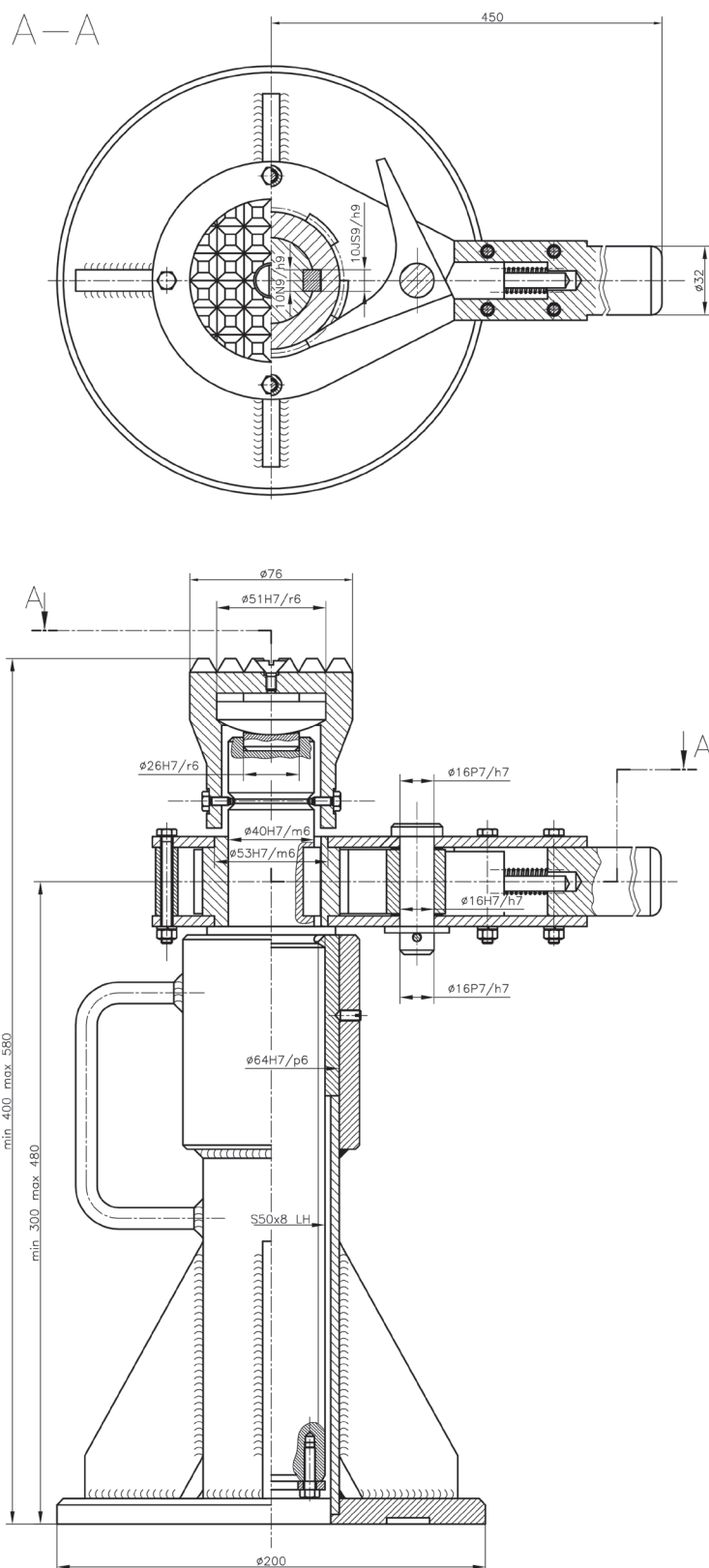
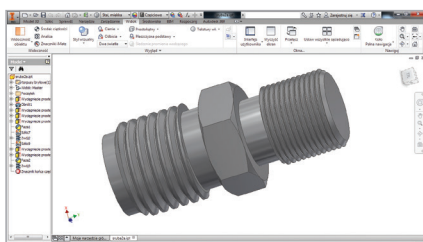
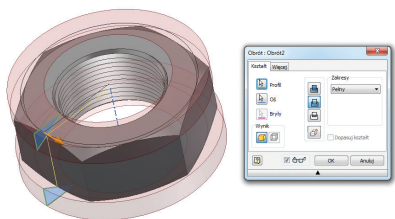
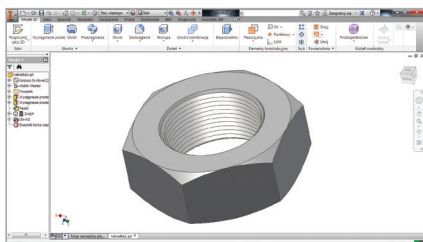


Paweł
ROMANOWICZ

RYSUNEK TECHNICZNY W MECHANICE I BUDOWIE MASZYN



**RYSUNEK
TECHNICZNY
W MECHANICE
I BUDOWIE
MASZYN**

Paweł
ROMANOWICZ

**RYSUNEK
TECHNICZNY
W MECHANICE
I BUDOWIE
MASZYN**

Projekt okładki i stron tytułowych: **Przemysław Spiechowski**

Ilustracje na okładce: **Paweł Romanowicz**

Wydawca: **Adam Filutowski**

Koordynator ds. redakcji: **Adam Kowalski**

Redaktor: **Mieczysława Kompanowska**

Produkcja: **Mariola Grzywacka**

Skład i łamanie: **Pracownia Obrazu – Anna Sandecka-Ląkocy**

Niniejsza książka została przygotowana na bazie podręcznika napisanego wspólnie z dr inż. Agnieszką Bondyrą pod tytułem *Rysunek techniczny w mechanice i budowie maszyn – dotychczasowe i aktualne zasady odwzorowań rysunkowych* wydanego w 2015 r. przez Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo
Więcej na www.legalnakultura.pl
Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2018

ISBN 978-83-01-19901-2

Wydanie I

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2
tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288
infolinia 801 33 33 88
e-mail: pwn@pwn.com.pl, reklama@pwn.pl
www.pwn.pl

Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp. z o.o.

◆ Spis treści ◆

Przedmowa	9
1. Podstawy rysunku technicznego	11
1.1. Rysunek jako język graficzny	11
1.2. Rys historyczny	12
1.3. Rodzaje rysunków	15
1.4. Formaty arkuszy rysunkowych	16
1.5. Formatowanie arkuszy rysunkowych	17
1.6. Tabliczki rysunkowe	19
1.7. Linie rysunkowe	20
1.7.1. Rodzaje i grubości linii rysunkowych	20
1.7.2. Zastosowanie linii rysunkowych	21
1.7.3. Zasady grupowania linii i rysowania linii nieciągłych	25
1.7.4. Zasady rysowania linii wskazujących i linii odniesienia	26
1.8. Pismo techniczne	26
1.9. Podziałki rysunkowe	29
2. Rzutowanie	31
2.1. Wstęp	31
2.2. Rzutowanie prostokątne	32
2.2.1. Normalny układ rzutów prostokątnych według metody pierwszego kąta (europejskiej)	33
2.2.2. Układ rzutów prostokątnych według metody trzeciego kąta (amerykańskiej)	35
2.2.3. Symbole graficzne identyfikujące metodę rzutowania	35
2.2.4. Rzutowanie prostokątne brył	36
2.3. Rzutowanie aksonometryczne	38
2.4. Szczególne przypadki rzutowania	39
2.4.1. Rzutowanie identyfikowane strzałkami	39
2.4.2. Rzutowanie prostokątne z lustrzanym odbiciem	40
3. Zasady rysowania rzutów prostokątnych na rysunkach technicznych ...	41
3.1. Wstęp	41
3.2. Widoki	43
3.3. Przekroje i kłady	46
3.3.1. Zasady tworzenia przekrojów i kładów	46
3.3.2. Kreskowanie przekrojów	48
3.3.3. Oznaczanie przekrojów	53
3.3.4. Rodzaje przekrojów	54
3.3.5. Przedstawianie brył symetrycznych	59
3.3.6. Przekroje na rysunkach złożeniowych	62
3.3.7. Kłady	62

3.4. Przenikanie brył	64
3.5. Oznaczanie wzoru powierzchni	65
4. Wymiarowanie	66
4.1. Wstęp	66
4.2. Linie i liczby wymiarowe	67
4.3. Zasady wymiarowania	72
4.4. Rozmieszczanie elementów wymiarowych	75
4.5. Sposoby wymiarowania	76
4.6. Zasady wymiarowania wybranych charakterystycznych elementów maszyn i urządzeń	79
4.6.1. Wymiarowanie średnic	79
4.6.2. Wymiarowanie promieni i zarysów krzywoliniowych	81
4.6.3. Wymiarowanie kątów	84
4.6.4. Wymiarowanie powtarzających się szczegółów	85
4.6.5. Wymiarowanie ściąg krawędzi	86
4.6.6. Uproszczone wymiarowanie otworów	88
4.6.7. Wymiarowanie graniastosłupów	89
4.6.8. Wymiarowanie zbieżności i pochylenia	91
4.7 Wymiarowanie kratownic	93
4.8 Wymiarowanie powłok i obróbki cieplnej	95
5. Podstawowe rodzaje rysunków technicznych maszynowych	98
5.1. Szkic techniczny	98
5.2. Rysunek techniczny wykonawczy	98
5.3. Rysunek złożeniowy	99
6. Tolerancje i pasowania	102
6.1. Tolerancje wymiarów	102
6.2. Pasowania	107
6.3. Tolerancje geometryczne	110
7. Oznaczanie stanu powierzchni przedmiotów	121
7.1. Parametry struktury geometrycznej powierzchni	121
7.2. Zasady umieszczania parametrów SGP na rysunkach	126
8. Zasady wykonywania rysunków części maszyn i połączeń	129
8.1. Połączenia nierozłączne	129
8.1.1. Połączenia nitowe	129
8.1.2. Połączenia spawane i zgrzewane	130
8.1.3. Połączenia lutowane i klejone	138
8.2. Połączenia gwintowe	139
8.3. Zasady przedstawiania wybranych elementów maszyn i urządzeń ...	151
8.3.1. Wały i osie	151
8.3.2. Nakielki	154
8.3.3. Połączenia wpustowe	155
8.3.4. Połączenia wielowypustowe	158
8.3.5. Koła zębate	161
8.3.6. Łożyska toczne	164
8.3.7. Uszczelnienia	168
8.3.8. Sprężyny	169
9. Zastosowanie CAD w tworzeniu dokumentacji technicznej maszyn i urządzeń	173

9.1. Wprowadzenie	173
9.2. Podstawy wykonywania rysunków przy użyciu oprogramowania z serii AutoCAD	174
9.2.1. Układy współrzędnych globalnych i lokalnych	176
9.2.2. Obiekty rysunkowe w programie AutoCAD	177
9.2.3. Punkty charakterystyczne	178
9.2.4. Narzędzia do modyfikacji obiektów	179
9.2.5. Warstwy rysunkowe	180
9.2.6. Napisy i kreskowanie	181
9.2.7. Wymiarowanie	182
9.2.8. Proces tworzenia rysunku w programie AutoCAD	184
9.3. Przykłady rysunków elementów maszyn wykonanych za pomocą programów CAD	186
9.3.1. Uproszczony rysunek zbiornika ciśnieniowego spawanego ...	186
9.3.2. Modelowanie śruby z łbem sześciokątnym w programie Autodesk Inventor Professional	191
Literatura	197
Załącznik A – Przykłady wyznaczania linii przenikania	205
Załącznik B – Wybrane konstrukcje geometryczne	209
Załącznik C – Szeregi liczb i wymiarów normalnych	213
Załącznik D – Wprowadzanie zmian na rysunkach technicznych	215

Niniejsza książka została przygotowana na bazie podręcznika napisanego wspólnie z dr inż. Agnieszką Bondyrą pod tytułem *Rysunek techniczny w mechanice i budowie maszyn – dotychczasowe i aktualne zasady odwzorowań rysunkowych* wydanego w 2015 roku przez Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. W książce wykorzystane zostały wybrane fragmenty tekstu z powyższego opracowania, w tym również wybrane rysunki. Całość została zmieniona i znacząco rozszerzona, a treść dostosowana do norm przedmiotowych aktualnych w listopadzie 2017 roku.

◆ Przedmowa ◆

Zagadnienia dotyczące rysunku technicznego i zasad tworzenia dokumentacji rysunkowej CAD oraz projektowania elementów maszyn i urządzeń są omawiane w różnych książkach [119÷147], a także publikacjach [152÷155]. Organizowane są konferencje i seminaria naukowe [148÷151] poświęcone bieżącym problemom związanym np. z zastosowaniem i rozwojem grafiki komputerowej CAD w wersji 2D i 3D w tworzeniu dokumentacji technicznej, wizualizacji obiektów i geometrii wykreślnej. Zagadnienia związane z opracowywaniem dokumentacji technicznej podlegają okresowym modyfikacjom i zmianom, np. zasady przedstawiania elementów maszyn w sposób umowny lub w różnych stopniach uproszczenia. W ciągu ostatnich kilku lat wiele norm zostało wycofanych lub zastąpionych normami zgodnymi z normami EN i/lub ISO. Współczesny konstruktor powinien więc umieć opracowywać oraz czytać rysunek techniczny wykonany według aktualnych i poprzednio obowiązujących norm rysunkowych.

W prezentowanej książce podjęto próbę zebrania i usystematyzowania najważniejszych reguł posługiwania się zasadami rysunku technicznego maszynowego i narzędziami modelowania CAD w trakcie wykonywania dokumentacji technicznej.

Zamieszczone w książce informacje mają na celu:

- ułatwienie sprawnego tworzenia dokumentacji technicznej w oparciu o obowiązujące normy rysunkowe i narzędzia CAD,
- usprawnienie procesu czytania i zrozumienia dokumentacji technicznej,
- uzmysłowienie współczesnych tendencji zmian norm dotyczących rysunku technicznego,
- zrozumienie i prawidłową interpretację informacji zawartych na rysunkach technicznych maszynowych wykonanych według starszych norm rysunkowych,
- ułatwienie przetwarzania i dostosowywania starszej, lecz ciągle wykorzystywanej dokumentacji technicznej (np. w celach naukowych, do analiz dotyczących rozwiązań patentowych itp.).

Proponowane w książce ujęcie tematyki ma szczególnie na celu wyrobienie właściwych reguł postępowania w czasie tworzenia dokumentacji, zwłaszcza u początkujących lub mało zaawansowanych projektantów i konstruktorów. Proces tworzenia dokumentacji za pomocą narzędzi CAD zilustrowano wykorzystując wiodące na polskim rynku programy firmy AutoDesk AutoCAD i Autodesk Inventor Professional. Omówiono podstawowe zasady dotyczące konfiguracji programów oraz kolejne etapy wykonywania dokumentacji aż do uzyskania rysunku technicznego gotowego do wydruku na arkuszu papieru.

W pracy przedstawiono zasady odwzorowywania części maszyn i ich podzespołów zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami przedmiotowymi. W opracowaniu omówione zostały również zasady projektowania i tworzenia dokumentacji według wybranych norm, które zostały wycofane w latach 2015÷2017. Zamieszczenie wybranych informacji z tych norm jest uzasadnione tym, że w gospodarce rynkowej dopuszcza się stosowanie wycofanych norm pod warunkiem zgody zainteresowanych stron, a samo wycofanie normy nie oznacza zakazania jej

używania. Należy jednak pamiętać, że wycofane normy mogą zawierać mniej nowoczesne lub nieaktualne rozwiązania. Jednocześnie, w książce zamieszczono informacje dotyczące istotnych zmian zasad przedstawiania rysunkowego wybranych obiektów na przestrzeni ostatnich 50 lat. Ilustruje to pewne tendencje zmian zachodzących w normalizacji dotyczącej rysunku technicznego maszynowego.

Z uwagi na dużą liczbę obowiązujących w rysunku technicznym norm oraz dość dynamicznie przebiegający proces aktualizacji i nowelizacji norm w opracowaniu jako datę graniczną przyjęto stan normalizacji obowiązujący w listopadzie 2017 roku.

◆ Podstawy rysunku technicznego ◆

1.1. RYSUNEK JAKO JĘZYK GRAFICZNY

Rysunek techniczny jest podstawowym środkiem komunikacji między inżynierami i technikami wykorzystywanym do przekazywania pomysłów i koncepcji technicznych rozwiązań konstrukcyjnych. Projektanci, konstruktorzy oraz odpowiednio wyszkolone osoby zajmujące się wytwarzaniem i eksploatacją obiektów traktują rysunek techniczny jako ponadnarodowy język graficzny stosowany w procesach projektowania, wytwarzania i kontroli. Pozwala on zwizualizować dowolny obiekt, szczegóły związane z jego kształtem, wymiarami, właściwościami geometrycznymi oraz zasadą działania w sposób prosty, zwięzły, jednoznaczny i bardziej przejrzysty niż opis słowny.

Informacje przekazane na rysunkach technicznych są czytelne dla inżynierów i techników posługujących się na co dzień różnymi językami, mieszkających w różnych krajach. Wprowadzane i ujednolicane normy międzynarodowe prowadzą do tego, że rysunek techniczny jest najbardziej uniwersalnym językiem wszystkich inżynierów.

Do poprawnego wykonywania i czytania rysunków technicznych niezbędna jest wiedza na temat zasad przedstawiania, wymiarowania i tolerowania rysowanych detali. Dzięki ujednoliceniu zasad odwzorowywania obiektów informacje zapisane na rysunkach technicznych są jednoznaczne, niesprzeczne i kompletne.

Zasady i reguły związane z wykonywaniem rysunków technicznych są zamieszczane w odpowiednich normach przedmiotowych krajowych (oznaczanych jako PN) i międzynarodowych (PN-EN, PN-EN ISO itp.). Normy te podlegają zmianom i aktualizacjom, więc przed przystąpieniem do pracy należy koniecznie sprawdzać ich aktualność. W szczególności dotyczy to norm krajowych, które są systematycznie wycofywane i zastępowane odpowiednimi normami międzynarodowymi.

Zastosowanie języka graficznego ma szczególne znaczenie przy projektowaniu i wytwarzaniu nowych obiektów i maszyn, jak również w celu wizualizacji istniejących już obiektów. W przypadku jego braku przekazanie wszystkich niezbędnych informacji dotyczących wykonania setek lub tysięcy elementów skomplikowanych obiektów mogłoby się okazać niemożliwe.

Podczas sporządzania dokumentacji technicznej obiektu należy zwrócić uwagę na:

- podstawę zapisu informacji zawartych na rysunku (rodzaj obiektu, przeznaczenie rysunku itp.) i ich adresata,
- najprostszy sposób zapisania danej informacji,
- optymalność przyjętej metody zapisu ze względu na opłacalność i minimalizację trudności związanych z jej użytkowaniem.

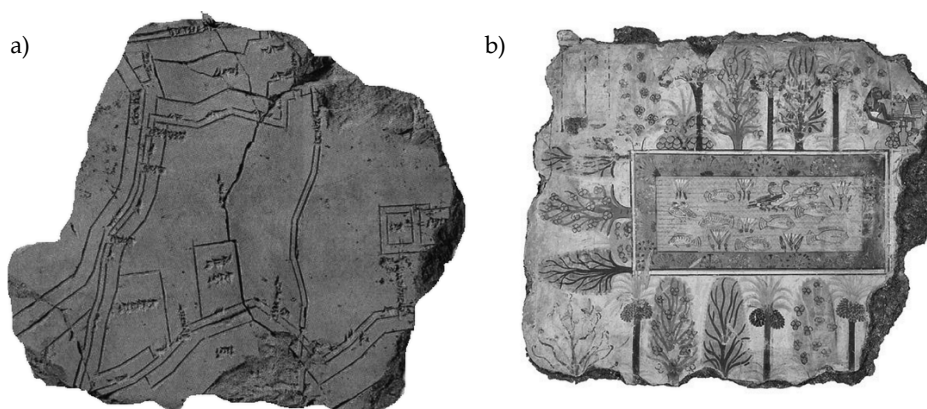
Podstawową metodą zapisu graficznego konstrukcji jest dwuwymiarowe rzutowanie prostokątne wg metody Monge'a. Stosowane są również inne sposoby

przedstawiania obiektów, np. w postaci rzutów aksonometrycznych. Jednakże, ze względu na powyższe aspekty oraz złożoność dokumentacji technicznej maszyn i urządzeń istnieje konieczność stosowania różnych rodzajów rysunków. Z tego względu, szczegółowe wytyczne dotyczące tworzenia zapisu konstrukcji zgodnie z normami obowiązującymi w 2017 roku, zostały omówione w niniejszym opracowaniu.

1.2. RYS HISTORYCZNY¹

Współcześnie *rysunek techniczny* jest rozumiany jako odwzorowanie obiektu lub konstrukcji w określonej podziałce i zgodnie z przyjętymi zasadami przy użyciu przyborów kreślarskich lub komputera. Rozwój różnych form odwzorowania związany był z chęcią lub koniecznością przedstawienia obiektów przestrzennych w formie rysunku dwuwymiarowego. Sukcesywnie skutkowało to doskonaleniem przyrządów oraz samej sztuki rysowania.

Najstarsze znane formy ilustracji poprzedzają zapis pisemny. Zwykle były to malowidła przedstawiające zwierzęta (jaskinie krasowe Lascaux we Francji i Altamira w północnej Hiszpanii). Te prehistoryczne wyryte w skale rysunki zwane *petroglifami* datuje się na okres neolitu i późnego paleolitu (30÷10 tys. lat p.n.e.). Później pojawiły się inne formy zapisu pojęć nazywane *piktogramami* (przedstawianie pojęcia za pomocą rysunku) i *ideogramami*. Ideogramy oraz piktogramy są stosowane do dzisiaj, np. w piśmie chińskim (powstanie pisma datuje się na 8÷4,5 tys. lat p.n.e.) oraz były podstawą pisma starożytnego Egiptu bazującego na hieroglifach (3200÷30 lat p.n.e.). W starożytności rozwój rysunku związany był z rozwojem budownictwa (budowle, plany miast (rys. 1.1a) oraz sztuki. Najstarsze znane formy przedstawiania obiektów trójwymiarowych w formie rysunków na płaszczyźnie dwuwymiarowej pochodzą ze starożytnego Egiptu. Rysunki te jednak znacząco się różnią od współczesnych zasad rysunkowego odwzorowywania obiektów. Przykładem mogą być malowidła z grobowca Nebamuna (ok. 1350 rok p.n.e.) wykonane metodą perspektywy topograficznej (rys. 1.1b).



Rys. 1.1. Rysunki z czasów antycznych: a) mapa miasta Nippur, Mezopotamia (ok. 1500 lat p.n.e.) [156], b) ogród z sadzawką, 1420÷1375 lat p.n.e., British Museum, Londyn [157]

Uproszczone zasady rysowania obiektów trójwymiarowych były rozwijane również w starożytnej Grecji i Rzymie – znane są m.in. rysunki przekrojów kolumn

¹ Rozdział 1.2 pochodzi z książki Romanowicz P., Bondyra A. *Rysunek techniczny w mechanice i budowie maszyn – dotychczasowe i aktualne zasady odwzorowań rysunkowych*.

oraz projekty budynków w formie rzutów pionowych. Ten okres to także rozwój wiedzy z zakresu matematyki oraz geometrii (np. Pitagoras z Samos i Euklides z Aleksandrii).

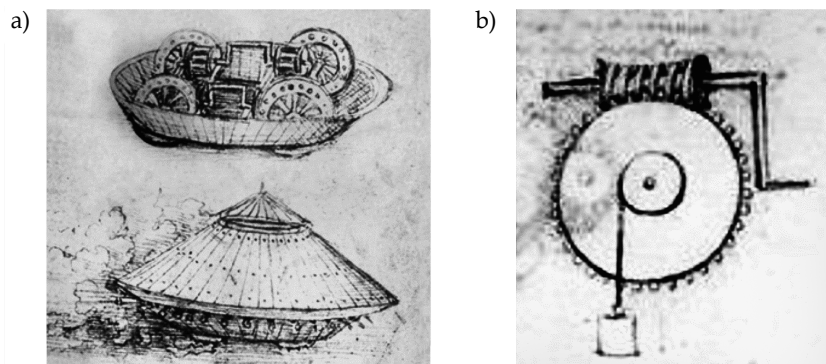
Gwałtowny rozwój zasad odwzorowywania obiektów przestrzennych na płaszczyźnie dwuwymiarowej nastąpił w okresie renesansu. Dotyczył m.in. wprowadzenia perspektywy, teorii sztuki, proporcji architektonicznych itp. Z tego względu XV wiek uznaje się za początek rysunku technicznego rozumianego tak jak dzisiaj.

W 1425 roku Masaccio zastosował w swoich obrazach (fresk Święta Trójca znajdujący się w kościele Santa Maria Novella we Florencji) perspektywę linearną. Perspektywa ta (nazywana również zbieżną lub geometryczną) polega na przedstawieniu głębi za pomocą rzutu środkowego. Odwzorowuje więc przestrzeń trójwymiarową na płaszczyźnie w sposób zbliżony do obrazu, jaki tworzy ludzkie oko (rys. 1.2). Przyjmuje się, że perspektywa na fresku Masaccio została wykreślona przez Filippo Brunelleschiego. W późniejszych latach technikę tę zastosowano do przedstawiania m.in. urządzeń mechanicznych w sposób realistyczny.



Rys. 1.2. Idealne miasto (XV w.) Piero della Francesca – przykład perspektywy zbieżnej [158]

Do najistotniejszych wydarzeń w historii rysunku z okresu przedindustrialnego (do XVIII wieku) należy zaliczyć działalność Leonarda da Vinci. Jego prace to m.in. mapy (np. widok Val di Chiana z lotu ptaka) i plany (np. plan twierdzy Imola) oraz wiele projektów maszyn (rys. 1.3). Na szkicach Leonarda da Vinci można zaobserwować jak bardzo rozwinęły się w renesansie metody odwzorowywania obiektów trójwymiarowych na dwuwymiarowej płaszczyźnie rysunku. Trójwymiarowa perspektywa była stosowana również przez Rafaela Santi na początku XVI wieku. Udoskonalił on technikę rysowania do tego stopnia, że był w stanie tak przedstawić obiekt dwuwymiarowy, aby oko ludzkie interpretowało go jako obraz trójwymiarowy.



Rys. 1.3. Szkice Leonarda da Vinci: a) projekt maszyny bojowej, b) projekt przekładni ślimakowej [159, 160]

Dalszy rozwój zasad przedstawiania obiektów na rysunku był związany z rewolucją przemysłową w XVIII i XIX wieku. Pojawiła się wtedy konieczność dokumentowania ówczesnie projektowanych konstrukcji (napędów wodnych i parowych, maszyn włókienniczych itp.). Istotnym problemem była również konieczność zachowania powtarzalności cech wyrobów. W konsekwencji powyższe problemy oraz potrzeba zdefiniowania procesu tworzenia dokumentacji wyrobu wymusiły rozwój geometrii wykreślnej. Pod koniec XVIII wieku Gaspard Monge, twórca geometrii wykreślnej, zaproponował zbiór zasad umożliwiających przedstawienie w jednoznaczny sposób obiektów trójwymiarowych za pomocą dwuwymiarowych rysunków (rzutów) na wzajemnie prostopadłych rzutniach. Metoda rzutowania bazująca na metodzie Monge’a przyczyniła się do szybkiego rozwoju rysunku technicznego.

Druga rewolucja przemysłowa (od drugiej połowy XIX wieku do 1945 roku) wykazała istotne mankamenty i braki ówczesnych metod zapisu konstrukcji. Szczególnie w zakresie ujednolicenia pojęć oraz ogólnych i szczegółowych zasad sporządzania dokumentacji technicznej. Druga połowa XX wieku to okres rozwoju technik komputerowych. Zastosowanie komputerów jako głównych narzędzi przetwarzania informacji umożliwiło stworzenie zintegrowanych systemów projektowania i wytwarzania. Pierwsze systemy CAD 2D (komputerowo wspomagane projektowanie) opracowywano z myślą o zastąpieniu tradycyjnych technik kreślarskich, które wymagały od inżyniera precyzyjnego korzystania z przyrządów kreślarskich. Zastosowanie CAD nie tylko skróciło czas przygotowania dokumentacji rysunkowej, lecz także umożliwiało wielokrotne i szybkie wprowadzanie zmian na rysunkach. Przedstawienie konstrukcji w formie zapisu cyfrowego uprościło również metody udostępniania i archiwizacji dokumentacji technicznej. Efektywność systemów CAD 2D wraz ze wzrostem możliwości użytkowej komputerów spowodowała rozwój metod projektowania 3D. W modelowaniu CAD 3D powstaje model bryłowy, na podstawie którego jest generowana dokumentacja techniczna w postaci np. rzutów Monge’a.

Współczesny rozwój gospodarczy i technologiczny, w którym dąży się do znalezienia nowych rozwiązań umożliwiających m.in. zwiększenie wydajności produkcji, redukcję kosztów, podnoszenie jakości i atrakcyjności produktów itp., skutkuje pojawianiem się coraz to nowych narzędzi projektowania inżynierskiego. Zaliczyć do nich można przede wszystkim systemy umożliwiające modelowanie bryłowe elementów konstrukcji (CAD 3D), komputerowo wspomagane systemy wytwarzania i projektowania procesów technologicznych (CAM) oraz komputerowe wspomaganie analiz inżynierskich (CAE).

Obecnie praktycznie nie jest możliwe osiągnięcie sukcesu bez korzystania z powyższych narzędzi usprawniających prace inżynierskie, projektowe i wytwórcze. Wymaga to od przyszłego inżyniera znajomości nie tylko zasad wykonywania rysunków, lecz także praktycznych umiejętności korzystania z technik komputerowych.

Obecnie rysunek techniczny maszynowy jest jedną z podstawowych form komunikacji w procesach projektowania, konstruowania, wytwarzania i eksploatacji. Jest on wykonywany według ustalonych zasad i przepisów podanych w normach przedmiotowych. Normy rysunkowe zawierają szczegółowo opracowane przepisy dotyczące zagadnień związanych z wykonywaniem rysunku technicznego. Znormalizowane są między innymi formaty arkuszy rysunkowych, rodzaje linii i ich zastosowanie, podziałki, uproszczenia rysunkowe itp. Opracowywaniem międzynarodowych działań normalizacyjnych zajmuje się Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO). Nowe Polskie Normy [1 ÷ 99] są opracowywane zgodnie z zasadą, że w zakresie używania pojęć nie mogą się różnić od norm opracowanych przez ISO. Takie normy oznaczane są PN-ISO. Polskie Normy

zgodne z normami obowiązującymi na terenie UE oznaczane są natomiast jako PN-EN, a w przypadku zgodności z normami europejskimi i międzynarodowymi jako PN-EN ISO. Celem wprowadzania powyższych norm jest określenie trzech zasad zapisu konstrukcji: jednoznaczności, niesprzeczności i zupełności informacji zapisanej w postaci rysunku technicznego.

1.3. RODZAJE RYSUNKÓW

Finalny rysunek przedmiotu powinien zawierać wszystkie niezbędne informacje, powinien być czytelny i jednoznaczny w interpretacji. Ze względu na różnorodność kształtów, różny stopień złożoności obiektów, a także z uwagi na przeznaczenie rysunków w praktyce stosuje się różne formy rzutowania oraz przedstawiania przedmiotów. W zależności od metody odwzorowania wyróżnia się:

- **rysunek rzutowy** – najczęściej stosowane odwzorowanie obiektów w rysunku technicznym maszynowym i budowlanym, wykonywane w formie rzutów prostokątnych (rzuty Monge'a),
- **rysunek aksonometryczny (lub perspektywiczny)** – przedstawiający przedmiot w jednej z metod rzutowania aksonometrycznego (perspektywicznego), zwykle stosowany do poglądowego przedstawienia przedmiotu.

W zależności od przeznaczenia wyróżnia się następujące **rodzaje rysunków** [85]:

- **rysunek złożeniowy** – przedstawia wzajemne położenie, kształt i współpracę poszczególnych podzespołów zestawianych części; poszczególne części lub zespoły są oznaczane numerami i opisywane w tabliczce ze spisem części; podane są również wymiary gabarytowe i przyłączeniowe,
- **rysunek zestawieniowy** – rysunek złożeniowy wyrobu z naniesionymi informacjami i wymiarami niezbędnymi do wykonania poszczególnych detali wchodzących w skład przedstawianego wyrobu,
- **rysunek wykonawczy** – rysunek detalu zawierający wszystkie informacje niezbędne do jego wykonania,
- **rysunek montażowy** – rysunek przedstawiający poszczególne czynności i informacje związane z montażem urządzenia,
- **rysunek instalacyjny** – rysunek pokazujący rozmieszczenie poszczególnych elementów instalacji oraz sposób ich połączenia,
- **rysunek operacyjny (zabiegowy)** – rysunek detalu z naniesionymi danymi potrzebnymi do wykonania jednego zabiegu technologicznego.

Rysunek złożeniowy jest podstawowym rysunkiem przedstawiającym złożenie wszystkich zespołów, podzespołów i części wyrobu. Ze względu na stopień złożoności rozróżnia się następujące rodzaje rysunków:

- **rysunek zespołowy** – przedstawiający złożenie wszystkich części zespołu,
- **rysunek częściowy** – przedstawiający fragment obiektu lub zespołu,
- **rysunek części** – przedstawiający jeden element.

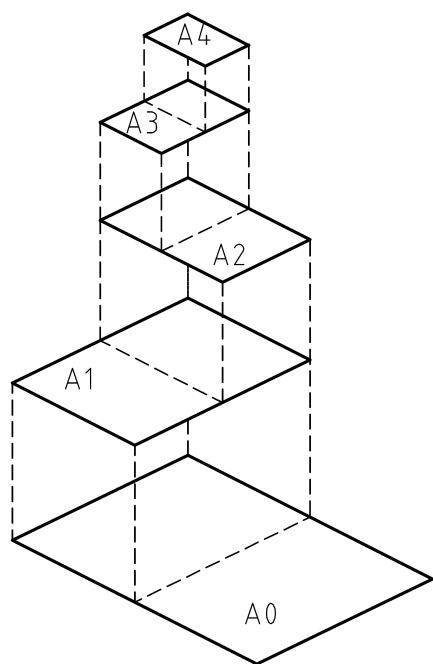
W procesie tworzenia dokumentacji wykorzystuje się różne sposoby przedstawiania graficznego przedmiotów [11÷13]. Należą do nich m.in.:

- **widok** – rzut prostokątny przedstawiający widoczną część przedmiotu, a w razie konieczności również niewidoczne krawędzie;
- **rzut** – widok w określonej płaszczyźnie rzutowania;
- **kład** – przedstawienie graficzne zarysu przedmiotu znajdującego się w określonej płaszczyźnie przekroju;

- **przekrój** – kład przedstawiający zarys przedmiotu leżący na śladzie płaszczyzny przekroju oraz zarys znajdujący się poza tą płaszczyzną;
- **rysunek właściwy (rysunek techniczny)** – informacja techniczna podana na nośniku informacji przedstawiona w określonej podziałce zgodnie z przyjętymi zasadami;
- **schemat** – rysunek przedstawiający funkcje poszczególnych elementów i współzależności między nimi; elementy oznaczane są za pomocą odpowiednich symboli graficznych;
- **szkic** – rysunek zazwyczaj wykonywany odręcznie i niekoniecznie w podziałce; sporządza się w celu przedstawienia idei rozwiązania konstrukcyjnego lub wstępnego projektowania przedmiotu, a także do inwentaryzacji;
- **wykres** – graficzne przedstawienie zależności za pomocą linii na płaszczyźnie rysunku.

1.4. FORMATY ARKUSZY RYSUNKOWYCH

Rysunki techniczne wykonuje się na arkuszach rysunkowych o znormalizowanych wymiarach zgodnych z normami międzynarodowymi ISO [67] np. ISO-A (tab. 1.1) lub American National Standard (tab. 1.2). Zgodnie z PN-EN ISO 5457:2002/A1:2010 [67] arkusze serii ISO-A oznacza się dużą literą A i cyfrą określającą wymiary arkusza. Podstawowym formatem, od którego tworzone są pozostałe arkusze, jest format A4 o wymiarach 210×297 mm. Większe arkusze (A3, A2, A1, A0) powstają przez podwojenie długości krótszego boku mniejszego arkusza, natomiast mniejsze arkusze powstają przez skrócenie dłuższego boku większego arkusza o połowę (rys. 1.4).



Rys. 1.4. Formaty arkuszy rysunkowych

W sytuacji, gdy powyższe arkusze są niewystarczające, dopuszcza się stosowanie formatów wydłużonych. Tworzy się je z kombinacji wymiarów – krótszego boku formatu serii A (np. A2) oraz dłuższego wymiaru innego większego formatu serii A (np. A0). W przytoczonym przykładzie otrzymano arkusz oznaczony A2.0 o wymiarach 420×1189 mm.

Tabela 1.1. Wymiary formatów podstawowych arkuszy serii ISO-A [67]

Format	Wymiary arkusza obciętego (T) $a \times b$ [mm]	Pole rysunkowe $a_1 \times b_1$ [mm]	Wymiary arkusza nieobciętego (U)
A0	$841 \times 1189^*$	$821 \times 1159^*$	$880 \times 1230^*$
A1	$594 \times 841^*$	$574 \times 811^*$	$625 \times 880^*$
A2	$420 \times 594^*$	$400 \times 564^*$	$450 \times 625^*$
A3	$297 \times 420^*$	$277 \times 390^*$	$330 \times 450^*$
A4	$210^* \times 297$	$180^* \times 277$	$240^* \times 330$

* – wymiar boku poziomego.

Tabela 1.2. Wymiary formatów podstawowych wg American National Standard (ASME Y14.1M-2012)

Format	Wymiary arkusza obciętego (T) $a \times b$ [cale]	Marginesy [cale]
A	$8,5 \times 11$	$3/8$
B	11×17	$1/2$
C	17×22	$1/2$
D	22×34	$1/2$
E	34×44	$1/2$
F	28×40	$1/2$
J	34×48 (do 144)*	$1/2$

* – z przyrostem co 11 cali.

1.5. FORMATOWANIE ARKUSZY RYSUNKOWYCH

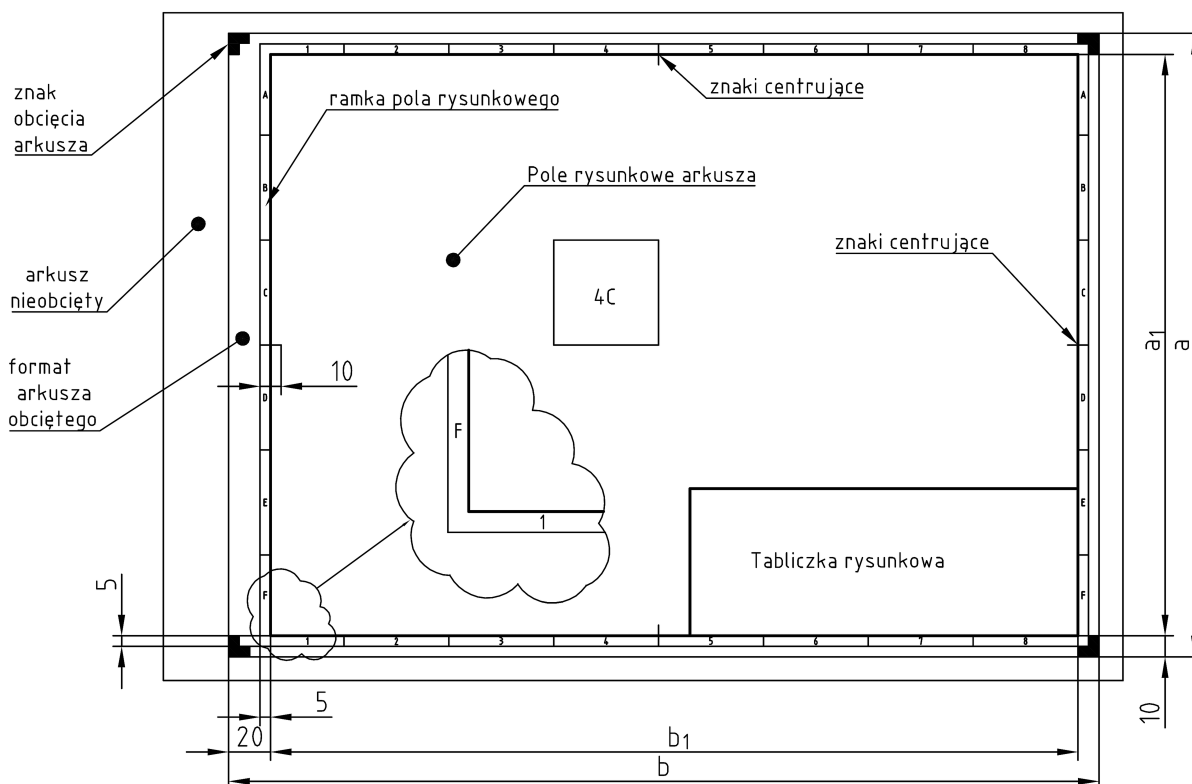
Wielkość arkusza rysunkowego dobiera się w taki sposób, aby na możliwie jak najmniejszym arkuszu i przy określonej podziałce rysunkowej zachować niezbędną czytelność przedstawianego elementu. W głównej mierze format arkusza zależy od wymiarów elementu i stopnia jego złożoności. Zgodnie z przyjętymi zasadami wykonywania rysunków technicznych wszelkie rysunki oraz opisy powinny zawierać się w obszarze arkusza określanym przez tzw. *pole rysunkowe* (tab. 1.1). Dostępne w sprzedaży arkusze mają zazwyczaj nieco większe wymiary. W związku z tym przed wykonaniem rysunku technicznego na arkuszu należy narysować:

- ramkę obcięcia arkusza,
- obramowanie pola rysunkowego,
- tabliczkę rysunkową,
- inne niezbędne oznaczenia (znaki centrujące, oznaczenie arkusza itp.) zgodnie z zasadą przedstawioną na rys. 1.5.

Ramkę obcięcia arkusza rysuje się tak, aby po obcięciu wzdłuż tej ramki arkusz miał znormalizowane wymiary zgodne z podanymi w tab. 1.1 lub tab. 1.2. W narożach tej ramki umieszcza się **znaki obcięcia** w postaci dwóch zachodzących na siebie prostokątów o wymiarach 10×5 mm. Znaki te nie są odcinane i pozostają w narożach arkusza. **Obramowanie** ograniczające pole rysunkowe arkusza rysuje się linią ciągłą grubą o grubości nie mniejszej niż 0,7 mm w odległości 20 mm od lewego brzegu arkusza i 10 mm od pozostałych krawędzi (rys. 1.5).

W prawym dolnym rogu arkusza umieszcza się **tabliczkę rysunkową**. Na arkuszach A0÷A3 tabliczkę umieszcza się wzdłuż dłuższego boku arkusza, a na arkuszu A4 – wzdłuż krótszego boku.

Na marginesach, w odległości 5 mm od ramki obramowania można umieścić **ramkę z podziałem pola rysunkowego na strefy**. Ramkę tę oraz linie siatki rysuje się linią cienką o grubości 0,35 mm. Pola podziału na strefy powinny mieć długość 50 mm i oznacza się je od góry ku dołowi dużymi literami oraz od lewej do prawej liczbami arabskimi o wysokości pisma 3,5 mm.



Rys. 1.5. Zasada sporządzania arkusza rysunkowego z podziałem na strefy (na rysunku zaznaczono przykładową strefę 4C) [62]

Ponadto w celu ustalenia rysunku do potrzeb reprodukcji lub mikrofilmowania na arkuszu można umieścić **znaki centrujące**. Zaleca się stosowanie odcinka rysowanego linią ciągłą grubą. Umieszcza się je na linii obramowania siatki odniesienia, na końcach dwóch osi symetrii obciętego arkusza, tak aby znak wychodził 10 mm poza ramkę pola rysunkowego.

Oznaczenie arkusza tworzą niżej wymienione elementy podane w następującej kolejności:

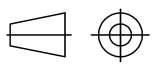
- blok opisowy,
- numer normy,
- oznaczenie formatu arkusza i symbol określający arkusz obcięty (T) lub nieobcięty (U),
- symbol rodzaju materiału (kalka papierowa 92,5 g/m² lub 112,5 g/m² – TP; papier nieprzeźroczysty 60 g/m²÷120 g/m² – OP; folia kreślarska o podłożu poliestrowym i grubości co najmniej 50 μm – PE),
- symbol nadruku na przedniej (F) lub tylnej (R) stronie arkusza,
- oznaczenie tabliczki rysunkowej zgodnej ze wzorem (TBL), jeżeli jest przewidziana.

Przykładowe oznaczenie wygląda następująco:
 Arkusz rysunkowy ISO 5457 - A3T - OP120 - F - TBL.

1.6. TABLICZKI RYSUNKOWE

Każdy rysunek techniczny powinien zawierać tabliczkę rysunkową umieszczoną w prawym dolnym rogu obramowania arkusza tak, aby stykała się ona z obramowaniem rysunku. Generalnie tabliczkę należy umieszczać wzdłuż dłuższego boku arkusza (tab. 1.1, rys. 1.5) za wyjątkiem formatu A4, na którym tabliczkę należy umieszczać wzdłuż krótszego boku arkusza. Zarys tabliczki oraz rubryki w tabliczce należy rysować linią ciągłą grubą. Natomiast kolumny oraz wiersze w poszczególnych rubrykach rozdziela się liniami ciągłymi cienkimi.

Zgodnie z normą PN-EN ISO 7200 [78] rozróżnia się tabliczki rysunkowe podstawowe, zmniejszone i uproszczone. Tabliczka powinna zawierać informacje, takie jak: nazwa i numer rysunku, podziałka, symbol określający metodę rzutowania, numer normy, zgodnie z którą jest sporządzana dokumentacja, użyte jednostki, tolerancje, wykonawcę dokumentacji z podpisami i datami oraz informacje dotyczące zmian na rysunku. Nad tabliczką rysunkową należy umieścić tabliczkę z wykazem części, w której zamieszcza się informacje związane z elementami przedstawionymi na arkuszu. W tabliczce tej podaje się: numer i nazwę części, liczbę sztuk, materiał, masę lub nr normy (rys. 1.6).

...	...	...	...		...
4	Śruba M10x45-5.6	10	-		PN-EN ISO 4014:2004
3	Wał pośredni	1	C45		Q100-004
2	Wał wyjściowy	1	C45		Q100-003
1	Wał wejściowy	1	C45		Q100-002
Nr części	Nazwa części	Ilość	Materiał	Masa [kg]	Nr rysunku/ uwagi
	Data	Nazwisko i Imię	Podpis	POLITECHNIKA KRAKOWSKA WYDZIAŁ MECHANICZNY INSTYTUT KONSTRUKCJI MASZYN KATEDRA PODSTAW KONSTRUKCJI MASZYN	
Rysował:	...	...	...		
Sprawdził:	...	...	...		
Zatwierdził:	...	...	...		
Oryginalny format: A0	Normy: ...	Podziałka: 1:1	Tytuł rysunku:	Reduktor walcowy dwu-stopniowy	
					
Nazwa zadania: ...	Nr zmiany: ...	Nr zadania Q100	Nr rysunku — 001	Pochodzenie rysunku: ...	
Archiwum: ...					

Rys. 1.6. Uproszczona tabliczka podstawowa do celów dydaktycznych

Każdy rysunek powinien mieć przypisany jednoznaczny numer własny. Na zamieszczonym przykładzie (rys. 1.6) numer własny umieszcza się w polu „Nr zadania – Nr rysunku”, podając np. zapis skrótowy urządzenia, którego dotyczy dokumentacja, oraz kolejny numer rysunku (np. Q100-001). Poszczególne elementy przedstawione na rysunku powinny być zestawione w tabliczce ze spisem części z odwołaniami do odpowiednich rysunków (na których są odwzorowane) lub norm przedmiotowych. Numery można tworzyć przez zmianę liczby po prawej stronie opisu (np. Q100-002, Q100-003,..., Q100-010).

1.7. LINIE RYSUNKOWE

1.7.1. RODZAJE I GRUBOŚCI LINII RYSUNKOWYCH

Podstawowymi narzędziami zapisu informacji na rysunku technicznym są linie rysunkowe (tab. 1.3). W celu zachowania zasady jednoznaczności zapisu i odczytu informacji zawartych na rysunku technicznym inżynier ma do dyspozycji różne linie rysunkowe, z których każda ma określone znaczenie. W zależności od typu rysunku (maszynowy, budowlany) stosuje się odpowiednie, **znormalizowane rodzaje linii** [6÷10] o określonych **znormalizowanych grubościach** [6]. W ogólnym przypadku na rysunku technicznym stosuje się trzy grubości linii (tab. 1.4):

- **linie cienkie** (o grubości $0,5 \times a$),
- **linie grube** (o grubości a),
- **linie bardzo grube** (o grubości $2 \times a$).

Zgodnie z normą PN-ISO 128-20 [6] grubości a grubych linii rysunkowych powinny wynosić: 0,13; 0,18; 0,25; 0,35; **0,5**; **0,7**; 1,0; 1,4 lub 2,0 mm. Grubość linii należy dobierać tak, aby zachować przejrzystość i czytelność informacji zawartych na rysunku. Z tego względu często dobiera się je na podstawie wielkości i złożoności przedstawianego obiektu, formatu arkusza oraz podziałki rysunkowej. Do sporządzania rysunków średniej wielkości jest zalecane stosowanie linii grubych o grubości $a = 0,5$ mm (rysunki z dużą liczbą szczegółów) lub $a = 0,7$ mm (rysunki z małą liczbą szczegółów) oraz odpowiadających im linii cienkich o grubościach 0,25 mm i 0,35 mm. Do sporządzania rysunków dużych zaleca się stosowanie grupy linii 1 (tab. 1.4), a do rysunków poglądowych – grupy linii 1,4. Na danym arkuszu powinna być tylko jedna wybrana grupa grubości linii.

Tabela 1.3. Rodzaje i grubości linii stosowane w rysunku technicznym maszynowym

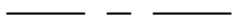
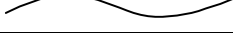
Rodzaj linii	Linia cienka	Linia gruba	Linia bardzo gruba
Linia ciągła			
Linia z długą kreską i kropką			
Linia z długą kreską i kropką (CAD)			
Linia kreskowa			
Linia ciągła zygzakowata			
Linia ciągła falista			
Linia z długą kreską i z dwiema kropkami			
Zalecana grubość linii	0,25 mm	$a = 0,5$ mm	1,0 mm
	0,35 mm	$a = 0,7$ mm	1,4 mm

Tabela 1.4. Grubości linii na rysunku technicznym maszynowym

Grupa linii	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Grubość linii cienkiej [mm]	0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1
Grubość linii grubej [mm]	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Grubość linii bardzo grubej [mm]	0,5	0,7	1,0	1,4	2	–	–

1.7.2. ZASTOSOWANIE LINII RYSUNKOWYCH

Do odwzorowania obiektów wykorzystuje się linie rysunkowe różnych typów i różnych grubości. Szczegółowe zasady zastosowania poszczególnych rodzajów linii w rysunku technicznym maszynowym i budowlanym są określone w normach [6÷10]. Najczęstsze zastosowania linii na rysunkach technicznych maszynowych omówiono w tab. 1.5 i przedstawiono na rys. 1.7. Należy mieć na uwadze, że podobne rodzaje i grubości linii są stosowane na rysunkach technicznych budowlanych [6, 9]. Istnieją jednakże istotne różnice w interpretacji znaczenia i zastosowania poszczególnych linii rysunkowych w rysunku technicznym maszynowym [10] i budowlanym [9, 143]. Zastosowanie linii rysunkowych w kontekście rysunków technicznych budowlanych zestawiono w tab. 1.6 na podstawie PN-ISO 128-23:2002 [9].

Tabela 1.5. Zastosowanie linii rysunkowych w rysunku technicznym maszynowym

Rodzaj linii	Zastosowanie
Linia ciągła gruba 	• zarysy i krawędzie widoczne w widokach, przekrojach oraz kładach przesuniętych (A1), • linia wierzchołków gwintu (A2), • granica długości gwintu pełnego (A3), • linie załamania płaszczyzn przekrojów (A4) i strzałki oznaczenia przekrojów (A5), • linie wykresowe – główne przedstawienia na wykresach, planach, schematach itp., • układ linii (np. w kratownicach), • linie podziału form na widokach.
Linia ciągła cienka 	• linie wymiarowe (B1) i linie pomocnicze wymiarowe (B2) oraz pozostałe elementy związane z wymiarowaniem, • linie wskazujące i linie odniesienia (B3), • kreskowanie przekrojów (B4), • krótkie linie środkowe (o długościach mniejszych niż 12 mm) (B5), • dno bruzdy gwintu (B6), • przekątne do oznaczenia powierzchni płaskich (B7), • oznaczenia chropowatości, tolerancji wymiarów itp. (B8), • linie wyobrażalne przenikania (B9), • zarysy kładów miejscowych (B10), • oznaczenie szczegółów powtarzanych (B11), • obramowanie szczegółów (B12), • linie gięcia na półwyrobach i częściach obrabianych (B13), • linie określające elementy zbieżne (B14), • zaznaczenie położenia warstw połączonych (np. blach transformatorowych), • linie rzutowania, • linie siatki na wykresach.
Linia ciągła bardzo gruba 	• połączenia lutowane i klejone (C1)
Linia cienka z długą kreską i kropką 	• linie środkowe i linie symetrii (D1), • średnice podziałowe kół zębatych (D2), ślimaków, wielowypustów itp., • płaszczyzny podziałowe otworów
Linia gruba z długą kreską i kropką 	• oznaczenie wymaganych obszarów (ograniczonych) obróbki powierzchniowej (E1), • zaznaczanie początku i końca przebiegu płaszczyzny przekroju (E2)