

GEOMETRIA I GRAFIKA INŻYNIERSKA A GEOMETRIA WYKREŚLNA – NOWA NAZWA CZY NOWA JAKOŚĆ ?

Miejsce geometrii wykreslonej powinny zajac nowy przedmiot – geometria inzynierska. Taki przedmiot, jak nauka geometrii obiektow inzynierskich, ze wspomaganie komputerowym jako podstawa tworzenia ich obrazow, bylyby uzyteczny w wyzszy stopniu niz tradycyjna geometria wykreslna traktowana niepoważnie jako tzw. „kreski”.

/Stanisław Polański/[1]

Grafika komputerowa jest od początku wiernym i bardzo użytecznym kompanem projektanta konstrukcji. Nie tylko staje się ona bodźcem dla jego wyobraźni, ale dostarcza informacji wizualnych, często niewyobrażalnych.

/Wacław Zalewski/[2]

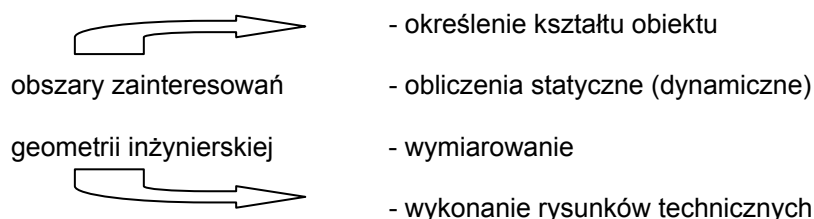
Od kilku lat daje się zaobserwować tendencję wypierania terminu *geometria wykreslna* przez termin *geometria i grafika inzynierska*, w odniesieniu do nazwy przedmiotu nauczania w wyższych szkołach technicznych. Konsekwencją tego zjawiska są zmiany nazw jednostek organizacyjnych w poszczególnych uczelniach, a także powstanie Polskiego Towarzystwa Geometrii i Grafiki Inżynierskiej. W referacie podjęto próbę określenia tego czym powinna być zdaniem autora *geometria inzynierska* jako przedmiot nauczania, w świetle etymologii tego terminu oraz faktycznych przesłanek, które spowodowały jego rozpowszechnienie się.

Słownikowe definicje pojęć *geometria* oraz *inżynieria* stanowiących źródłosłów rozpatrywanego terminu są następujące: *geometria – nauka zajmująca się badaniem stosunków przestrzennych*, *inżynieria – umiejętność projektowania i wznoszenia obiektów technicznych*. W oparciu o nie proponuje się zdefiniować geometrię inżynierską jako *naukę projektowania kształtów obiektów technicznych*. W tak rozumianej geometrii inżynierskiej, na pierwszym planie powinno postawić się twórcze rozwiązywanie problemów przestrzennych, traktując zagadnienia zapisu graficznego jako niezbędny lecz wtórny element projektowania. Zapis cech geometrycznych obiektów powinien być rozważany z punktu widzenia zastosowań współcześnie dostępnych narzędzi, w tym zwłaszcza technik komputerowych.

Rozwój technik komputerowego wspomaganie projektowania (CAD) był faktyczną przesłanką zmian stanowiących kanwę rozważań w niniejszym artykule. Techniki CAD z chwilą, w której pojawiła się w nich możliwość modelowania trójwymiarowego, odebrały monopol na rozwiązywanie zagadnień przestrzennych geometrii wykreslonej, posługującej się w tym celu konstrukcjami planimetrycznymi. Obok obligatoryjnego dotąd schematu - *problem przestrzenny* → *zapis graficzny* → *rozwiązanie za pomocą konstrukcji planimetrycznej*, pojawił się nowy schemat - *problem przestrzenny* → *rozwiązanie w przestrzeni wirtualnej* → *zapis graficzny*. Przy połączeniu technik CAD z komputerowym wspomaganie produkcji (CAM), w niektórych działach inżynierii np. związanych z produkcją maszyn i urządzeń posługiwanie się płaskim zapisem graficznym jest już konieczne wyłącznie ze względu na uwarunkowania prawne, stawiające wymóg opracowania dokumentacji w formie klasycznych rysunków technicznych.

Potraktowanie geometrii inżynierskiej jako nauki projektowania kształtów obiektów technicznych pozostaje wbrew pozorom w logicznym związku z jej usytuowaniem w planach studiów na pierwszym roku. Projektowanie każdego obiektu technicznego rozpoczyna się bowiem od obrania jego formy geometrycznej, zaś dopiero w dalszej kolejności wykonuje się obliczenia statyczne (dynamiczne), wymiaruje się poszczególne elementy konstrukcyjne, a w ostatniej fazie sporządza dokumentację rysunkową. Oryginalność śmiałych konstrukcji inżynierskich, których wiele zbudowano w ostatnich latach w krajach wysoko rozwiniętych, wynika w większym stopniu z nowatorstwa formy przestrzennej ustroju konstrukcyjnego niż z zastosowania nowych materiałów lub metod obliczeniowych. Istota twórczych działań inżyniera polega bowiem z jednej strony na koncepcyjnym wyprzedzaniu w procesie kształtowania formy wniosków z matematycznej analizy, z drugiej zaś na dostarczaniu materiałów dla tej analizy [3].

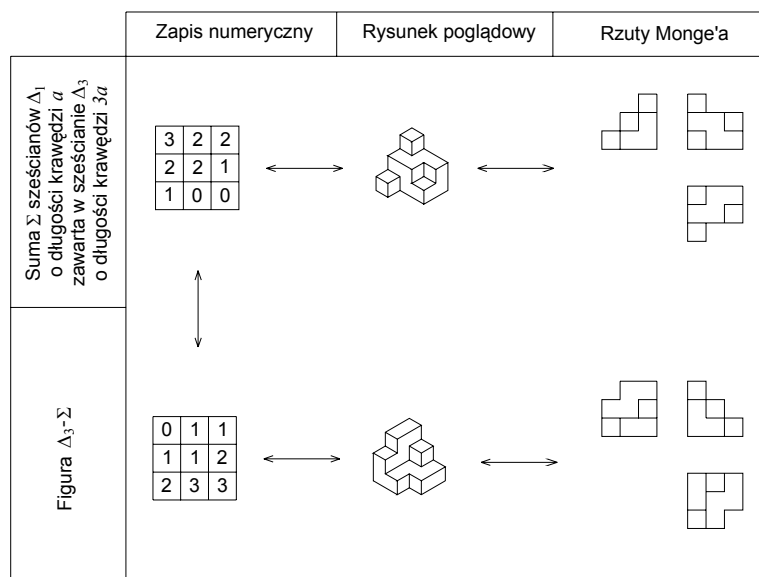
Tak samo zatem jak nauczanie mechaniki konstrukcji rozpoczyna się wcześniej niż nauczanie przedmiotów typowo konstrukcyjnych, tak i geometria inżynierska słusznie ulokowana jest na początku studiów. Koncentracja uwagi na zagadnieniach zapisu graficznego, powszechna w dotychczasowej dydaktyce, była niewątpliwie uzasadniona w przeszłości z powodów już omówionych, dziś jednak jest pewnym anachronizmem. Uznając jednak, że zainteresowania geometrii inżynierskiej obejmują również te zagadnienia okazuje się, że odgrywa ona rolę klamry spinającej początek i koniec procesu projektowania (rys.1). Umniejszanie roli przedmiotu wyraźnie dające się zauważyć w ostatnich latach poprzez zmniejszanie liczby godzin w minimach programowych jest w związku z tym w pełni nieuzasadnione.



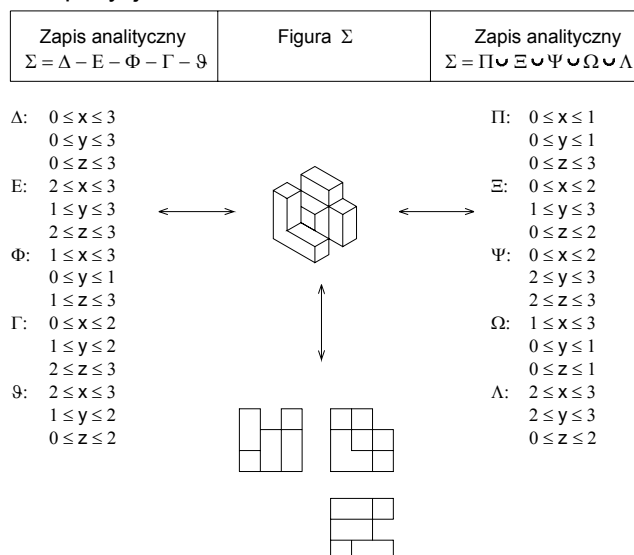
Rys. 1. Etapy projektowania obiektów technicznych.

Zmiana pierwszego planu w nauczaniu geometrii inżynierskiej, z zagadnień zapisu graficznego na rozwiązywanie problemów przestrzennych, może być osiągnięta przez stosowanie innych oprócz graficznego sposobów zapisu stosunków zachodzących w przestrzeni np. werbalnego, analitycznego itp. oraz samodzielne rozwiązywanie przez studentów problemów przestrzennych w przestrzeni wirtualnej [4]. Proces wizualizacji przedmiotu projektowania przebiega bowiem trój etapowo: od wizualizacji w umyśle projektanta, poprzez koncepcyjne szkice np. w aksonometrii lub perspektywie, po rysunki miarowe zaprojektowanego obiektu stanowiące środek przekazu informacji [5]. Dla kształtowania pierwszego z wymienionych etapów, który w całym procesie jest najważniejszy, geometria wykreślna nie jest środkiem najlepszym. Wprowadzenie nowych form ćwiczeń sprzyjać będzie wyeliminowaniu jednej z dotkliwych nieprawidłowości obecnych w dotychczasowej praktyce nauczania, polegającej na uczeniu się przez studentów konstrukcji planimetrycznych na pamięć, bez zrozumienia opisywanych przez nie sytuacji przestrzennych.

Propozycja 1:



Propozycja 2:



Rys. 2. Propozycje ćwiczeń doskonalących wyobraźnię poprzez posługiwanie się różnymi sposobami zapisu cech geometrycznych obiektu.

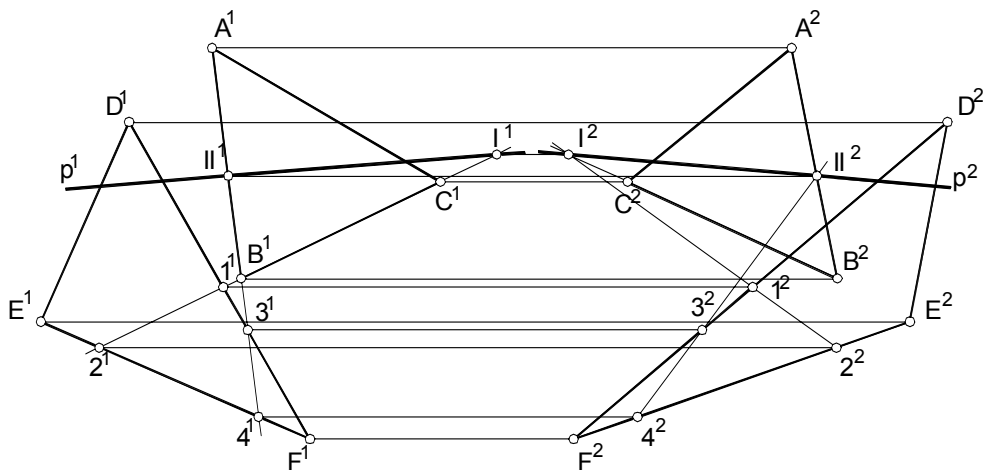
Wiadomości przekazywane studentom powinny odwoływać się do ich wiedzy wyniesionej ze szkół niższego stopnia, zarówno z zakresu matematyki jak i rysunku technicznego. Warto przy tym nadmienić, że zapis w metodzie Monge'a, jakkolwiek nie nazywany w ten sposób, był przed wprowadzeniem reformy systemu edukacji jednym z tematów nauczanych w szkole podstawowej [6], ale odwoływanie się do tej wiedzy w kursie geometrii wykreślnej lub inżynierskiej jest praktyką raczej niestosowaną. Uporządkowania wymaga nazewnictwo dotyczące płaskich i przestrzennych figur geometrycznych, czego najlepszym przykładem są różne i sprzeczne ze sobą definicje wielościanów, brył wielościennych itp. podawane przez autorów poszczególnych podręczników geometrii. Posługując się programami CAD już na etapie opracowywania koncepcji obiektu, nie można uważać bryły za model dachu ani zbioru płaskich figur ograniczających pewną przestrzeń za model tamy przegradzającej rzekę. Różnice, które w geometrii wykreślnej uwidaczniały się

dopiero na etapie konstruowania przekroju muszą być teraz postrzegane na wstępie, ponieważ konsekwencją popelnienia błędów może być powtórne modelowanie obiektu od początku.

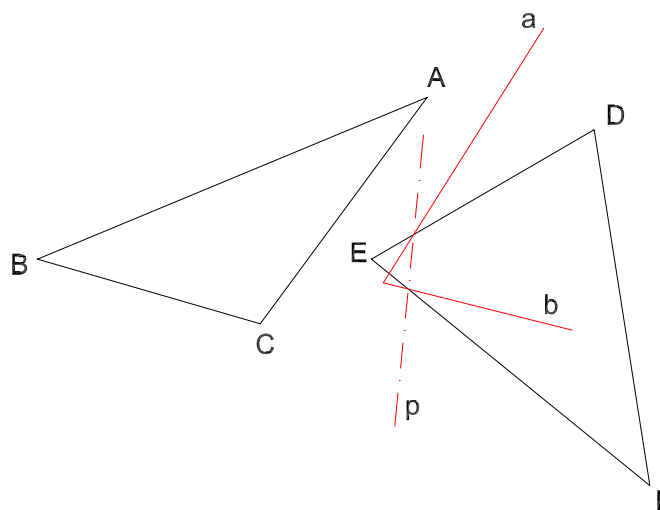
Przykłady ćwiczeń konkretyzujących wymienione do tej pory postulaty zilustrowano na rysunkach 2, 3 i 4. Rysunek 2 przedstawia propozycje ćwiczeń doskonalących wyobraźnię przestrzenną na zasadzie zamiany sposobu opisu trójwymiarowego obiektu. Obiekt, który jest zbiorem pewnej liczby sześcianów jest opisywany w aksonometrii, w metodzie Monge'a, poprzez zapis analityczny, przy czym raz jest traktowany jako suma, innym razem jako różnica brył lub poprzez zapis numeryczny zaproponowany w artykule [7]. Student może być też poproszony o narysowanie figury stanowiącej wynik odejmowania zadanej figury od innej, większej. Stopień skomplikowania ćwiczeń jest niewielki, tak że można je przeprowadzać już na początku kursu geometrii inżynierskiej, wykorzystując wiedzę nabytą w toku wcześniejszej nauki.

Rysunki 3 i 4 przedstawiają propozycje ćwiczeń, w których typowe zagadnienia geometryczne rozwiązywane mogą być za pomocą konstrukcji planimetrycznych lub w przestrzeni wirtualnej. Realizacja ćwiczeń w kolejności: najpierw samodzielna praca na komputerze następnie rozwiązanie tego samego problemu w zapisie wykreślnym, umożliwiłaby studentowi dogłębne zrozumienie zarówno związków zachodzących w przestrzeni jak i właściwości rzutowania prostokątnego. Dla urozniczenia tematów identyczne problemy przestrzenne mogą zostać wkomponowane w różną treść zadań.

a)

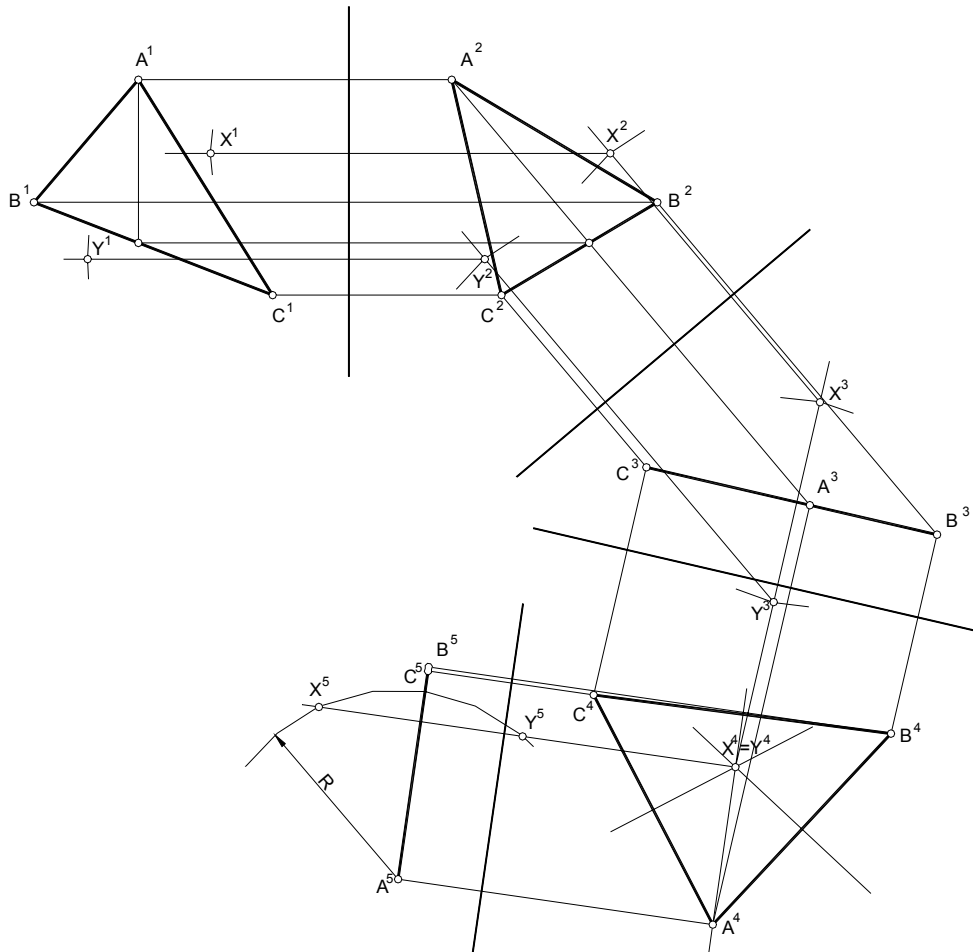


b)

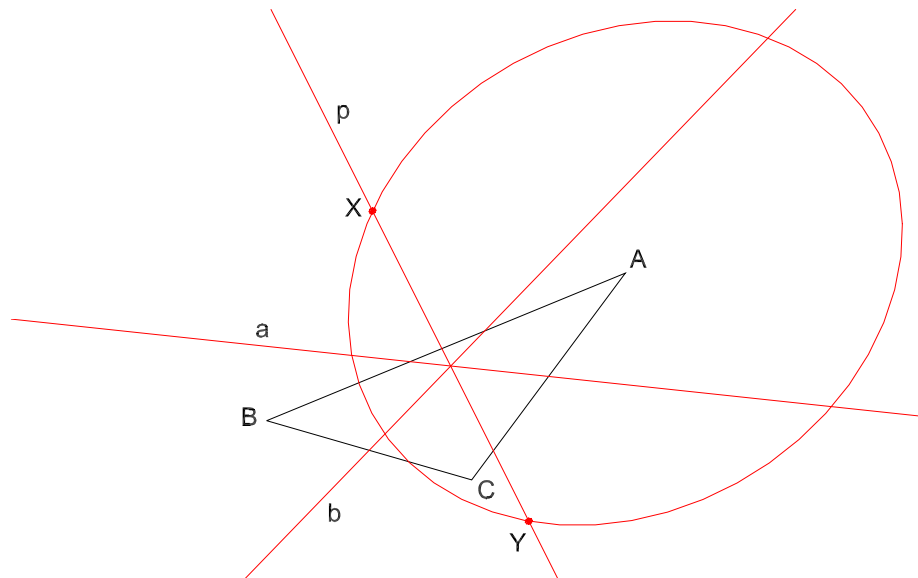


Rys. 3. Konstrukcja prostej będącej iloczynem płaszczyzn reprezentowanych przez dwa rozłączne trójkąty:
a) konstrukcja planimetryczna, b) konstrukcja w przestrzeni wirtualnej (opis w tekście).

a)



b)



Rys. 4. Konstrukcja punktów oddalonych o tę samą zadaną odległość od trzech innych punktów:
 a) konstrukcja planimetryczna, b) konstrukcja w przestrzeni wirtualnej (opis w tekście).

Do realizacji ćwiczeń najważniejsze jest oprogramowanie nie zaliczające się do najnowszej generacji. Wiadomo np., że miejscem geometrycznym punktów równo oddalonych od trzech innych punktów (rys. 4) jest iloczyn sfer o środkach w tych punktach i

jednakowym promieniu. Posłużenie się programem komputerowym, który potrafi wykonać takie działania uczyni rozwiązanie problemu banalnym i nie wykaże związku pomiędzy operacjami wykonywanymi w przestrzeni oraz w konstrukcji planimetrycznej. Zamierzone korzyści można jednak osiągnąć korzystając np. z programu AutoCAD, w którym łatwo używając typowej terminologii wykazać analogię pomiędzy transformacją prostej lub płaszczyzny w tradycyjnym rozumieniu, a zmianą położenia płaszczyzny xy aktualnego układu współrzędnych (LUW) względem rozważanej podprzestrzeni, podobnie – analogię pomiędzy rzutowaniem prostokątnym a stosowaniem filtrów współrzędnych.

Konstrukcje prezentowane na rysunkach 3b) i 4b) zostały zrealizowane zgodnie z zaprezentowaną filozofią. Konstrukcja prostej stanowiącej iloczyn dwóch płaszczyzn (rys. 3b) sprowadza się do następujących kroków:

- utworzenie LUW, w którym płaszczyzna xy zjednoczona jest z płaszczyzną ABC ,
- konstrukcja prostej a stanowiącej rzut prostokątny prostej DE na płaszczyznę ABC ,
- konstrukcja prostej b stanowiącej rzut prostokątny prostej EF na płaszczyznę ABC ,
- konstrukcja prostej p jako złącza punktów będących iloczynami prostych a i DE oraz b i EF , stanowiących punkty przebicia prostymi DE i EF płaszczyzny ABC .

Konstrukcja punktu równoodległego od trzech innych punktów (rys. 4b) realizowana jest następującymi etapami:

- utworzenie LUW, w którym płaszczyzna xy zjednoczona jest z płaszczyzną ABC , zaś oś x dodatkowo z prostą AC ,
- konstrukcja symetralnej odcinka AC jako prostej równoległej do prostej y aktualnego LUW przechodzącej przez środek odcinka AC ,
- analogiczne czynności lecz w odniesieniu do prostej BC ,
- konstrukcja prostej p prostopadłej do płaszczyzny ABC przy zastosowaniu filtrów współrzędnych,
- zmiana LUW tak, aby płaszczyzna xy była złączem prostej b i punktu A ,
- utworzenie okręgu o środku w punkcie A i zadanym promieniu,
- znalezienie szukanych punktów X i Y na przecięciu okręgu z prostą p .

Drugim zasadniczym elementem proponowanych przez autora innowacji w dydaktyce geometrii inżynierskiej jest wzbudzenie inwencji twórczej u studentów, z jej ukierunkowaniem na problematykę kierunku studiów. Służyć temu mogą tak pomyślane tematy ćwiczeń, w których rozwiązanie jest niejednoznaczne, wymagające od studenta oprócz wiedzy i umiejętności z zakresu złożonych zależności przestrzennych również intuicji konstrukcyjnej oraz wrażliwości estetycznej. Doskonalenie tych przydatnych inżynierowi umiejętności może być tym efektywniejsze, jeżeli student będzie mógł skonfrontować wyniki pracy własnego umysłu z rezultatami osiągniętymi przez kolegów, co można łatwo zapewnić przez wydawanie identycznego tematu w grupie i późniejszą dyskusję indywidualnie osiągniętych rozwiązań lub prezentację prac w gablotach. Opcjonalnie, każdy student może otrzymywać temat indywidualny i być zobowiązany do przedstawienia kilku alternatywnych rozwiązań, co wydaje się jednak nastęrczać trudności w opracowaniu dużej liczby różnych lecz jednakowo oryginalnych tematów.

Istotą ćwiczeń „z inwencji” ma być jej doskonalenie w obszarach kluczowych dla obranego kierunku studiów. W dziedzinie bliskiego autorowi budownictwa mogą to być np. zagadnienia kształtowania dachów płaskopłaciowych, tarczownicowych lub powłokowych przekryć budowlanych, przestrzennych ustrojów prętowych itp. Przedmioty kierunkowe realizowane na wyższych latach studiów zwykle nie rozwijają kreatywności w tym zakresie. Student najczęściej dokonuje analizy obliczeniowej obiektu o strukturze geometrycznej narzuconej przez nauczyciela. Jedynym wyjątkiem bywa niekiedy praca dyplomowa.

Rozwiązania postulowanych prac projektowych mogą być realizowane przy wspomaganii komputerowym lub w zapisie wykreślnym, w zależności od możliwości techni-

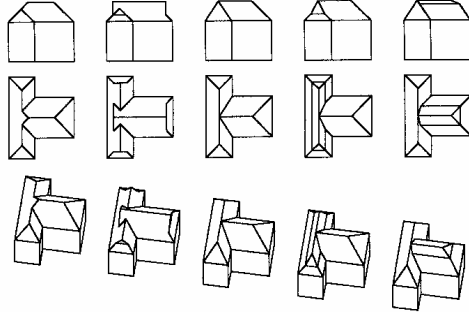
Propozycja 1:

Temat: Zaprojektuj kształt dachu płaskopłociowego stanowiącego przekrycie budynku o zadanym rzucie poziomym.

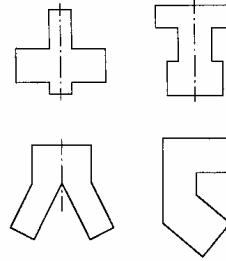
Założenie:



Przykładowe rozwiązania:



Przykłady innych założeń:



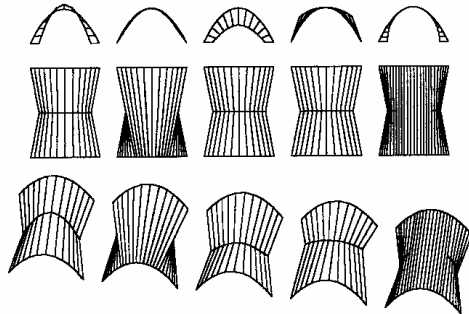
Propozycja 2:

Temat: Zaprojektuj kształt powłoki budowlanej stanowiącej przekrycie budynku o zadanym rzucie poziomym oraz elewacjach frontowych.

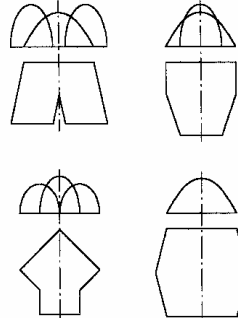
Założenie:



Przykładowe rozwiązania:



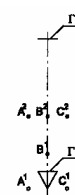
Przykłady innych założeń:



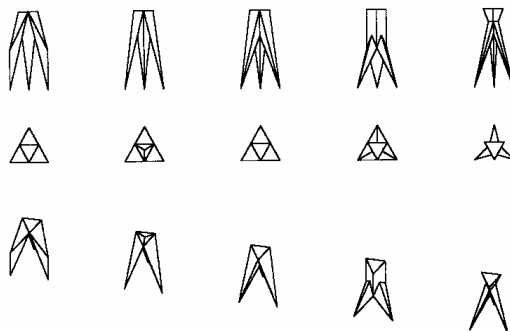
Propozycja 3:

Temat: Zaprojektuj kształt konstrukcji wsporczej platformy Γ podpartej w punktach A, B i C.

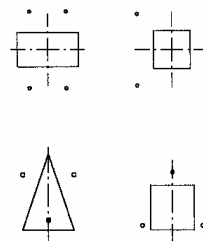
Założenie:



Przykładowe rozwiązania:



Przykłady innych założeń (rzuty poziome):



Rys. 5. Propozycje ćwiczeń z zakresu kształtowania konstrukcji budowlanych.

cznych oraz preferencji nauczyciela. Student powinien posługiwać się w tym celu umiejętnościami nabytymi uprzednio na drodze wykładów i ćwiczeń uczących go opanowania zależności przestrzennych i zasad sporządzania zapisów graficznych na płaszczyźnie. Ćwiczenia z komputerem lub deską kreślarską mogą być wzbogacone o wykonywanie modeli np. kartonowych - ręcznie lub, co pozostaje raczej w sferze marzeń w związku z rzeczywistością finansową naszych uczelni, przy zastosowaniu techniki CAM (patrz artykuł [8]). Na rys. 5 przedstawiono konkretne propozycje takich ćwiczeń adresowane do kierunku budownictwo. Ich niewątpliwym ubocznym atutem byłoby wyraźne wskazanie przydatności przedmiotu dla problematyki kierunku studiów.

Dotychczasowe zainteresowania przedmiotu geometria i grafika inżynierska dotyczą, przynajmniej w części uczelni, zagadnień rysunku technicznego [9]. Nauka szczegółowych zasad oznaczania i wymiarowania obiektów inżynierskich już na pierwszym roku studiów, chociaż ugruntowana w dotychczasowej praktyce, wydaje się być nieuzasadniona z punktu widzenia kolejności projektowania inżynierskiego przedstawionej na rys. 1. O ile w wyborze pierwotnego kształtu obiektu intuicja i wyobraźnia projektanta odgrywają rolę co najmniej równorzędną z jego wiedzą techniczną, to zapis obiektu w postaci rysunku technicznego uwzględnia już wyniki szczegółowych analiz statyczno-wytrzymałościowych, konstrukcyjnych i technologicznych, a więc wymaga pełnego zaangażowania wiedzy technicznej, która studentom pierwszego roku jest jeszcze prawie w zupełności obca.

Łączne nauczanie teoretycznych podstaw odwzorowań graficznych oraz przepisów regulujących sporządzanie dokumentacji rysunkowych budzi dodatkowe wątpliwości spowodowane tym, że w istocie oznaczenia graficzne stosowane na rysunkach technicznych są umowne i w małym stopniu odzwierciedlają rzeczywiste cechy geometryczne obiektów. Faktycznie, nauczanie sprowadza się do przekazania informacji o zawartości aktów prawnych, w tym co niezbędne, wykraczających poza materię sporządzania dokumentacji rysunkowych.

W nauczaniu zapisu konstrukcji zaangażowanie techniki komputerowej jest nieodzowne. Studia w wyższej szkole technicznej, oprócz podniesienia na wyższy poziom intelektualny, przygotowują absolwenta do wykonywania zawodu inżyniera określonej specjalności i powinny zagwarantować mu zdobycie umiejętności, które w wykonywaniu tego zawodu są niezbędne. W dzisiejszych realiach taką niezbędną umiejętnością jest posługiwanie się programami CAD. Wobec powszechnej tendencji do łączenia tych programów w zintegrowane pakiety umożliwiające kompleksowe projektowanie od kształtowania poprzez obliczenia statyczno-wytrzymałościowe, konstruowanie, aż po gotowe rysunki, pojawia się pytanie czy w ramach przedmiotu geometria i grafika inżynierska, na pierwszym roku studiów, w okrojonej liczbie godzin, można i należy tego wszystkiego uczyć?

Zdaniem autora należy wyodrębnić co najmniej dwa przedmioty mieszczące się w rozpatrywanym obszarze zainteresowań. Rolą jednego z nich, nauczanego na pierwszym semestrze studiów powinno być doskonalenie wyobraźni przestrzennej u studentów oraz swoista weryfikacja ich uzdolnień, w kontekście licznych naborów i obniżającego się w związku z tym średniego poziomu przygotowania kandydatów. Drugiego przedmiotu należy nauczać tych, którzy uzyskali pozytywny wynik wstępnej weryfikacji oraz mają ogólną choćby wiedzę techniczną związaną z obranym kierunkiem studiów. Przedmiot ten nie musi być wcale odsunięty daleko w planie studiów. W wielu uczelniach naucza się na pierwszym semestrze tzw. propedeutyki kierunku (tak jest na wydziałach budowlanych), dość wcześnie rozpoczyna się również naukę mechaniki. Przedmioty te pod warunkiem prawidłowej ich realizacji mogą stanowić wystarczającą podbudowę dla zawansowanej geometrii i grafiki inżynierskiej. Oczywiście, nauczycielami jej mogą być tylko inżynierowie odpowiednich specjalności.

Autor dostrzega możliwość zwiększenia liczby godzin do dyspozycji szeroko pojętej geometrii i grafiki inżynierskiej, bez zwiększania ogólnej liczby godzin w planie studiów. Jak już było powiedziane, zaangażowanie techniki komputerowej, w tym wysoko specjalistycznego oprogramowania inżynierskiego, jest w dydaktyce przedmiotu nieodzowne. Tymczasem w minimach programowych, a co za tym idzie – w planach studiów, wciąż pozostaje pewna liczba godzin zajęć z tzw. podstaw informatyki, z wyraźnym przeznaczeniem ich na naukę obsługi podstawowego oprogramowania biurowego, która w założeniach wprowadzanej obecnie reformy systemu edukacji powinna być realizowana w gimnazjum. Kontynuacja reformy musi wobec tego skutkować adekwatnymi zmianami w tematyce przedmiotów realizowanych w szkołach wyższych.

Konkluzją poglądów przedstawionych w artykule jest apel adresowany do środowiska reprezentowanego przez Polskie Towarzystwo Geometrii i Grafiki Inżynierskiej o zmianę nastawienia do zakresu nauczanych treści, który powinien uwzględniać dynamiczny rozwój technologii, jakiego jesteśmy świadkami. Rozwój ten umożliwiający konstrukcję obiektów o niewyobrażalnych uprzednio formach przestrzennych nie jest dla nas wrogiem ale przyjacielem i otwiera przed nami nowe pola zarówno dla zaspokojenia własnych ambicji twórczych jak i kształtowania w tym duchu sylwetek przyszłych absolwentów. Przekonajmy o tym najpierw siebie, a następnie przekonajmy tych, którzy określają ramy w jakich przychodzi nam działać.

LITERATURA:

- [1] S. Polański: „Geometria a nauki techniczne”, Sympozjum „Geodezja i Geometria Inżynierska w Budownictwie i Inżynierii”, Rzeszów 1996.
- [2] W. Zalewski: „O wszczęcie nauczania projektowania konstrukcji”, Inżynieria i Budownictwo nr 10-12/1989.
- [3] S. Kuś, W. Zalewski: „Kształtowanie konstrukcji – referat wprowadzający”, Sympozjum „Projektowanie koncepcyjne – kształtowanie konstrukcji”, Rzeszów 2000.
- [4] R. Górka: „Dydaktyka przedmiotu: *grafika inżynierska* w kontekście obrad 52 dorocznej konferencji ASEE/EDGD”, Biuletyn PTGiGI, Zeszyt 5, Gliwice 1998.
- [5] S. Nagano: „Towards Establishment of a Standard Course for Fundamental Graphics Education”, 7-th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry, Kraków 1996.
- [6] W. Bober: „Ćwiczenia rysunkowe na zajęciach technicznych w klasach 7,8”, WSiP, Warszawa 1992.
- [7] L. Goss: „Presentation of Visualization Problems Using an Expanded Coded Plan Technique”, 7-th International Conference..., Kraków 1996.
- [8] D. Juricic, R. Barr: „New Developments in Engineering design Graphics: EDG with a CAD/CAM Component”, 7-th International Conference..., Kraków 1996.
- [9] Geometria wykreslna – przegląd programów, OGiGI Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998.

ENGINEERING GEOMETRY AND GRAPHICS BUT DESCRIPTIVE GEOMETRY – NEW DESIGNATION OR NEW QUALITY?

A trend to replace a term *descriptive geometry* by a term *engineering geometry and graphics* has been observed for the last few years. Changes of designations of departments in the majority of technical universities and coming into existence of Polish Society of Engineering Geometry and Graphics are direct reflexes of this phenomenon. In the paper a trial of a definition of the term *engineering geometry and graphics* has been undertaken. The Authors opinion about necessary directions of an evolution of curriculum of the above-mentioned subject is presented.