych .....	460
8.9.3	Materiały stosowane na koła zębate .....	462
8.9.4	Metody wytwarzania kół zębatych .....	462
8.9.5	Przekładnie walcowe o zębach prostych .....	464
8.9.6	Przekładnie walcowe o zębach skośnych i daszkowych .....	471
8.9.7	Przekładnie stożkowe .....	474
8.9.8	Przekładnie zębate śrubowe .....	477
8.9.9	Przekładnie ślimakowe .....	478
8.9.10	Przekładnie obiegowe i specjalne .....	482
8.9.11	Oznaczenie przekładni zębatych na rysunkach technicznych .....	485
8.9.12	Przekładnie zębate w pojazdach samochodowych .....	487
8.10	Przekładnie cierne .....	488
8.10.1	Klasyfikacja i charakterystyka przekładni ciernych .....	488
8.10.2	Zastosowanie przekładni ciernych .....	489
8.10.3	Oznaczenie przekładni ciernych na rysunkach technicznych .....	490
8.11	Przekładnie cięgnowe .....	490
8.11.1	Klasyfikacja i charakterystyka przekładni cięgnowych .....	490
8.11.2	Zastosowanie przekładni cięgnowych .....	492
8.11.3	Oznaczenie przekładni cięgnowych na rysunkach technicznych .....	495

8.12	Sprzęgła .....	498
8.12.1	Charakterystyka i rodzaje sprzęgieł .....	498
8.12.2	Dobór i obliczanie sprzęgieł .....	503
8.13	Hamulce .....	507
8.13.1	Charakterystyka i rodzaje hamulców .....	507
8.13.2	Dobór i obliczanie hamulców .....	509
8.14	Zastosowanie programów wspomagających projektowanie do obliczania i konstruowania części maszyn .....	510
8.15	Sprawdzenie wiadomości .....	513
<b>9</b>	<b>Podstawy maszynoznawstwa .....</b>	<b>515</b>
9.1	Klasyfikacja i ogólna charakterystyka maszyn .....	515
9.2	Energia, jej rodzaje i źródła .....	517
9.2.1	Rodzaje, znaczenie i zasoby energii .....	517
9.2.2	Odnawialne źródła energii .....	517
9.2.3	Ogniwa paliwowe .....	522
9.2.4	Biopaliwa .....	524
9.3	Maszyny hydrauliczne .....	524
9.3.1	Podstawy hydromechaniki .....	524
9.3.2	Klasyfikacja maszyn hydraulicznych .....	526
9.3.3	Silniki wodne i ich zastosowanie .....	529
9.3.4	Klasyfikacja pomp .....	532
9.3.5	Pompy wirowe i wyporowe .....	532
9.3.6	Charakterystyka napędów hydrostatycznych i hydrokinetycznych .....	535
9.3.7	Pompy i napędy hydrauliczne w pojazdach samochodowych .....	541
9.4	Maszyny cieplne .....	545
9.4.1	Podstawowe właściwości gazów .....	545
9.4.2	Pierwsza zasada termodynamiki .....	546
9.4.3	Przemiany gazów doskonałych .....	547
9.4.4	Druga zasada termodynamiki .....	550
9.4.5	Przemiany energetyczne w maszynach .....	552
9.4.6	Zasady wymiany ciepła .....	552
9.4.7	Turbiny parowe .....	554
9.4.8	Klasyfikacja silników spalinowych .....	555
9.4.9	Odrzutowe silniki przepływowe .....	560
9.4.10	Silniki raketowe .....	560
9.5	Elektrownie jądrowe .....	562
9.6	Sprężarki .....	563
9.6.1	Ogólna charakterystyka sprężarek .....	563
9.6.2	Klasyfikacja sprężarek .....	564
9.6.3	Sprężarki wyporowe i przepływowe .....	564
9.7	Napędy pneumatyczne i pneumatyczno-hydrauliczne .....	568
9.8	Urządzenia chłodnicze .....	573
9.9	Maszyny i środki transportowe .....	575
9.10	Automatyzacja transportu wewnętrznego .....	577
9.11	Przepisy bhp podczas obsługi maszyn i urządzeń .....	591
9.12	Sprawdzenie wiadomości .....	594
	<b>Literatura .....</b>	<b>596</b>
	<b>Wykaz norm .....</b>	<b>597</b>



Współczesne pojazdy samochodowe są tak skomplikowane, że bez dysponowania odpowiednim zasobem fachowej wiedzy i doświadczeniem oraz właściwym wyposażeniem nie można ich prawidłowo diagnozować, obsługiwać ani naprawiać. Do zrozumienia zasad budowy i działania poszczególnych zespołów i podzespołów pojazdów samochodowych niezbędna jest z kolei rzetelna wiedza z zakresu technicznych podstaw zawodu. Bez znajomości zasad rysunku technicznego, właściwości materiałów konstrukcyjnych, sposobu przeprowadzania pomiarów warsztatowych, zasad doboru tolerancji i pasowań, podstaw mechaniki technicznej, wytrzymałości materiałów i technik wytwarzania oraz części maszyn i maszynoznawstwa, czyli swoistego technicznego abecadła, nie będzie możliwe wykonywanie przyszłych zadań zawodowych.

Niniejszy podręcznik jest przeznaczony dla uczniów kształcących się wg nowej podstawy programowej z 2017 roku w zawodach technika pojazdów samochodowych i mechanika pojazdów samochodowych oraz uczestników kursów zawodowych w zakresie kwalifikacji *MG.18. Diagnozowanie i naprawa podzespołów i zespołów pojazdów samochodowych*. Umożliwia on zdobycie niezbędnego minimum ogólnej wiedzy zawodowej w zakresie mechaniki, tworzącej techniczną podstawę do zgłębiania tajników specjalistycznej wiedzy samochodowej. Treść tego podręcznika umożliwia osiągnięcie umiejętności stanowiących podbudowę do kształcenia w ww. zawodach – w podstawie programowej grupa efektów kształcenia oznaczona kodem PKZ(MG.a), zgodnie z którymi uczeń ma:

- przestrzegać zasad sporządzania rysunku technicznego maszynowego;
- sporządzać szkice części maszyn;
- sporządzać rysunki techniczne z wykorzystaniem technik komputerowych;
- rozróżniać części maszyn i urządzeń;
- rozróżniać rodzaje połączeń;
- przestrzegać zasad tolerancji i pasowań;
- rozróżniać materiały konstrukcyjne i eksploatacyjne;
- rozróżniać środki transportu wewnętrznego;
- dobierać sposoby transportu i składowania materiałów;
- rozpoznawać rodzaje korozji oraz określać sposoby ochrony przed korozją;
- rozróżniać techniki i metody wytwarzania części maszyn i urządzeń;
- rozróżniać maszyny, urządzenia i narzędzia do obróbki ręcznej i maszynowej;
- rozróżniać przyrządy pomiarowe stosowane podczas obróbki ręcznej i maszynowej;
- wykonywać pomiary warsztatowe;
- rozróżniać metody kontroli jakości wykonanych prac;
- określać budowę oraz przestrzegać zasad działania maszyn i urządzeń;
- posługiwać się dokumentacją techniczną maszyn i urządzeń oraz przestrzegać norm dotyczących rysunku technicznego, części maszyn, materiałów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych;
- stosować programy komputerowe wspomagające wykonywanie zadań.

Dodatkowo, uczeń kształcący się w zawodzie technika pojazdów samochodowych – w podstawie programowej grupa efektów kształcenia oznaczona kodem PKZ(MG.b) – ma:

- stosować prawa i przestrzegać zasad mechaniki technicznej, elektrotechniki, elektroniki i automatyki;
- dobierać narzędzia i przyrządy pomiarowe do montażu i demontażu maszyn i urządzeń;
- wykonywać prace z zakresu obróbki ręcznej i maszynowej metali.

**Zgodnie z podanym rozszerzeniem podstawy programowej o dodatkowe efekty kształcenia dla zawodu technika pojazdów samochodowych w niniejszym podręczniku treści nauczania wymagane od technika pojazdów samochodowych podano na cytrynowym tle.**

**Natomiast treści wspólne dla technika i mechanika pojazdów samochodowych (oraz uczestników kwalifikacyjnych kursów zawodowych) wydrukowano na białym tle.**

W odniesieniu do mechanika pojazdów samochodowych teksty wydrukowane na cytrynowym tle mogą stanowić materiał rozszerzający, przeznaczony dla zdolnych uczniów branżowych szkół I stopnia pragnących pogłębić swą wiedzę fachową.

W podręczniku najważniejsze pojęcia wyróżniono w tekście pogrubioną czcionką. W treści zamieszczono wiele przykładów obliczeniowych, które pomagają w zrozumieniu opisywanych zagadnień. Na końcu każdego rozdziału podano pytania kontrolne i polecenia, a w wielu przypadkach także zadania i ćwiczenia do samodzielnego rozwiązania. Całość bogato zilustrowano, starając się akcentować wiedzę praktyczną oraz podając liczne przykłady z zakresu budowy pojazdów samochodowych.

# Podstawy rysunku technicznego

## W tym rozdziale dowiemy się:

- na czym polega normalizacja rysunków technicznych,
- jakie rodzaje rysunków technicznych wykorzystuje się w praktyce,
- jakich rozmiarów arkuszy rysunkowych się używa,
- jak stosować różne rodzaje linii rysunkowych,
- na czym polegają różnice między poszczególnymi rodzajami rzutowania,
- jak rysować przedmioty w rzutach prostokątnych i aksonometrycznych,
- jakie rodzaje widoków i przekrojów wykorzystuje się na rysunkach,
- jak wymiarować rysowane przedmioty,
- na czym polega komputerowe wspomaganie projektowania CAD,
- do czego służą programy CAE i CAM.

## Rysunek techniczny językiem ludzi techniki

### 1.1

Rysunek techniczny jest podstawowym sposobem przekazu informacji dotyczących osiągnięć cywilizacyjnych człowieka w wielu dziedzinach techniki. Posługują się nim ludzie na całym świecie. Trudno byłoby znaleźć lepszą, dokładniejszą i bardziej zwięzłą metodę przekazu szczegółów z zakresu budowy, schematu czy zasady działania wybranego obiektu technicznego. Nie sposób nawet wyobrazić sobie, jak skomplikowany musiałby być opis zastępujący ten prosty obraz graficzny.

Początki współczesnego rysunku technicznego sięgają epoki rozwoju wielkiego przemysłu, czyli XVIII wieku. Obecnie, w czasach dynamicznego rozwoju techniki rysunek stał się tak powszechny, że znajomość zasad zapisu konstrukcji, szczególnie dla ludzi związanych z techniką, jest nieodzowna. W niniejszym rozdziale podano podstawowe zasady rysunku technicznego.

## Normalizacja rysunków technicznych

### 1.1.1

Zasady i reguły stosowane do przekazu informacji zostały ujednolicone i ujęte w normy. W Polsce regulują je Polskie Normy (PN) opracowane przez Polski Komitet Normalizacyjny (PKN) współpracujący z Międzynarodową Organizacją Normalizacyjną (ISO).

Omawiane zasady muszą być stosowane i przestrzegane przez wszystkie kraje, bowiem wymusza je coraz powszechniejsza międzynarodowa współpraca w zakresie wymiany

POLSKI KOMITET NORMALIZACYJNY	<b>POLSKA NORMA</b>	<b>PN-EN ISO 3098-0</b>
	<b>Dokumentacja techniczna wyrobu</b>  <b>Pismo</b>  <b>Część 0: Zasady ogólne</b>	<b>Zamiast:</b> <b>PN-80/N-01606</b>
		<b>ICS 01.100.01</b>

**Rys. 1.1** Przykład tabeli umieszczonej na początku Polskiej Normy

myśli naukowo-technicznej, a także w procesach wytwarzania nowych konstrukcji. Brak tego rodzaju obowiązujących reguł, dotyczących umownych znaków, skrótów, sposobu przedstawienia przedmiotu na rysunku, określenia wymiarów i innych uproszczeń, prowadziłyby do nieporozumień i zdecydowanie utrudniały, a nawet uniemożliwiały współdziałanie ludzi techniki na świecie.

Dlatego muszą być ustalone normy, czyli ogólnie przyjęte zasady, reguły, przepisy, wzory i sposoby postępowania w określonych dziedzinach. Tym zadaniom służy normalizacja, polegająca na opracowywaniu i wprowadzaniu w życie norm. W normach dotyczących rysunku technicznego są zawarte szczegółowe przepisy związane z wykonaniem rysunku, m.in. rozmiary arkuszy, rodzaje linii, sposób podawania wymiarów, opis rysunku itd.

Każda z norm ma określone numer i nazwę podane w tabeli (główce) na początku tego dokumentu (rys. 1.1).

## 1.1.2 Rodzaje rysunków

W zależności od przeznaczenia istnieje wiele rodzajów i odmian znormalizowanego rysunku technicznego. W niniejszym rozdziale zostaną opisane tylko najważniejsze z nich, najczęściej spotykane w praktyce warsztatowej.

**Rysunek wykonawczy** jest to rysunek wiernie odwzorowujący kształt i wymiary przedmiotu. Zawiera wszystkie nieodzowne informacje dotyczące wytworzenia przedmiotu, a więc odpowiednie rzuty, przekroje, wymiary, dokładności wykonania wymiarów i powierzchni, tolerancje kształtu i położenia, informacje dotyczące rodzaju materiału, jego masy, obróbki cieplnej. Jest opatrzony tabelką z numerem rysunku zgodnym z numerem części na rysunku zestawieniowym oraz wielkością podziałki. Stanowi podstawę do wykonania detalu w procesie produkcyjnym oraz, ewentualnie, późniejszego odtworzenia elementu, jeżeli oryginał uległby zniszczeniu.

**Rysunek złożeniowy** to obraz całości urządzenia, maszyny lub zespołu z wyszczególnieniem wszystkich elementów wchodzących w jego skład. Są na nim tylko wymiary podstawowe, najczęściej gabarytowe. Może mieścić się na jednym bądź wielu arkuszach i przedstawiać widoki, przekroje oraz detale. Wykaz części musi być czytelny i zawie-

rać informacje o numerach rysunków wykonawczych, a przy opisie typowego elementu odsyłać do odpowiedniej normy bądź katalogu. Na jego podstawie można poznać sposób łączenia i działania całego zespołu.

**Rysunek szczegółu** przedstawia najczęściej w powiększeniu jakiś element konstrukcji i zawiera specyficzne informacje dotyczące kształtu oraz konstrukcji albo montażu i połączeń.

**Rysunek połączenia** zawiera informacje niezbędne do złożenia i dopasowania dwóch części, odnoszące się np. do ich wymiarów, ewentualnych ograniczeń kształtu oraz wymagań dotyczących eksploatacji i prób.

**Wykaz części** przedstawia kompletną listę pozycji tworzących zespół (albo podzespół) lub poszczególnych części przedstawionych na rysunku.

**Rysunek części** prezentuje pojedynczą część (której nie można rozłożyć na mniejsze części) i zawiera wszystkie informacje opisujące tę część.

**Rysunek podzespołu** jest rodzajem rysunku złożeniowego przedstawiającym tylko ograniczoną liczbę grup części.

**Rysunek odmian wykonania** przedstawia części o podobnym kształcie, ale o odmiennych parametrach.

**Rysunek schematyczny** to rysunek obrazujący zasadę działania urządzenia przedstawionego w dużym uproszczeniu. Zamiast widoków elementów są stosowane symbole graficzne. Najczęściej spotykane rysunki tego rodzaju to schematy kinematyczne, elektryczne i elektroniczne oraz blokowe.

**Szkic** jest to rysunek wykonany odręcznie, bez konieczności zachowania podziałki, lecz z uwzględnieniem proporcji przedmiotu.

## Arkusze rysunkowe

## 1.2

W rysunku technicznym maszynowym stosuje się podstawowe (standardowe) – od A4 do A0 (tabl. 1-1) – oraz pochodne (czyli krotność podstawowych) formaty arkuszy.

W wymiarach formatów podstawowych obowiązują poniższe zależności:

- pole powierzchni formatu A0 wynosi  $1 \text{ m}^2$ ,
- stosunek długości boków formatów podstawowych wynosi  $\sqrt{2}$ ,

**Tabl. 1-1** Podstawowe formaty arkuszy rysunkowych

Format	Wymiary arkusza (mm)
A0	841 × 1189
A1	594 × 841
A2	420 × 594
A3	297 × 420
A4	210 × 297

Tabl. 1-2 Pochodne formaty arkuszy rysunkowych

Krotność formatu	Wymiary (wysokość x szerokość w mm)				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189 × 1682				
3	1189 × 2523	841 × 1783	594 × 1261	420 × 891	297 × 630
4		841 × 2378	594 × 1682	420 × 1189	297 × 841
5			594 × 2102	420 × 1486	297 × 1051
6				420 × 1783	297 × 1261
7				420 × 2080	297 × 1471

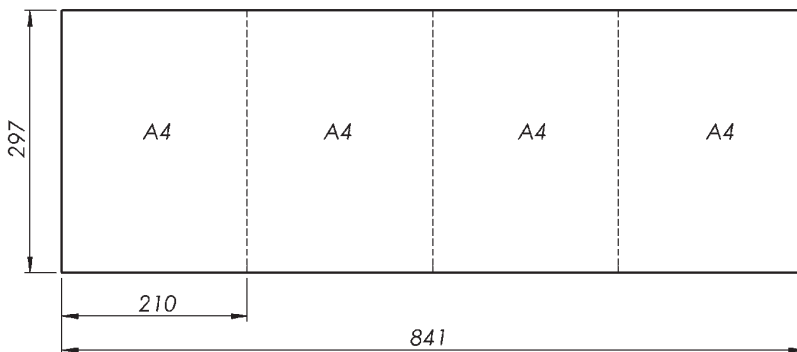
- format o jeden stopień wyższy ma dwukrotnie mniejsze pole powierzchni od formatu niższego (np. A4 jest powierzchniowo dwukrotnie mniejszy niż A3).

Wielkość arkusza rysunkowego dobiera się stosownie do wielkości przedmiotu. W niektórych przypadkach potrzebne są formaty o innych proporcjach. Powstają one jako złożenie kilku jednakowych formatów podstawowych. Przykłady złożenia formatów podstawowych – czyli formatów pochodnych – podano w tablicy 1-2.

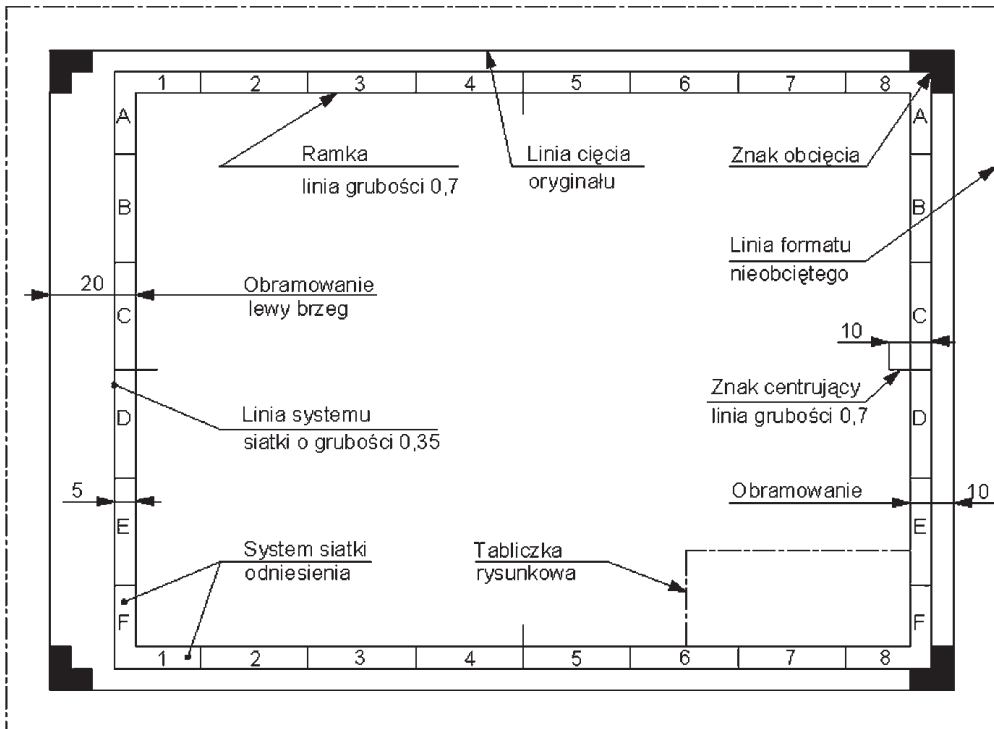
Na rysunku 1.2 pokazano przykład złożenia czterech arkuszy formatu A4 w poziomie w celu umożliwienia narysowania długiego, nietypowego przedmiotu.

Dzięki ujednoczeniu wymiarów arkuszy łatwiejsze staje się przechowywanie rysunków, bowiem w wyniku powielenia formatu A4 dokumentacja techniczna zachowuje standardowe rozmiary. Przez odpowiednie składanie i określony opis rysunku można uzyskać możliwość szybkiego dotarcia do potrzebnej informacji.

Każdy arkusz powinien być zaopatrzony w tabliczkę rysunkową, która zgodnie z wymaganiami normalizacyjnymi ma być usytuowana w prawym dolnym rogu arkusza rysunkowego. Dzięki niej łatwiej jest odnaleźć interesujący nas element. Najważniejsze informacje zawarte w tabliczce rysunkowej to: nazwa rysunku lub detalu, nazwa lub znak zakładu, rodzaj materiału, masa, numer rysunku oraz podziałka. W celu łatwiejszego zlokalizowania poszczególnych detali stosuje się system siatki odniesienia (czyli podział pola rysunkowego na strefy) podobny do stosowanego na mapach kartograficznych (rys. 1.3).



Rys. 1.2 Poziome złożenie czterech arkuszy formatu A4 (wymiary w mm)



Rys. 1.3 Elementy graficzne arkusza rysunkowego (wymiały w mm)

Zgodnie z PN poszczególne formaty rysunkowe zawierają różne ilości znaków w siatce odniesienia według zasady podziałki na pola o długości 50 mm od góry ku dołowi oraz od strony lewej do prawej. Współrzędne poszczególnych stref należy oznaczać w kierunku pionowym kolejnymi literami alfabetu, a w kierunku poziomym liczbami arabskimi. Na formacie A4 litery i cyfry powinny być umieszczone tylko u góry i na prawym boku obramowania. Wysokość liter i cyfr powinna wynosić 3,5 mm.

## Podziałki

## 1.3

**Podziałka** stanowi stosunek wielkości liniowych przedstawionych na rysunku do odpowiadających im rzeczywistych wielkości liniowych. Podziałkę podaje się zawsze w tabliczce rysunkowej. Podziałki rysunkowe znormalizowano (wartości podziałek podano w tablicy 1-3).





W razie potrzeby zalecany szereg podziałek można rozszerzyć, mnożąc przez całkowite wielokrotności liczby 10 w obie strony. Podziałkę należy dobierać tak, aby przedstawiony rysunek obiektu był czytelny. Jeśli na rysunku przedstawia się przedmiot w dużym powiększeniu, zaleca się do niego dołączyć rzut tego przedmiotu w podziałce naturalnej, który może być uproszczony i obrazować tylko zarys przedmiotu.





z podanych rodzajów linii może być stosowany w czterech odmianach graficznych: falistej, spiralnej, zygzakowej i odręcznej (przykłady odmian graficznych linii ciągłej podano w tablicy 1-5).

**Tabl. 1-5** Odmiany graficzne linii ciągłej

<i>Falista</i>	<i>Spiralna</i>	<i>Zygzakowa</i>	<i>Odręczna</i>
			

Rozróżnia się trzy grubości linii, które mogą być stosowane równocześnie do wykonania jednego rysunku. Są nimi:

- linia gruba, o grubości  $g$ ,
- linia cienka, o grubości  $0,5g$ ,
- linia bardzo gruba, o grubości  $2g$ .

Najczęściej spotykane grubości linii używane do kreślenia rysunków są następujące: 0,13; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0 mm. Wartości są nieprzypadkowe i wynikają z szeregu geometrycznego, w którym stały jest iloraz  $1:\sqrt{2}$ . Spośród nich można odpowiednio dobrać grupy zestopniowanych grubości linii do kreślenia danego rysunku (tabl. 1-6).

**Tabl. 1-6** Przykłady zestopniowania grubości linii rysunkowych

Rodzaj linii	Grupy zestopniowanych grubości linii w mm			
Linia cienka	0,18	0,25	0,35	0,5
Linia gruba	0,35	0,5	0,7	1,0
Linia bardzo gruba	0,7	1,0	1,4	2,0

Uwaga: czcionką półgrubą wyróżniono grubości zalecane.

Wybór odpowiedniej grupy zastosowanych grubości linii zależy od wielkości rysunku, wielkości przedmiotu, zagęszczenia linii i przeznaczenia rysunku. Najczęściej wykorzystuje się jedną z dwóch zalecanych grup, w której linia cienka ma grubość 0,35 mm, a linia gruba 0,7 mm.

W rysunku technicznym maszynowym stosuje się następujące rodzaje linii:

- ciągłą,
- kreskową,
- z długą kreską i kropką,
- z długą kreską i dwiema kropkami.

W zależności od przeznaczenia wykorzystuje się dwie odmiany grubości linii – cienkie i grube.

Poszczególne elementy linii, np. kropki, kreski, przerwy, powinny mieć odpowiednią długość – wytyczne podano w tablicy 1-7.

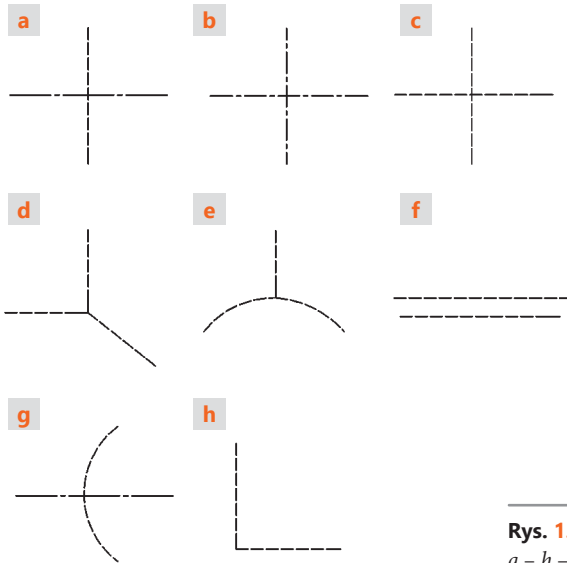
**Tabl. 1-7** Parametry dotyczące elementów linii

Element linii	Kropki	Przerwy	Kreski krótkie	Kreski	Kreski długie	Odstępy
Długość elementu	0,5g	3g	6g	12g	24g	18g
g – grubość linii wg szeregu: 0,13; 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0 mm						

Typowe zastosowania poszczególnych rodzajów linii w rysunku technicznym maszynowym przedstawiono w tabelicy 1-8.

**Tabl. 1-8** Zastosowanie poszczególnych linii w rysunku technicznym maszynowym

Nr linii	Rodzaj i odmiana linii	Podstawowe zastosowanie
01.1	Ciągła cienka	1. Linie wymiarowe 2. Pomocnicze linie wymiarowe 3. Linie wskazujące i odniesienia 4. Kreskowanie przekrojów 5. Linie przenikania 6. Zarysy kładów miejscowych 7. Dna bruzd gwintów 8. Przekątne do oznaczania powierzchni płaskich 9. Linie rzutowania 10. Linie siatki
	Ciągła cienka odręczna Ciągła cienka zygzakowa	11. Zakończenie cząstkowego lub przerywanego widoku, przekroju, kładu – głównie przy kreśleniu odręcznym 12. Zakończenie cząstkowego lub przerywanego widoku, przekroju, kładu – głównie przy kreśleniu ploterem
01.2	Ciągła gruba	1. Widoczne krawędzie i zarysy przedmiotów 2. Wierzchołki gwintów 3. Granica długości gwintu pełnego
02.1	Kreskowa cienka	1. Niewidoczne krawędzie przedmiotów 2. Niewidoczne zarysy
02.2	Kreskowa gruba	Oznaczenia dopuszczalnych obszarów obróbki powierzchniowej, np. obróbki cieplnej
04.1	Cienka z długą kreską i kropką	1. Linie symetrii 2. Okręgi podziałowe otworów 3. Okręgi podziałowe kół zębatych
04.2	Gruba z długą kreską i kropką	Oznaczenia wymaganych obszarów obróbki powierzchniowej, np. obróbki cieplnej
05.1	Cienka z długą kreską i dwiema kropkami	1. Skrajne położenia części ruchomych 2. Zarysy pierwotne części – przed kształtowaniem



**Rys. 1.4** Zasady rysowania linii nieciągłych  
a – h – przykłady zastosowania

Wszystkie **linie nieciągłe** należy rysować według następujących zasad:

- wymiary i odległości między poszczególnymi elementami linii powinny być jednakowe;
- linie należy zaczynać i kończyć kreskami (jeżeli występują);
- linie należy rysować tak, aby stykały się i przecinały na kreskach, a jeżeli nie ma kresek – na kropkach;
- odstępy między liniami równoległymi nie powinny być mniejsze niż 0,7 mm, a linie te powinny być przesunięte względem siebie.

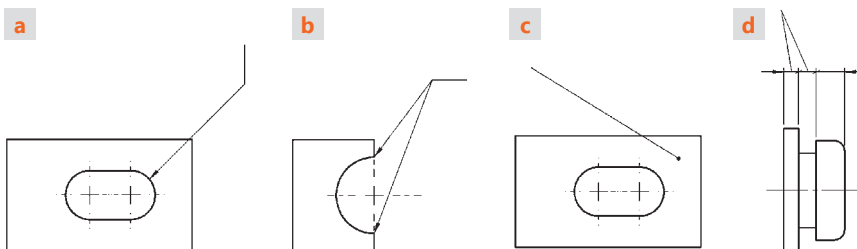
Kilka przykładów ilustrujących zasady rysowania linii nieciągłych pokazano na rysunku 1.4.

**Linie wskazujące i odniesienia** (rys. 1.5a) służą do jednoznacznego powiązania dodatkowych informacji technicznych z graficznym obrazem przedstawionym na rysunku.

Linie wskazujące należy rysować:

- jako ciągłe cienkie,
- pod kątem większym niż  $15^\circ$  do innych linii przedstawionego elementu graficznego,
- zakończone grotem, kropką lub bez zakończenia.

Zakończenie grotem stosuje się, gdy linia wskazująca kończy się na innych liniach zarysu lub krawędzi rysowanego obiektu (rys. 1.5b).



**Rys. 1.5** Linie wskazujące i odniesienia (a) oraz przykłady zastosowania linii wskazujących (b–d)

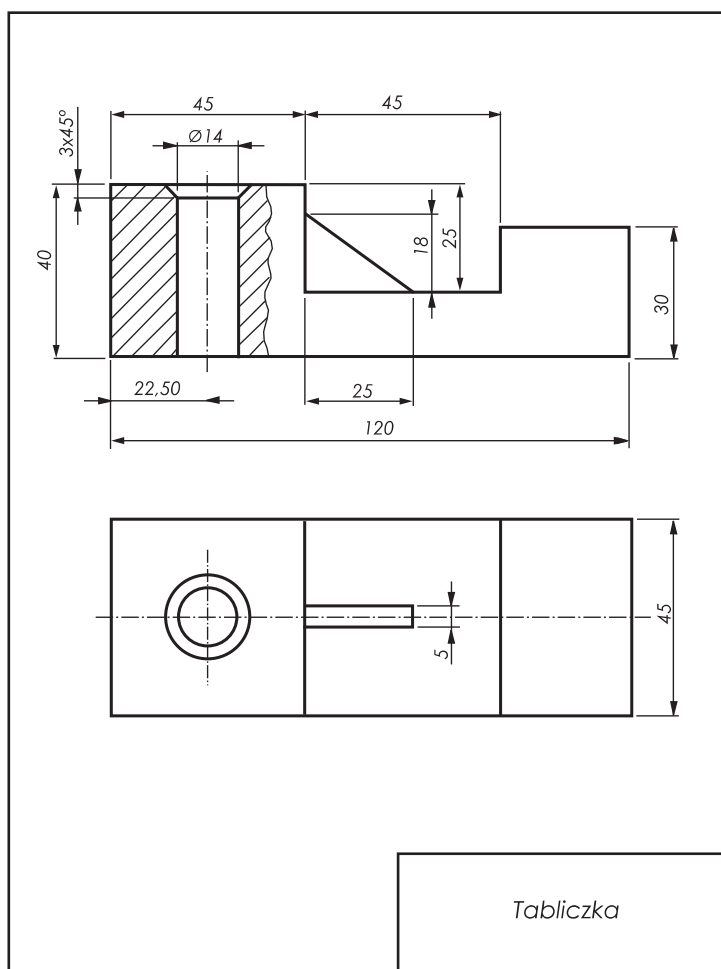
Zakończenie kropką (o średnicy równej 5 grubościom linii) stosuje się, gdy linia wskazująca kończy się wewnątrz zarysu przedmiotu (rys. 1.5c).

Linie wskazującą rysuje się bez żadnego zakończenia, gdy ta linia kończy się na innej linii (rys. 1.5d).

Linia odniesienia może być dodana do każdej linii wskazującej. Należy ją rysować jako ciągłą cienką w jednym z kierunków czytania rysunku (poziomo lub pionowo). Długość linii odniesienia zależy od długości umieszczonej nad nią informacji.

Na rysunku 1.6 zastosowano różne rodzaje linii zgodnie z ich przeznaczeniem.

1. Linia ciągłą grubą narysowano: zewnętrzny zarys przedmiotu oraz wszystkie widoczne krawędzie, a także obramowanie arkusza i zewnętrzny zarys tabliczki rysunkowej.
2. Linia ciągłą cienką – wszystkie linie wymiarowe główne i pomocnicze oraz kreskowanie przekroju.
3. Linia ciągłą cienką odrębną narysowano ograniczenie przekroju cząstkowego.
4. Linia cienka z długą kreską i kropką została zastosowana do osi symetrii.



**Rys. 1.6** Przykład zastosowania różnych linii rysunkowych

## Pismo techniczne

# 1.5

Rysunek techniczny, oprócz linii, zawiera także opisy słowne i cyfrowe wykonane za pomocą znormalizowanego pisma technicznego. W tradycyjnym rysunku technicznym stosuje się pismo znormalizowane proste lub pochyłe, dla którego są określone wszystkie wielkości charakterystyczne w odniesieniu do grubości linii pisma. Grubość linii zastosowanego pisma zależy przede wszystkim od wielkości arkusza rysunkowego. Rodzaje, zasady konstrukcji pisma, wzory liter, cyfr i znaków określono w odpowiednich normach.

Wysokość pisma  $h$  jest to wysokość wielkich liter, podana w mm. Zgodnie z PN stosuje się następujące wartości tego parametru: 1,8; 2,5; 3,5; 5,0; 7,0; 10,0; 14,0; 20,0 mm. Zaleca się, aby na formatach A4 i A3 stosować wysokość pisma w napisach głównych 7,0 lub 5,0 mm, a w napisach pomocniczych i podrzędnych 5,0; 3,5, a nawet 2,5 mm. W większości przypadków stosuje się pismo proste i pochyłe rodzaju A oraz B. Grubość linii pisma dla rodzaju A wynosi  $d_A = h/14$ , a dla rodzaju B  $d_B = h/10$ . Wielkości oraz wymiary charakterystyczne pisma rodzaju A zamieszczono w tablicy 1-9, natomiast pisma rodzaju B – w tablicy 1-10. Litery pisma rodzaju A są bardziej smukłe od liter pisma rodzaju B.

Pisma rodzaju A i B można stosować jako proste lub pochyłe, odchylone od pionu w prawą stronę, pod kątem  $15^\circ$  (patrz rys. 1.8a, b). Pochylenie liter tekstu stwarza wrażenie poruszania się ich w prawą stronę, co ułatwia i przyspiesza czytanie.

**Tabl. 1-9** Wielkości charakterystyczne pisma rodzaju A

Wielkości charakterystyczne (rys. 1.7)				Wymiary, mm						
Nazwa	Oznaczenie									
Wysokość pisma (wysokość wielkich liter oraz cyfr)	$h$	$(14/14)h$	$14d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Wysokość małych liter	$c$	$(10/14)h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Odstęp między literami i cyframi	$a^{1)}$	$(2/10)h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Minimalna podziałka wierszy (wysokość siatki pomocniczej)	$b$	$(22/14)h$	$22d$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Minimalny odstęp między wyrazami i liczbami	$e^{2)}$	$(6/14)h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Grubość linii pisma	$d$	$(1/14)h$	–	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4

<sup>1)</sup> Odstęp  $a$  między dwiema literami i cyframi, których sąsiednie linie nie są do siebie równoległe (np. KA, LV, H7), może być zmniejszony o połowę, tj. równy grubości  $d$  linii cyfr i liter.

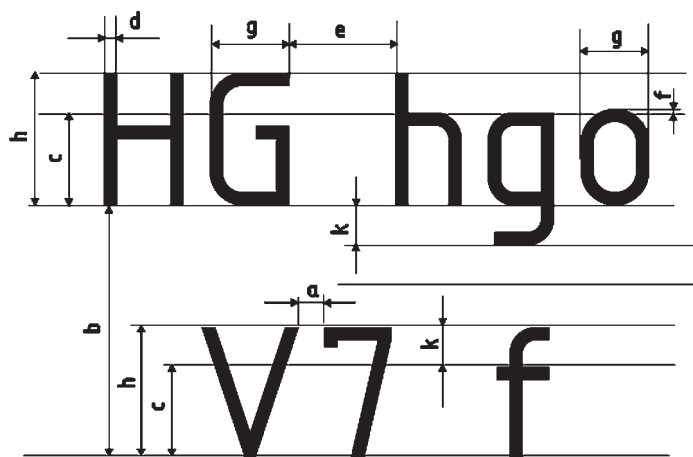
<sup>2)</sup> Dla wyrazów rozdzielonych znakiem interpunkcji minimalny odstęp  $e$  jest odległością między znakiem interpunkcji a następnym wyrazem.

Tabl. 1-10 | Wielkości charakterystyczne pisma rodzaju B

Wielkości charakterystyczne (rys. 1.7)				Wymiary, mm							
Nazwa	Oznaczenie										
Wysokość pisma (wysokość wielkich liter oraz cyfr)	$h$	$(10/10)h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Wysokość małych liter	$c$	$(7/10)h$	$7d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Odstęp między literami i cyframi	$a^{1)}$	$(2/10)h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Minimalna podziałka wierszy (wysokość siatki pomocniczej)	$b$	$(17/10)h$	$17d$	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Minimalny odstęp między wyrazami i liczbami	$e^{2)}$	$(6/10)h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Grubość linii pisma	$d$	$(1/10)h$	–	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

<sup>1)</sup> Odstęp  $a$  między dwiema literami i cyframi, których sąsiednie linie nie są do siebie równoległe (np. KA, LV, H7), może być zmniejszony o połowę, tj. równy grubości  $d$  linii cyfr i liter.

<sup>2)</sup> Dla wyrazów rozdzielonych znakiem interpunkcji minimalny odstęp  $e$  jest odległością między znakiem interpunkcji a następnym wyrazem.



Rys. 1.7 | Wielkości charakterystyczne pisma technicznego

**a** A A B C C' D E E' F G H I J K L Ł M N N' O O' P Q R S T  
 U V W X Y Z Z' a a b c c' d e e' f g h i j k l m n n'  
 o o' p q r s t u v w x y z z' 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
 I III IV V VIII IX V

*A A B C C' D E E' F G H I J K L Ł M N N' O O' P Q R S T  
 U V W X Y Z Z' a a b c c' d e e' f g h i j k l m n n'  
 o o' p q r s t u v w x y z z' 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
 I III IV V VIII IX V*

**b** A A B C C' D E E' F G H I J K L Ł M N N' O O' P Q R S T  
 U V W X Y Z Z' a a b c c' d e e' f g h i j k l m n n'  
 o o' p q r s t u v w x y z z' 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
 I III IV V VIII IX V

*A A B C C' D E E' F G H I J K L Ł M N N' O O' P Q R S T  
 U V W X Y Z Z' a a b c c' d e e' f g h i j k l m n n'  
 o o' p q r s t u v w x y z z' 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0  
 I III IV V VIII IX V*

**Rys. 1.8** | Kształty liter pisma technicznego prostego i pochylego  
 a – pismo rodzaju A, b – pismo rodzaju B

Jak wynika z rysunku, różnice pism rodzaju A i B dotyczą tylko proporcji liter. Litery rodzaju B przy tej samej wysokości są szersze. Kształt jest dokładnie taki sam. Konstrukcję pisma stosowanego w dokumentacji technicznej wykonywanej ze wspomaganiami komputerowym (CAD) również znormalizowano. Wymagania, wymiary oraz budowa każdej litery i znaku są jednak znacznie bardziej skomplikowane. Każdy znak jest określany za pomocą umownej siatki oddalanej od następnej w określony sposób. Ogólnie pismo CAD jest kształtem bardzo zbliżone do pisma stosowanego w procesie ręcznego opisu dokumentacji. Pismo rodzaju CA odpowiada pismu rodzaju A, natomiast pismo rodzaju CB odpowiada pismu rodzaju B. W opisach ręcznych i komputerowych pismo rodzajów B i CB jest uprzywilejowane.

Niestety, obecnie stosowane programy do grafiki komputerowej nie zawsze są dostosowane do wymogów PN. Dlatego, używając programu komputerowego, należy wybierać rodzaj pisma jak najbardziej zbliżony do wymaganego, opisanego w niniejszym rozdziale, by rysunek był czytelny.

## 1.6 Tabliczki rysunkowe

Każdy arkusz rysunkowy powinien zawierać w prawym dolnym rogu tabliczkę rysunkową, usytuowaną stycznie do linii obramowania. Na formacie arkusza A4 należy ją umieścić wzdłuż krótszego boku, a na innych formatach wzdłuż boku dłuższego. Długość tabliczki rysunkowej, bez względu na wielkość arkusza, powinna wynosić 180 mm.

Istnieje wiele rodzajów i odmian tabliczek rysunkowych różniących się między sobą kształtem i wielkością, liczbą oraz rozmieszczeniem zawartych w nich informacji. Różnice te wynikają ze specyfiki różnych branż i dziedzin techniki. Nie jest możliwe stworzenie jednej, uniwersalnej tabliczki rysunkowej. Można jedynie określić podstawowe wytyczne dotyczące przeciętnych wielkości umieszczonych wewnątrz typowej tabliczki. Wzór podstawowej tabliczki rysunkowej opracowanej na potrzeby szkolne przedstawiono na rysunku 1.9.

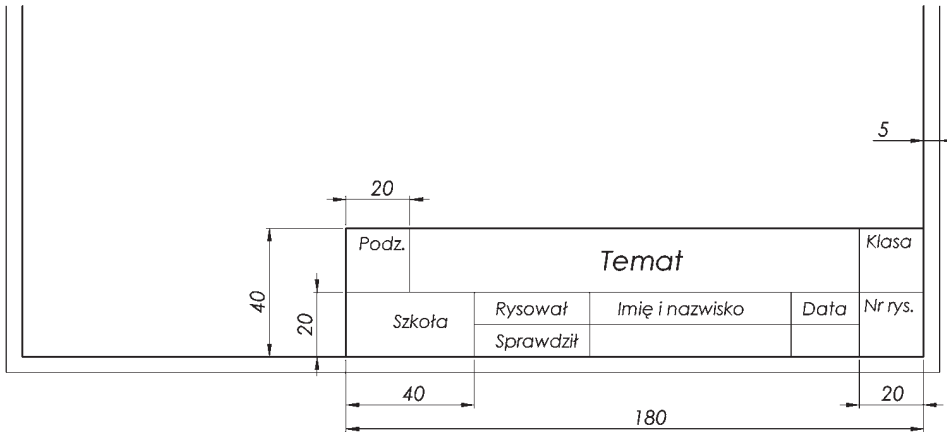
Tabliczka pokazana na rysunku 1.9 może być używana w rysunkach ćwiczebnych, jak również w rysunku wykonawczym. Można ją stosować na wszystkich formatach rysunkowych. Przykład umieszczenia tabliczki na formacie A3 zobrazowano na rysunku 1.10.

Tabliczka na rysunku złożeniowym jest podobna do pokazanej na rysunku 1.10, ale dodatkowo zawiera wykaz części z numerem pozycji, liczbą sztuk, nazwami części oraz numerem rysunku lub normy dla każdej części. Podawanie na rysunku złożeniowym materiału i masy części nie jest konieczne. Ważne jest natomiast, aby kolejność części umieszczonych w wykazie ustalać od większych gabarytowo do mniejszych, z pierwszeństwem dla elementów wykonywanych przez zakład. W następnej kolejności umieszcza się części ogólnie dostępne w handlu. Pierwszą pozycję zapisuje się bezpośrednio nad tabliczką podstawową, a następne w kolejności rosnącej do góry. Dzięki temu istnieje możliwość dopisania kolejnych części w wykazie, bez zamykania możliwości uzupełnienia ewentualnych braków. Jeśli wykaz części jest bardzo rozwinięty i tabliczka jest wyższa niż wysokość strony, to można ją kontynuować w następnej kolumnie po lewej stronie, stycznie do pierwszej kolumny, zaczynając od dołu arkusza.

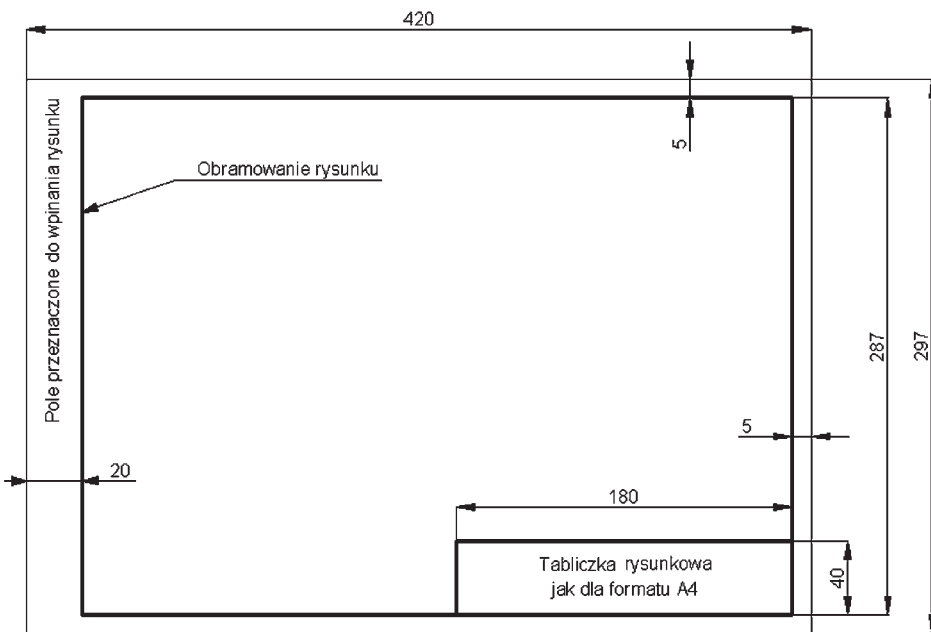
Przykłady tego rodzaju tabliczek przedstawiono na rysunkach 1.11 i 1.12. Tabliczkę rysunku złożeniowego (patrz rys. 1.11*b* i *c*) należy wypełniać w sposób następujący:

- w kolumnie „*Nr poz.*” (numer pozycji) wpisuje się kolejne numery, którymi części lub zespoły są oznaczone na rysunku, przy czym numeracja części w wykazie powinna biec od dołu ku górze;
- w kolumnie „*Nazwa*” wpisuje się nazwę detalu lub zespołu. Jeśli część lub zespół są znormalizowane, to wpisuje się ich oznaczenie z odpowiedniej normy przedmiotowej;
- w kolumnie „*Liczba*” wpisuje się liczbę sztuk jednakowych części lub zespołów wchodzących w skład narysowanego przedmiotu;





**Rys. 1.9** Wzór podstawowej tabliczki rysunkowej (wymiary w mm)



**Rys. 1.10** Tabliczka rysunkowa na formacie A3 (wymiary w mm)

- w kolumnie „Oznaczenie” wpisuje się numer rysunku części lub zespołu albo numer części znormalizowanej;
- w kolumnie „Materiał” wpisuje się oznaczenie materiału lub numer normy, według której element został wykonany;
- w kolumnie „Uwagi” wpisuje się dane uzupełniające.

**a**

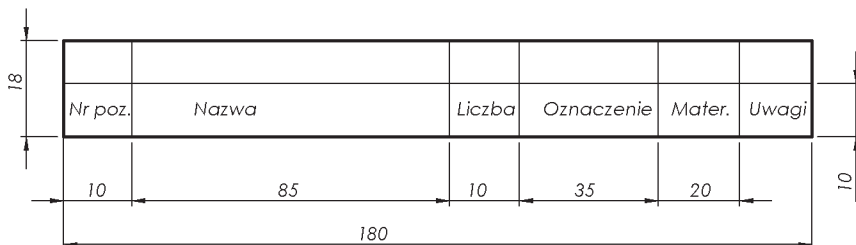
	Nazwisko	Data	Podpis	Prawny właściciel
Kierownik tech.				
Wykonał				
Zatwierdził				
Liczba arkuszy	Tytuł, tytuł dodatkowy			Numer identyfikacyjny
Podz.				Uwagi

**b**

Nr poz.	Nazwa			Liczba	Oznaczenie	Mater. Uwagi
	Nazwisko	Data	Podpis			
Wykonał						
Zatwierdził				Nr zmiany	Treść zmiany	Podpis
Podz.	Tytuł			Nr rysunku		Ark.

180

**c**



**Rys. 1.11** Przykłady uproszczonych tabliczek rysunkowych

*a* – przykładowa tabliczka rysunku wykonawczego,

*b* – przykładowa tabliczka rysunku złożeniowego,

*c* – część tabliczki rysunku złożeniowego nadpisywana nad tabliczką podstawową

**a**

7							
6							
5							
4							
3							
2							
1							
Nr poz.	Tytuł			Liczba	Materiał	Oznaczenie	Uwagi
Podziałka	Kierownik tech.				Ciężar	Zastępuje	Data zas.
Prawny właściciel	Wykonał			Wykonano do:		Symbol	Numer
	Zatw.						

**b**

Nr poz.	Tytuł			Liczba	Ciężar	Nr rysunku, części	Uwagi
Podziałka	Kierownik tech.				Materiał	Zastępuje	Data zas.
Prawny właściciel	Wykonał			Wykonano do:		Symbol	Numer
	Zatw.						

← 180 →

**Rys. 1.12** Wzory tabliczek (a, b) stosowanych w przemyśle

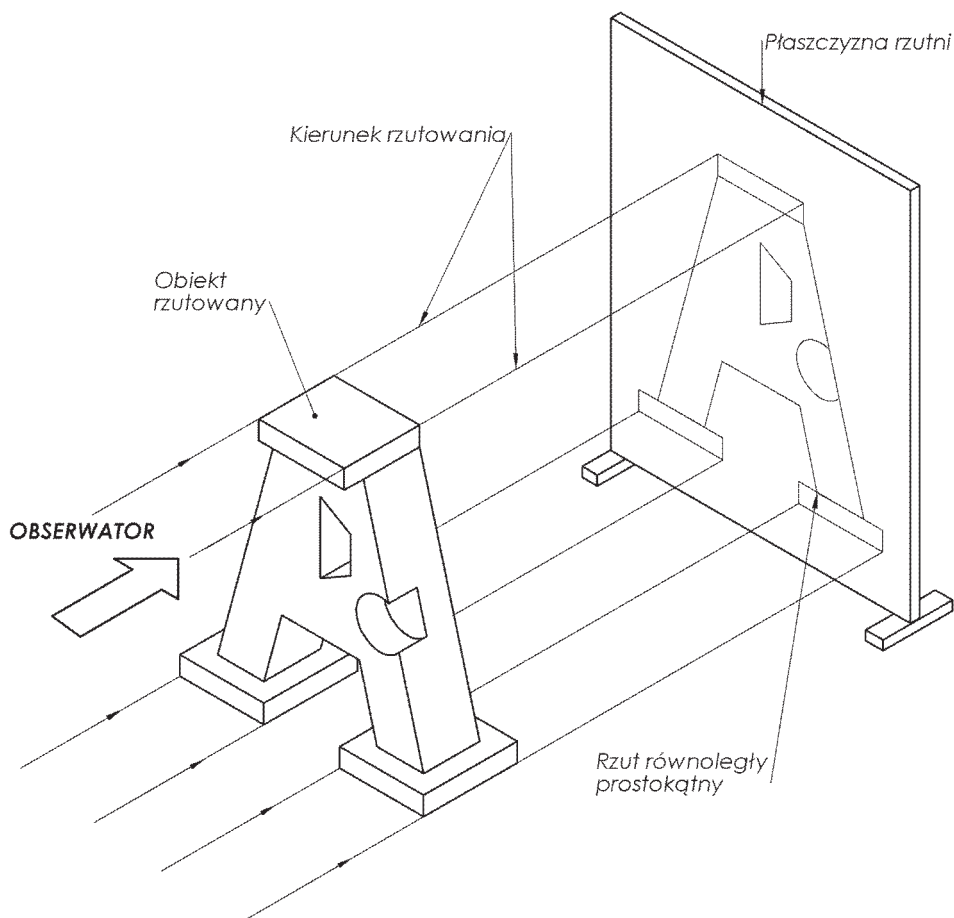
## Rzutowanie prostokątne

## 1.7

Dokumentacja techniczno-ruchowa, w formie rysunków technicznych na arkuszu papieru lub kalki, wymaga niejednokrotnie jednoznacznego odwzorowania kształtu przedmiotu przestrzennego na płaszczyźnie. To zadanie może zostać spełnione dzięki przyjętym metodom geometrycznego przekształcania, zwanym rzutowaniem prostokątnym i aksonometrycznym.

Rzutowanie prostokątne polega na wykonaniu obrazów (rzutów) przedmiotu na wzajemnie prostopadłe płaszczyzny, w kierunkach rzutowania prostopadłych do rzutni. Rzutowanie prostokątne jest najbardziej rozpowszechnioną formą graficznego zapisu konstrukcji. Według zaleceń norm w rysunku technicznym można stosować następujące metody przedstawiania obiektów:

- pierwszego kąta (dawniej tzw. metoda europejska),
- trzeciego kąta (dawniej tzw. metoda amerykańska),
- rzutowania identyfikowanego strzałkami,
- z lustrzanym odbiciem.



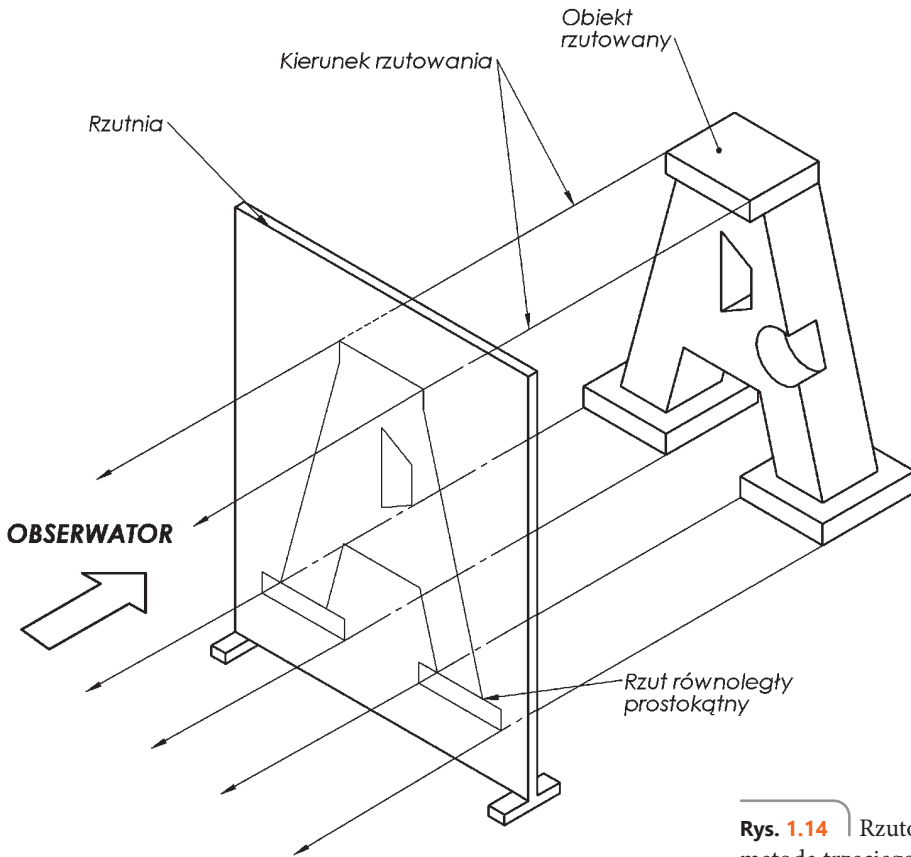
**Rys. 1.13** Rzutowanie metodą pierwszego kąta

**Rzutowanie metodą pierwszego kąta** polega na wyznaczaniu rzutów prostokątnych przedmiotu we wzajemnie prostopadłych rzutniach przy założeniu, że obiekt rzutowany znajduje się pomiędzy obserwatorem i rzutnią. Otrzymany rzut wygląda tak samo jak zdjęcie obiektu „od przodu” (rys. 1.13).

**Rzutowanie metodą trzeciego kąta** różni się tym, że rzutnia znajduje się pomiędzy obserwatorem a przedmiotem obserwowanym, co skutkuje przestawieniem niektórych rzutów w stosunku do metody pierwszego kąta. Otrzymany rzut przypomina zdjęcie obiektu „od tyłu” (rys. 1.14).

Rzutowanie prostokątne przeprowadza się we wnętrzu wyobraźnego prostopadłościannu rzutni. Jak będą wyglądały i jaki będzie układ rzutni według poszczególnych metod, pokazano na rysunku 1.15.

Rozwinięty układ rzutni według metody pierwszego kąta oraz trzeciego kąta przedstawiono na rysunkach 1.16 i 1.17. Jak widać po rozwinięciu, metody te różnią się jedynie zmianą położenia rzutów C i D oraz B i E.



**Rys. 1.14** Rzutowanie metodą trzeciego kąta

W Polsce stosuje się głównie metodę pierwszego kąta, jednak w wyniku rozszerzającej się międzynarodowej współpracy można również spotkać dokumentację techniczną wykonaną tą drugą metodą.

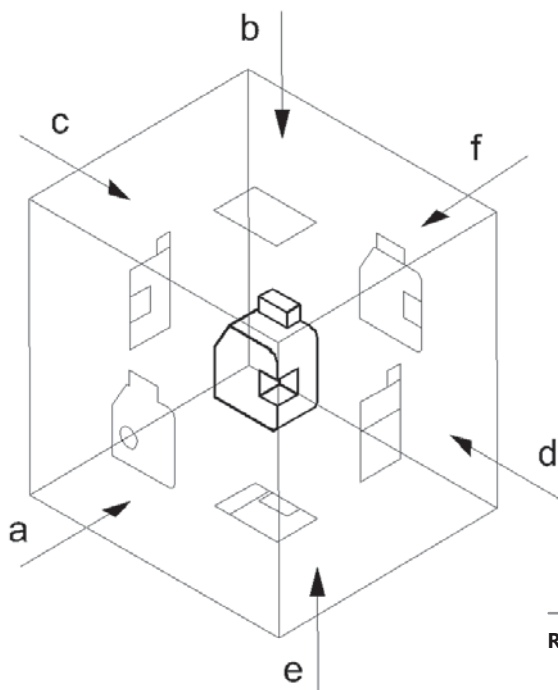
Na rysunku 1.18 zilustrowano przykłady rzutowania prostokątnego metodą pierwszego kąta, w układzie trzech podstawowych rzutni. Liniami kreskowymi zaznaczono promienie rzutujące, którymi łączymy rzuty tych samych punktów.

Zwykle w ten sam sposób, ale już bez linii pomocniczych, odwzorowuje się obraz przedmiotu przestrzennego na płaszczyźnie. Na rysunku 1.19 zamieszczono dodatkowo rysunek aksonometryczny przedmiotu (w prawej dolnej części arkusza), aby ułatwić odczytanie jego kształtu przestrzennego z rysunku na płaszczyźnie.

Należy zwrócić uwagę na zgodność usytuowania rzutów względem siebie. W przypadku obiektów przedstawionych jednoznacznie w dwóch rzutach prostokątnych można dość łatwo wykreślić ich trzeci rzut.

### Podstawowe zasady rysowania przedmiotów w rzutach prostokątnych

1. Liczba rzutów obiektu powinna być minimalna, wystarczająca do jednoznacznego zobrazowania kształtów tego obiektu i jego zwymiarowania. Najczęściej są to dwa lub trzy rzuty. Czasem zdarza się, że po zaznaczeniu w sposób umowny głębokości przed-



Rys. 1.15 Wyobraźalny sześcian rzutów

miotu wystarcza jeden rzut. Należy pamiętać, że rzut główny (najbardziej reprezentatywny dla obiektu) musi występować zawsze.

- Przedmiot powinien być ustawiony wewnątrz wyobraźnego prostopadłościanu rzutni w taki sposób, aby większość jego powierzchni płaskich i osi była równoległa lub prostopadła do rzutni w celu ułatwienia rysowania i wymiarowania.
- Rzut główny (jeżeli jest to możliwe) powinien przedstawiać przedmiot w położeniu użytkowym, widzianym od strony najbardziej charakterystycznej i w położeniu pracy. Jeżeli przedmiot w czasie pracy zmienia swoje położenie, to można narysować go pionowo lub poziomo.
- Usytuowanie rzutów względem siebie powinno być zgodne z rozwinięciem prostopadłościanu rzutni, wg określonej metody rzutowania.

Przy podejmowaniu decyzji dotyczącej liczby rzutów oraz usytuowania przedmiotu należy pamiętać o tych zasadach, choć niekiedy nie można ich ściśle zrealizować. Dopuszczalne są pewne odstępstwa. Najważniejszą rzeczą jest czytelność i jednoznaczność rysunku.

Czasem zdarza się, że określone rzuty nie mieszczą się na jednym arkuszu rysunkowym. Wtedy użyjemy większej liczby arkuszy z odpowiednimi oznaczeniami. Dopuszcza się dowolne rozmieszczenie rzutów w razie trudności uzyskania układu wynikającego z rozwinięcia prostopadłościanu rzutni.

**Rzutowanie identyfikowane strzałkami** to kolejna metoda rzutowania. Rzuty można rozmieszczać dowolnie na jednym arkuszu lub na wielu arkuszach rysunkowych, stosując odpowiednie oznaczenia (rys. 1.20). W przypadku rozmieszczenia rzutów zgodnie z rozwinięciem prostopadłościanu rzutni nie są potrzebne dodatkowe oznaczenia rzutów.