

3D W PRZEMYŚLE OKRĘTOWYM (1)

– PRZESTRZENNE PROJEKTOWANIE KADŁUBA STATKU

Zagadnienia ogólne budownictwa okrętowego

Aby dotrzymać kroku czołowym przemysłom okrętowym na świecie, przemysł stoczniowy w Polsce został zmuszony do sięgnięcia po nowe narzędzia wspomagające projektowanie i produkcję statków.

By uświadomić sobie problemy dotyczące projektowania i produkcji konstrukcji okrętowych, należy pamiętać o tym, że większość budowanych obecnie statków handlowych



Rys. 1. Plan ogólny statku. Zaznaczona przy dnie skala to kolejne przekroje wręgowy (poprzeczne) w odległości 700 mm jeden od drugiego [W. Bobiński – praca przejściowa 1994/95]

ma od ok. 150 do 180 m, a niektóre nawet więcej (200, 250 m) długości, 25–30 m szerokości, 10–12 m zanurzenia i ok. 50 m wysokości, licząc wraz z nadbudówką (rys. 1. Plan ogólny statku). Można też założyć, że sam kadłub statku składa się z ok. 50 000–100 000 elementów, a kilkakrotnie więcej elementów stanowi jego wyposażenie. Dłu-

dunkowi bezpieczeństwa, a załodze możliwie komfortowych i bezpiecznych warunków pracy.

Zastosowanie CAD w przestrzeni 3D do prac projektowych i obliczeń hydrostatycznych

By skrócić cykl produkcyjny do wspomnianych 6 miesięcy, wprowadzono nowe systemy umożliwiające zbudowanie statku w tak krótkim czasie. Oprócz działań z zakresu organizacji pracy sięgnięto po technikę komputerowego wspomaganie projektowania i produkcji. Programów, które mogą w większym lub mniejszym zakresie wspomóc pracę projektanta i konstruktora, a także technologów i pracowników bezpośrednio produkcyjnych, jest bardzo wiele.

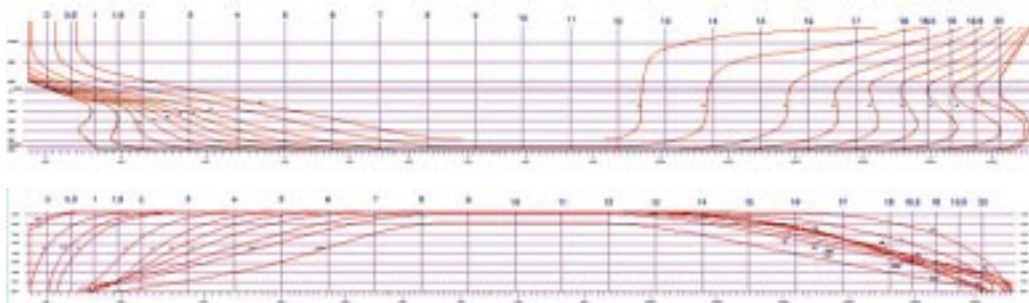
Podzielić je można przynajmniej na dwie kategorie:

- ogólnoinżynierskie, takie jak: AutoCAD, MiroStation, 3D Studio;
- napisane i przeznaczone specjalnie dla przemysłu okrętowego: TRIBON, AutoShip, NAPA, PIAS, NUPAS.

Pierwsza grupa to programy, którymi posługują się raczej nieduże firmy usługowe wykonujące projekty remontów lub projekty fragmentów konstrukcji okrętowych. Zakup tego typu oprogramowania nie jest zbyt kosztowny, czego nie można powiedzieć o programach drugiej grupy.

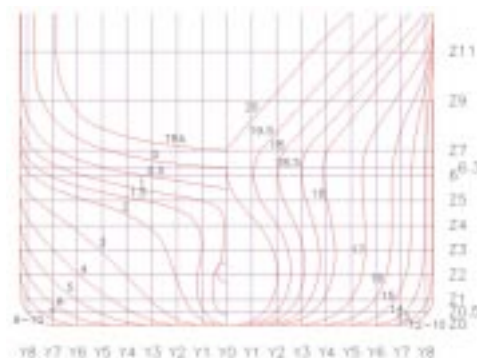
Druga grupa pakietów przeznaczona jest dla średnich i dużych stoczní, w szczególności

takich, które są nie tylko montowniami statków według powierzonych projektów, ale także projektują i budują jednostki od podstaw. Programy te są zwykle przeznaczone dla komputerów typu *workstation* i pracują najczęściej w sieci, tak by prace poszczególnych projektantów i konstruktorów można było scalać w jeden projekt statku. Wyjątkami w tej grupie programów są AutoShip i PIAS, mające swe wersje przeznaczone na komputery PC. Z reguły jednak poziom skomplikowania konstrukcji i jej wielkość skłania produ-



Rys. 2a. Linie teoretyczne statku w przestrzeni 2D

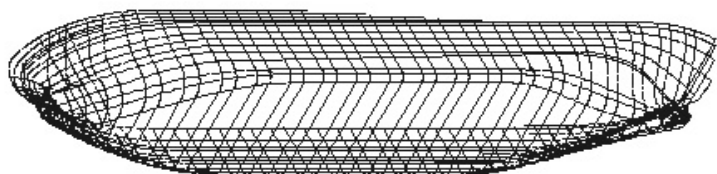
gość rur i kabli położonych na statku i zapewniających jego niezawodną eksploatację mierzy się w dziesiątkach kilometrów, a jednostka musi być zbudowana w ciągu 6–8 miesięcy. W tym czasie należy statek zaprojektować, stworzyć dokumentację wykonawczą i wszystko to zbudować pod pilnym nadzorem Armatora i Towarzystwa Klasyfikacyjnego. Spośród konstrukcji lądowych statki przypominają swą wielkością konstrukcje mostostalowe (nie przypadkiem stalowe przęsła najnowszego 150-metrowego mostu na Odrze w Szczecinie budowała Stocznia Szczecińska S.A.), a stopniem skomplikowania – fabrykę chemiczną. Trzeba też zwrócić uwagę na konieczność zapewnienia statkowi i pracującej na nim załodze dużego stopnia autonomiczności, jako że między pobytami w kolejnych portach może upłynąć nawet kilka tygodni. Autonomiczność rozumiana jest jako niezależność od zaopatrzenia i pomocy z lądu oraz zapewnienie łą-



Rys. 2b. Rysunki linii teoretycznych na płaszczyźnie – wręgi (przekroje poprzeczne) numery narastające od rufy do dziobu.

centów oprogramowania do przeznaczania pakietów na duże maszyny typu SUN czy VAX.

System CAD/CAM dla budownictwa okrętowego jest pewnym odzwierciedleniem toku projektowania i budowania statku i zaczyna się od stworzenia kadłuba teoretycznego, na który składają się linie teoretyczne statku (są to ślady przekrojów wzdłużnych, wręgowych – poprzecznych i wodnicowych – równoległych do powierzchni wody) oraz wymiary główne kadłuba – por. rys 2.



Rys 2c. Przestrzenne linie teoretyczne statku – wykonane programem TRIBON.

Kształt kadłuba określa się na podstawie wielu parametrów, z których najważniejsze to:

- statystyczne wielkości wynikające z już zbudowanych statków;
- warunki oporowe wynikające z badań modelowych i teoretycznych obliczeń oporu;
- rodzaj przewożonego ładunku;
- prędkość jaką statek ma osiągnąć oraz inne.

Parametrów tych jest wiele i prócz dużej wiedzy teoretycznej, by zaprojektować możliwie najlepszy (szybki, bezpieczny, lekki, łatwy w produkcji i tani w budowie i eksploatacji) statek, nieodzowne jest doświadczenie projektanta. (Należy właściwie mówić o zespołach projektancko – konstrukcyjnych, jako że nad projektem statku i jego konstrukcją pracują zespoły kilkudziesięciosobowe).

Dzięki zastosowaniu pakietów CAD projektant może się skupić na samym projekcie, a pracochłonne obliczenia i, oczywiście, kreślenie kolejnych wersji projektu wykonuje system. Tę część procesu budowy statku wspomagają komputerowo systemy wstępnego projektowania kadłuba, takie jak NAPA, PIAS czy NUPAS. Systemy te obliczają jednocześnie na podstawie wygenerowanego kształtu podstawowe dane z zakresu hydrostatyki i hydrodynamiki statku, takie jak:

- objętość zanurzonej części kadłuba;
- pole powierzchni zwilżonej (informacja niezbędna do obliczeń oporowych i doboru silnika głównego);
- momenty bezwładności przekrojów wodnicowych, (dla przewidywania zachowania się statku w warunkach morskich);
- promienie metacentryczne (położenie pozornych środków obrotu statku przy kołysaniach);
- współczynniki pełnotliwości (stosunek rzeczywistej objętości kadłuba do iloczynu prostopadłościąnu opisanego na nim);
- oraz inne dane.

Ponadto pakiety te obliczają i kreślą wykresy niezbędne do prawidłowego zaprojektowania, zbudowania i eksploatacji statku (arkusz krzywych hydrostatycznych, skala Bonjean'a, pantokareny). W Stoczni Szczecińskiej S.A do generowania kształtu i obliczeń hydro-

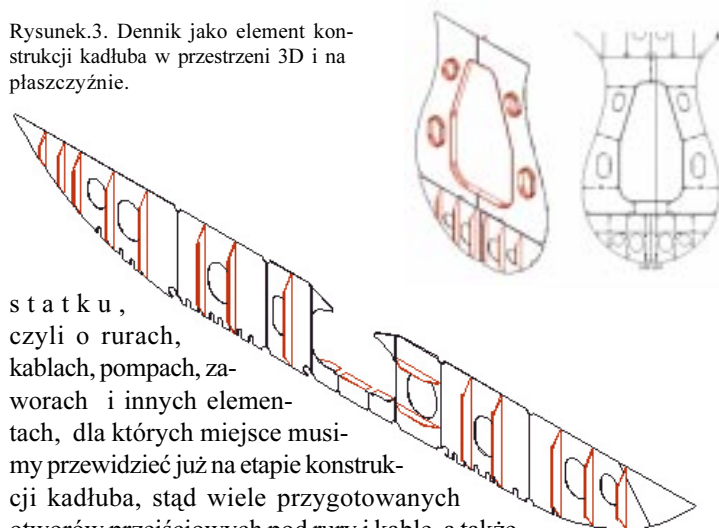
mechanicznych używany jest pakiet NAPA. W obliczeniach wielkości związanych z nieopisywalnym matematycznie kształtem kadłuba, system ten korzysta z procedur całkowania numerycznego. Dokładność obliczeń jest w takim przypadku proporcjonalna do wielkości narzuczonego podziału wręgowego, czyli do wziętej do obliczeń liczby przekrojów kadłuba.

Zastosowanie CAD do prac konstrukcyjnych

Gdy zaprojektowany jest już kształt kadłuba, należy go „obudować” blachą – poszyciem i usztywnić, czyli skonstruować system usztywnień poprzecznych i wzdłużnych zapewniających wymaganą wytrzymałość mechaniczną budowanego statku. Ten etap produkcji statku jest wspomagany w Stoczni Szczecińskiej S.A. pakietem szwedzkiej firmy KCS (Kockums Computer System) o nazwie TRIBON. Należy w tym momencie zaznaczyć, że system TRIBON nie wspomaga procesu decyzyjnego projektanta, nie jest też narzędziem optymalizacji konstrukcji. Tę część projektu wspomagają programy oparte na przepisach poszczególnych towarzystw klasyfikacyjnych oraz programy obliczeń wytrzymałościowych wykorzystujących popularną obecnie metodę elementów skończonych. Oczywiście już na tym etapie można rozpocząć modelowanie kadłuba w systemie TRIBON. Polega ono na stworzeniu i umieszczeniu w trójwymiarowej przestrzeni statku wszystkich jego elementów, z jednoczesnym określeniem ich kształtu, materiału, rodzaju obróbki, stanowisk warsztatowych, na których dana część będzie prefabrykowana i wielu innych informacji produkcyjnych.

Elementy konstrukcji kadłuba umieszczamy w przestrzeni 2D na panelach leżących w płaszczyznach przekrojów poprzecznych i wzdłużnych kadłuba teoretycznego. Jednocześnie trzeba pamiętać o wyposażeniu

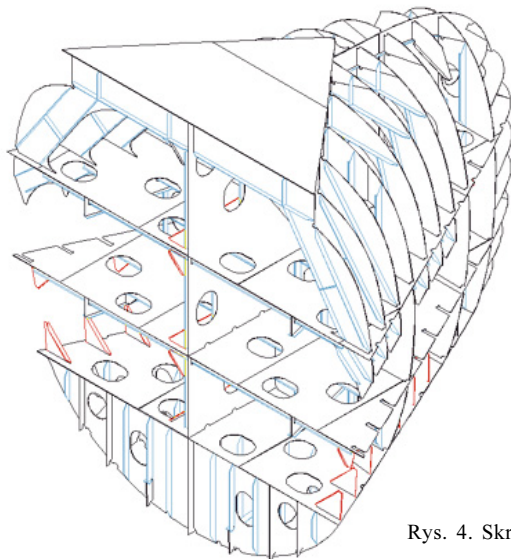
Rysunek.3. Dennik jako element konstrukcji kadłuba w przestrzeni 3D i na płaszczyźnie.



statku, czyli o rurach, kablach, pompach, zaworach i innych elementach, dla których miejsce musimy przewidzieć już na etapie konstrukcji kadłuba, stąd wiele przygotowanych otworów przejściowych pod rury i kable, a także małych wrycięć (skalopsów) umożliwiających dokładne spawanie – por. rys 3.

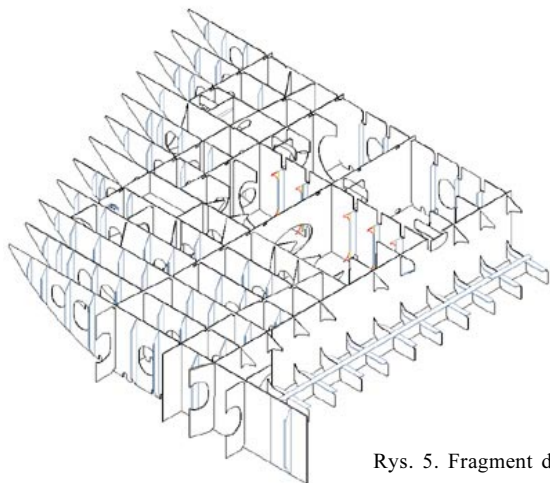
Pakiet Tribon ma oczywiście możliwości prezentacji zaprojektowanej konstrukcji w przestrzeni 3D, co wykorzystywane jest do koordynacji elementów konstrukcji w szczególnie skomplikowanych fragmentach kadłuba (skrajniki dziobowy i rufowy, rys 4.; dno podwójne rys. 5.) Prezentowana w ten sposób konstrukcja jest „widzia-

na” niemal natychmiast nawet przez laika, a trzeba przyznać, że nawet doświadczeni konstruktorzy korzystają z tego niewątpliwego usprawnienia. Jeszcze do niedawna dużymi i o pierwszorzędym znaczeniu działami stoczni były modelarnie, gdzie budowano plastikowe



Rys. 4. Skrajnik.

i drewniane modele skomplikowanych części kadłuba i bloków wyposażenia siłowni. Zdarzały się nawet modele w skali 1:1 (!!!). Zrobienie takiego modelu, aczkolwiek tańsze niż poprawianie źle zaprojektowanej i zespanej konstrukcji, było jednak kosztowne i czasochłonne, a wiadomo, że czas to pieniądz. Była to i tak tańsza metoda od zastosowanej, jak głosi anegdota, przez cara Piotra Wielkiego, który chcąc stworzyć Flotę Czarnomorską kazał pociąć na plastry kupiony w Holandii statek, po czym przetransportować go

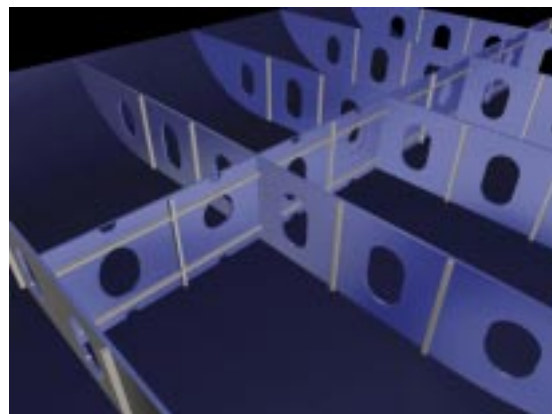


Rys. 5. Fragment dna podwójnego.

z Petersburga na Morze Czarne i tam budować nowe jednostki na wzór pociętej, będącej przecież niczym innym, jak modelem (i dokumentacją) w skali 1:1.

Stworzenie konstrukcji w przestrzeni wirtualnej i możliwość zobaczenia jej niemal „jak żywej” jest rozwiązaniem najtańszym i pozwalającym na projektowanie konstrukcji poprawnej i technologicznej, to znaczy takiej, do której spawacz może się dostać i może ją spawać

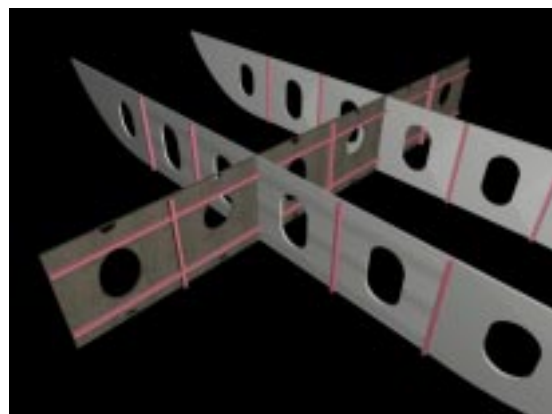
w naturalnej pozycji. Na razie dokumentacja wykonawcza drukowana jest w formie tradycyjnych rysunków technicznych pokazujących widoki i przekroje, ale coraz częściej zamiast wgłębiać się w zawłóci rysunku płaskiego sięgamy po dokumentację 3D, mimo że środowisko okrę-



Rys. 6. Skrzyżowanie denników.

towców zaliczyć należy do konserwatywnych.

Poszczególne fragmenty konstrukcji kadłuba można przedstawiać oczywiście w wielu innych programach, takich jak 3DStudio. Doskonale nadają się one do tworzenia prezentacji i rysunków poglądowych. Znajdują zatem szerokie zastosowanie w nauczaniu takich przedmiotów budownictwa okrętowego, jak: konstrukcja okrętu, rysunek techniczny i okrętowy oraz podstawy informatyki i obsługi komputerów. Zastosowanie tych programów do tworzenia prezentacji w dobie



Rys. 7. Skrzyżowanie denników.

panującego kapitalizmu nie budzi chyba żadnych wątpliwości. Rys. 6 przedstawia skrzyżowanie denników (usztynień dna podwójnego statku) – rysunek wykonany jest za pomocą programu 3D Studio.

Łukasz Piskorski – Politechnika Szczecińska
Oussama Al-Hasan – Stocznia Szczecińska S.A.