Scientific Journals
Maritime University of Szczecin

Zeszyty Naukowe
Akademia Morska w Szczecinie

2008, 15(87) pp. 217-231

2008, 15(87) s. 217-231

Dr inż. Andrzej ADAMKIEWICZ
Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia
Dr inż. Cezary BEHRENDT
Wyższa Szkoła Morska, Szczecin
Dr hab. inż. Romuald CWILEWICZ
Wyższa Szkoła Morska, Gdynia
Dr inż. Marek DZIDA
Politechnika Gdańska
Dr inż. Ryszard MICHALSKI
Politechnika Szczecińska

XVIII INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON SHIP POWER PLANTS
Gdynia, 1996

RECENZENT: prof. dr inż. Alfred Brandowski

KSZTAŁCENIE STUDENTÓW W ZAKRESIE TURBINOWYCH NAPĘDÓW OKRĘTOWYCH W UCZELNIACH MORSKICH

STRESZCZENIE

Referat prezentuje problematykę kształcenia studentów w zakresie parowych i spalinowych turbinowych napędów statków i okrętów. Obejmuje on: tradycje kształcenia w zakresie turbin, aktualny stan przedmiotu, wykorzystywane skrypty, podręczniki, pomoce dydaktyczne, laboratoria i relizowane zajęcia praktyczne, ilości studentów na kierunku dyplomowania. Stan aktualny odniesiono do innych ośrodków kształcących oficerów mechaników okrętowych.

1. Wstęp

Niniejszy referat został przygotowany przez zespół autorów uczestniczących w procesie kształcenia kadr w zakresie napędów turbinowych dla potrzeb floty handlowej, wojennej i okrętownictwa. Jego pomysł powstał jako rezultat odmienności, specyficznego charakteru zastosowań parowych, jak i gazowych siłowni turbinowych w układach energetycznych statków i okrętów. Dodatkową motywacją jest brak wymiany informacji o programach i metodologii kształcenia studentów w tym zakresie pomiędzy ośrodkami akademickimi. Fakty te, jak również uwarunkowania historyczne rozwoju szkolnictwa morskiego w Polsce uformowały w poszczególnych uczelniach morskich mocno zróżnicowane modele i programy edukacji studentów, na które konwencja o kwalifikacjach kadr morskich (STCW 1978) nakłada nowe, szczególne wymagania. Intencją referatu jest zebranie i wymiana doświadczeń w kształceniu inżynierów mechaników w zakresie projektowania i eksploatacji siłowni turbinowych okrętów. Oczekuje się, iż przygotowanie materiału oraz jego upowszechnienie otworzy możliwości nowych form współpracy między uczelniami.

Referat skonstruowano jako kompilację materiału opracowanego osobno dla każdej jednostki dydaktycznej kształcącej studentów w zakresie turbin okrętowych.

2. Instytut Konstrukcji i Napędów Okrętowych Wydział Mechaniczno-Elektryczny, AMW Gdynia

Po utworzeniu Oficerskiej Szkoły Marynarki Wojennej w Toruniu z dniem 1 października 1922 r. zadanie przygotowania kadr technicznych do służby zawodowej na okrętach Marynarki Wojennej realizował Wydział Techniczny OSMW. Początkowo zakładano

Rys. 1. Widok okładki podręcznika turbin parowych cz. IV, wydanej przez Oficerską Szkołę Marynarki Wojennej w Toruniu w 1924 r.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

dwuletni okres kształcenia z praktyką po pierwszym roku na okrętach i w zakresie obsługi obrabiarek oraz remontu mechanizmów okrętowych. Po reorganizacji i utworzeniu Szkoły Podchorążych Marynarki Wojennej w 1928 r. na naukę przewidziano 3 lata i 3 miesiące, a programy nauczania przedmiotów matematyczno-technicznych starano się zbliżyć do programów nauczania jak na politechnikach. W 1935 r. plan kształcenia teoretycznego na Wydziale Technicznym obejmował 3661 godzin dydaktycznych, gdzie wśród innych przedmiotów, jako samodzielny przedmiot znalazły się turbiny parowe. Widok okładki podręcznika do tego przedmiotu pokazano na rys. 1.

Po wojnie, od 1947 r. tradycje kształcenia podchorążych kontynuował Wydział Techniczny Oficerskiej Szkoły Marynarki Wojennej. W roku akademickim 1950/51, kiedy pojawiła się inicjatywa wprowadzenia wyższych studiów zawodowych, przygotowano nowe ramowe programy studiów, w zasadzie oparte na programach studiów inżynierskich Wydziału Budowy Okrętów i Wydziału Budowy Maszyn Okrętowych Politechniki Gdańskiej. Programy wprowadzone w 1953 r. przewidywały 1065 godzin w specjalności parowej i 994 godzin w specjalności silnikowej zajęć dydaktycznych na przedmioty obejmujące napędy główne okrętów. Zestawienie podziału godzin pomiędzy poszczególne przedmioty przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie podziału godzin pomiędzy przedmioty wg programów nauczania Wydziału Technicznego OSMW z 1953 r.

Przedmiot	Rok studiów	Specjalność					
		Parowa			Silnikowa		
		Ogółem	Wykł.	Zaj. prakt.	Ogółem	Wykł.	Zaj.prakt.
Kotły parowe	II, III, IV	241	154	87	68	62	6
Maszyny parowe	III	113	99	14	60	54	6
Turbiny parowe	III, IV	345	215	130			
Budowa, eksploat. i remont urządzeń parowych	IV	178	133	25			
Silniki spalinowe i turbiny gazowe	IV	188	72 108	8 10			
Turbiny parowe i gazowe					128	119	9
Silniki spalinowe	II, III, IV				738	494	244

W 1953 r. opracowano plany na dziewięcio-semestralne wyższe studia zawodowe, podobne do studiów dwustopniowych realizownych na politechnikach. Z momentem powołania 11 czerwca 1955 r. Wyższej Szkoły Marynarki Wojennej dydaktykę na Fakultecie Technicznym realizowały katedry, a między innymi Katedra Kotłów i Turbin Parowych, której pracownicy byli autorami wprowadzanych później modernizacji programów kształcenia.

Odzwierciedleniem zmian zachodzących w układach napędowych wdrażanych do służby okrętów były zmiany przedmiotów i ilości przeznaczonych na ich realizację godzin dydaktycznych. Tabela 2 ilustruje ewolucję tego procesu, którego konsekwencją jest zmniejszanie ilości godzin przeznaczanych na przedmioty związane z turbinowymi siłowniami parowymi i wzrost ilości godzin przeznaczanych na nauczanie turbin gazowych. Prowadzenie przedmiotu przejął utworzony w 1976 r. Instytut Konstrukcji i Napędów Okrętowych wchodzący w skład Wydziału Mechaniczno-Elektrycznego (dawniej Technicznego). Od tego też momentu w planach studiów występuje już wyłącznie przedmiot okrętowe turbozespoły spalinowe, podlegający ciągłym modyfikacjom. Ich wynikiem jest wydzielenie w planach

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

studiów wprowadzanych w roku akademickim 1996/97 przedmiotu o nowej nazwie i strukturze „okrętowe turbinowe silniki spalinowe".

Tabela 2. Zestawienie przedmiotów i godzin dydaktycznych dotyczących napędów turbinowych Wydziału Technicznego WSMW i Mechaniczno-Elektrycznego AMW.

Przedmiot	Rok wprowadzenia programu / Specjalność dyplomowania							
	1955		1960	1967		1976	1980	1986
	Parowa	Silnikowa	Parowa	Spalinowa	Elektromech.	Maszyny i siłownie okrętowe		
Turbiny gazowe i silniki odrzut.	45	45						
Okrętowe turbiny parowe	291		180					
Okrętowe kotły parowe	183		120					
Eksploatacja, technologia bud. i remont kotłów, maszyn i turbin parowych	142							
Okrętowe turbiny gazowe			120					
Okrętowe turbozespoły spalin.				112	120	120	94	128
Okrętowe kotły i turbiny parowe				64	64	64		

Współcześnie, przedmiot „okrętowe turbozespoły spalinowe", po modyfikacji studiów w 1991 r., realizowany jest na wyższych studiach magisterskich o globalnej ilości godzin 5175, w tym 4042 godzin zajęć programowych, pozostałe 1435 godzin przeznaczono na praktyki. Zajęcia z przedmiotu prowadzone są podczas trzeciego roku studiów, po 60 godzin w 5 i 6 semestrze o następującym podziale godzin:

Semestr 5	Ogółem	Wykładów	Ćwiczeń	Labor.
• Termodynamiczne podstawy pracy turbinowych silników spalinowych	12	10	2	
• Sprężarki wirnikowe	28	24	4	
• Komory spalania	12	10	2	
• Turbiny spalinowe-teoria stopnia	8	8		
Semestr 6				
• Turbiny spalinowe - pozaprojektowe zakresy pracy, rozprężanie spalin w turbinach wielostopniowych, nawrotność silników turbinowych, konstrukcja turbin	14	10	4	
• Instalacje turbozespołów spalinowych	20	14	4	2
• Charakterystyki i sterowanie turbinowych silników spalinowych	18	14	-	4
• Podstawy eksploatacji turbinowych silników spalinowych	8	6	-	2

Zaliczenie semestru 5 odbywa się na podstawie dwóch kolokwiów, dwóch seminariów oraz kompleksowego ćwiczenia rachunkowego obejmującego: zad.1 - obliczenia cieplno-przepływowe zadanego silnika turbinowego; zad.2 - obliczenia gazodynamiczne, geometrii kanałów przepływowych i charakterystyk sprężarki dla danych otrzymanych w zad.1..

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Zaliczenie semestru 6 odbywa się na podstawie: dwóch kolokwiów, dwóch ćwiczeń laboratoryjnych: badanie rozruchu jednowirnikowego turbinowego silnika spalinowego TG-16 oraz badanie charakterystyk dwuwirnikowego turbinowego silnika spalinowego GTD-350, przeprowadzanych we własnym laboratorium, dwóch ćwiczeń rachunkowych: zad. 3 - obliczeń geometrii komory spalania oraz zad. 4 - obliczeń cieplno-przepływowych i geometrii turbin spalinowych dla danych otrzymanych w zad. 1, opracowania problemowego oraz egzaminu sesyjnego. Zajęcia w uczelni uzupełnia dwutygodniowa praktyka specjalistyczna na okrętach z turbinowymi silnikami spalinowymi po trzecim roku studiów oraz dwutygodniowa praktyka przemysłowo-technologiczna w Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego „PZL Rzeszów" po czwartym roku studiów. Zajęcia dydaktyczne odbywają się w sali wykładowej przedmiotu, wyposażonej w „zimne modele" silników turbinowych GTD-350 i CMP-504, podzespoły silników turbinowych, elementy silników i plansze poglądowe. Proces samokształcenia studentów jest wspomagany przez wydawnictwa uczelniane, takie jak: Kowalski A.: Okrętowe turbozespoły spalinowe, WSMW, Gdynia, cz. I. Termodynamika 1971; cz. II Sprężarki wirnikowe 1978, cz. III Turbiny spalinowe 1975, cz. IV. Komory spalania i wymienniki ciepła (współautor S. Czarnecki) 1972, cz. V. Praca w zmiennych warunkach 1976; Kowalski A.: Okrętowe turbozespoły spalinowe, Wyd. Morskie, Gdańsk 1983; Adamkiewicz A.: Okrętowe turbozespoły spalinowe, WSMW, Gdynia, cz. I Termodynamika obiegów. Sprężarki wirnikowe 1983, cz. II Komory spalania. Turbiny spalinowe. Instalacje. Charakterystyki. Eksploatacja. 1984; Adamkiewicz A.: Podręcznik maszynisty okrętowych turbinowych silników spalinowych. Wyd. Dowództwo Mar. Woj. Gdynia 1985; Bertrand A., Adamkiewicz A.:Laboratorium maszynowe, WSMW, Gdynia 1983; Charchalis A.: Diagnozowanie okrętowych turbinowych silników spalinowych, AMW, Gdynia 1991. Przeciętnie, w roku akademickim jest wykonywanych dwie do czterech prac dyplomowych dotyczących problemów doskonalenia konstrukcji i eksploatacji turbinowych silników spalinowych w układach napędowych okrętów.

3. Instytut Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych
   Wydział Mechaniczny, WSM Szczecin

W wyniku połączenia Państwowej Szkoły Rybołówstwa Morskiego (powołanej w 1962 r. - pierwotnie 1947-53) i Państwowej Szkoły Morskiej (powołanej w 1963 r.) w 1966 r. powołana została po raz wtóry Państwowa Szkoła Morska w Szczecinie. Posiadała ona 3 Wydziały: Nawigacyjny, Nawigacyjno-Połowowy i Mechaniczny. Nauczyciele akademiccy podlegali bezpośrednio dziekanowi. W 1971 r. powołano na Wydziale Mechanicznym 5 zespołów dydaktycznych. Studia trwały 4,5 roku, a zajęcia z turbin parowych prowadzone były jedynie w formie wykładu, w ilości 32 godz. na 6 semestrze i 57 godz. na 7 semestrze zakończonym egzaminem z przedmiotu. Przedmiot wykładany był przez pracowników Zespołu Maszyn i Urządzeń Pomocniczych. W 1974 r. powołano strukturę instytutową. Przedmiot turbiny parowe prowadzony był przez pracowników Zakładu Maszyn i Urządzeń Okrętowych wchodzącego w skład Instytutu Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych. Taka struktura organizacyjna obowiązuje do dnia dzisiejszego.

W 1974 r. Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie uzyskała prawa akademickie. Zmianom uległy programy nauczania i przedmiot turbiny parowe był prowadzony na 8 semestrze w ilości 22 godz. wykładów i 11 godz. ćwiczeń oraz na 10 semestrze w ciągu 16 godz. wykładów zakończonych egzaminem, 16 godz. ćwiczeń i 16 godz. laboratorium. W 1983 r. przeprowadzono kolejne zmiany programów nauczania, przedmiot przemianowano na maszyny cieplne wirnikowe z następującą siatką godzin: w semestrze 9-32 godz. wykładów zakończonych egzaminem, 32 godz. ćwiczeń oraz 16 godz. laboratorium.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

W 1989 r. wprowadzono 4 letnie studia inżynierskie i po zmianie programów nauczania przedmiot maszyny cieplne wirnikowe obejmuje obecnie na 7 semestrze 32 godz. wykładów zakończonych egzaminem i 16 godz. laboratorium.

W 1971 r. zostały utworzone studia zaoczne, na których nauka trwa obecnie 4 lata. Przedmiot maszyny cieplne wirnikowe prowadzony jest na 5 semestrze w ilości 20 godz. i zakończony jest egzaminem. Wykłady z przedmiotu są również prowadzone w ramach kursów Studium Doskonalenia Kadr Oficerskich dla mechaników wachtowych w formie 6 godz. bloku wykładów.

W ramach wykładów na studiach dziennych omawiane są: obiegi turboparowe, sposoby poprawy ich sprawności, podstawy teoretyczne pracy pojedynczych stopni turbin, instalacje siłowni turbin parowych. Ze względu na specyfikę kształcenia uczelni szczególną uwagę poświęca się sprawom związanym z eksploatacją turbin głównych i pomocniczych (przygotowanie do pracy, rozruch, odstawianie, wpływ warunków eksploatacyjnych na pracę zespołu turboparowego). W trakcie wykładów jest wykorzystywana wiedza teoretyczna zawarta w podręcznikach, materiały firm produkujących turbiny, jak również materiały zebrane przez pracowników uczelni w trakcie ich pracy na statkach wyposażonych w turbiny parowe. W latach 80-tych, w ramach współpracy z Ingenieur Hochschule für Seefahrt w Warnemünde, zajęcia laboratoryjne były przeprowadzane w laboratorium maszyn parowych tamtejszej uczelni. W trakcie dwudniowego pobytu realizowano przygotowanie turboprądnicy do pracy, uruchamianie zespołu, pomiar parametrów przy różnych obciążeniach, odstawienie turboprądnicy, działanie blokad. Obecnie zajęcia laboratoryjne prowadzone są przy użyciu symulatorów w uczelni macierzystej. Rozbudowany układ parowy umożliwia nauczanie studentów obsługi turbopomp zasilanych z pomocniczego kotła opalanego, jak również turboprądnicy, do której para doprowadzana jest z kotła utylizacyjnego. W procesie dydaktycznym wykorzystywane są następujące skrypty opracowane przez pracowników uczelni:

- Behrendt C., Kuszmider S.: Turbiny parowe: podstawowe wiadomości teoretyczne z przykładami zadań. Skrypt WSM Szczecin 1985 r. str. 171.
- Behrendt C., Zapaśnik T.: Laboratorium z maszyn cieplnych wirnikowych. Przewodnik do ćwiczeń realizowanych w I.H.S. Warneminde, WSM Szczecin 1986 r. str. 15.
- Kuszmider S.: Turbiny parowe. Przewodnik metodyczny dla studentów studiów wieczorowych, WSM Szczecin 1974 r. str. 30.
- Szymański P.: Turbozespoły spalinowe stosowane na okrętach wojennych, WSMW Szczecin 1974 r. str. 260, wykorzystywany w ramach 65 godzinnego przedmiotu: Okrętowe turbozespoły spalinowe realizowane przez Studium Wojskowe WSM Szczecin.

Prace dyplomowe z maszyn cieplnych wirnikowych realizuje rocznie 3-4 studentów. Tematyka prac obejmuje zagadnienia związane z problemami eksploatacyjnymi turbin parowych. Informacje niezbędne do wykonania pracy studenci zbierają podczas praktyk na statkach.

4. Katedra Siłowni Okrętowych
Wydział Mechaniczny, WSM Gdynia

17 czerwca 1920 r. gen. dyw. Józef Leśniewski - ówczesny minister spraw wojskowych - podpisał akt utworzenia Szkoły Morskiej, zatwierdzając jednocześnie program nauczania, regulaminy, etaty i wydatki budżetowe. Inżyniera marynarki Antoniego Garnuszewskiego mianowano z dniem 1 czerwca p.o. dyrektora Szkoły Morskiej w Tczewie, p.o. inspektora tej szkoły i czasowym kierownikiem Wydziału Nawigacyjnego por. mar. Gustawa Kańskiego, kierownikiem Wydzialu Mechanicznego inżyniera technologa Kazimierza

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Bielskiego, kierownikiem zajęć praktycznych Tadeusza Kokińskiego. Z perspektywy czasu plan i programy studiów w Szkole Morskiej w latach 1920-1930 wydają się być zbyt przeładowane. Liczba godzin zajęć obowiązujących w tygodniu, nie licząc zajęć z przysposobienia wojskowego i wychowania fizycznego dla słuchaczy Wydziału Mechanicznego wynosiła na poszczególnych rocznikach: I-52; II-51; III-54, w tym na przedmiot „Termodynamika i turbiny" przeznaczono po 3 godziny tygodniowo przez cały trzeci rok nauki. Dla potrzeb tego przedmiotu inż. Kazimierz Bielski opracował wydany w 1929 r. przez Instytut Wydawniczy Szkoły Morskiej podręcznik pt. „Turbiny parowe i zastosowanie ich do napędu statków oraz podstawowe wiadomości z termodynamiki", którego kopię tytułowej strony przedstawiono na rys. 2. 14 października 1930 r. nastąpiła inauguracja roku szkolnego w nowym budynku w Gdyni, a wraz z nią datuje się nowy rozdział funkcjonowania uczelni. Od roku szkolnego 1931/32 wprowadzono szereg zmian w organizacji procesu dydaktycznego. Nauka na każdym wydziale trwała 45 miesięcy, a w tym dla mechaników przewidziano 22 miesiące pływania na statku szkolnym i na parowcach morskich oraz praktykę w warsztatach mechanicznych. W okresie tym ukazały się kolejne podręczniki dla słuchaczy Wydziału Mechanicznego autorstwa inż. K. Bielskiego: Mechanizmy okrętowe (Atlas części maszyn i kotłów parowych), Mechanizmy okrętowe (Rozrząd pary) oraz Prawidła wykonywania rysunków maszynowych. Po przerwie wojennej 1 listopada 1945 r. Szkoła Morska w Gdyni rozpoczęła normalny rok szkolny w nowych uwarunkowaniach społecznych. Jako Państwowa Szkoła Morska (PSM) przystąpiła do wypełniania zadań szkoleniowych, między innymi do prowadzenia kursów maszynistów na poziomie technikum. Projekt siatki godzin z kwietnia 1954 r. uwzględniał wówczas w IV i V klasie po 2 godziny turbin parowych, tyleż samo kotłów, a maszyn parowych odpowiednio 2 i 3 godziny.

Plan 3 letnich studiów wydziału obsługi maszyn okrętowych PSM z 11 maja 1967 r. w ogólnej liczbie godzin 3467 przewidywał w tygodniu:
na 1 i 2 semestrze - teorię maszyn cieplnych po 3 godziny = 96 godz.
na 3 semestrze - kotły parowe po 4 godziny = 68 godz.
na 3 i 4 semestrze - turbiny okrętowe odpowienio po 2 i 3 godz. = 81 godz.,
co razem stanowiło 245 godz. (7.1% ogólnego czasu). Po powołaniu w sierpniu 1968 r. Wyższych Szkół Morskich, we wrześniu w Międzyzdrojach obradowała kilkudniowa konferencja, na której ostatecznie zredagowano większość programów na studia wyższe. Absolwent Wydziału Mechanicznego od tego momentu miał otrzymywać tytuł inżyniera mechanika okrętowego. Pierwszy program przedmiotu turbiny okrętowe z 1969 r. usytuował zajęcia (wyłącznie audytoryjne) na semestrze 6 - 2 godz. w tygodniu i 7 - 3 godziny w tygodniu, razem 89 godz. zakończonych egzaminem. Semestr 6 poświęcony był teorii turbin parowych i gazowych, semestr 7 ich konstrukcji, podzespołom, instalacjom oraz wybranym zagadnieniom eksploatacji. W kolejnych latach program ten podlegał kosmetycznym zmianom. W 1973 r. włączono do programu szerzej problematykę remontów turbozespołów, pozostawiając przedmiot wyłącznie na semestrze 9 w ilości 5 godzin tygodniowo zakończony egzaminem. Po wprowadzeniu jednolitych studiów magisterskich w specjalności: eksploatacja siłowni okrętowych, plan studiów z 1974 r. przesunął przedmiot turbiny okrętowe z semstru 9 na 8 i 10 (z praktyką na statkach między nimi) w łącznej ilości 81 godz. Na uwagę zasługuje wprowadzenie ćwiczeń rachunkowych w ilości 27 godz. oraz w laboratoriach w ilości 16 godz. Praktycznie wycofano z programu turbiny gazowe (pozostawiono jedynie teorię obiegów), które przejęło w postaci przedmiotu: okrętowe turbozespoły spalinowe, Studium Wojskowe WSM w ilości 47 godz., w tym 6 godz. ćwiczeń w laboratorium AMW. Ćwiczenia w laboratorium WSM obejmowały bilans energetyczny turbiny parowej oraz pomiary i analizę parametrów pracy turbodoładowarki.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

KAZIMIERZ BIELSKI
Inżynier-Technolog.

TURBINY PAROWE

i

zastosowanie ich do napędu statków

oraz

podstawowe wiadomości

z

Termodynamiki

TCZEW 1929
INSTYTUT WYDAWNICZY SZKOŁY MORSKIEJ

Rys. 2. Widok strony tytułowej podręcznika autorstwa pierwszego kierownika Wydziału Mechanicznego Szkoły Morskiej w Tczewie inż.-technologa Kazimierza Bielskiego

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Od 1983 r. treści wykładane dotychczas w przedmiocie turbiny okrętowe przejęły maszyny cieplne wirnikowe, wykładane na 9 semestrze w ilości 5 godzin tygodniowo: 2 godz. wykładów, 2 godz. ćwiczeń rachunkowych, 1 godz. ćwiczeń laboratoryjnych. Program przedmiotu maszyny cieplne wirnikowe został zmodyfikowany w 1992 r., ponownie podzielono jego realizację na dwa semestry: w 7-32 godz. i w 10-44 godz. w specjalności: eksploatacja siłowni okrętowych i 48 godzin na 7 semestrze w specjalności: technologia remontu urządzeń okrętowych i portowych.
W procesie kształcenia studentom zaleca się następujące skrypty i podręczniki:
Kowalski A.: Okrętowe turbozespoły spalinowe, Wyd. Morskie, Gdańsk 1983; Kowalski A., Krzyżanowski J.: Teoria okrętowych kotłów parowych, WSM Gdynia 1985; Kowalski A., Krzyżanowski J.: Okrętowe siłownie parowe, WSM Gdynia 1991; Perepeczko A., Staliński J.: Okrętowe kotły i silniki parowe, Wyd. Morskie, Gdańsk 1971; Perepeczko A.: Okrętowe kotły parowe, Wyd. Morskie, Gdańsk 1979; Perepeczko A.: Okrętowe turbiny parowe, Wyd. Morskie, Gdańsk 1980; Perycz S.: Turbiny parowe i gazowe, w serii Maszyny przepływowe t. 10, Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Ossolineum Wrocław, Warszawa, Kraków 1992.
Co roku wykonywanych jest 3 ... 5 prac dyplomowych dotyczących układów energetycznych okrętowych siłowni turbinowych.

5. Katedra Automatyki Okrętowej i Napędów Turbinowych
Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska

Katedra kontynuuje tradycje Katedry Turbin Parowych i Spalinowych Wydziału Budowy Okrętów założonej i kierowanej od 1947 r. przez Profesora Roberta Szewalskiego. Wówczas to turbiny okrętowe były wykładane na semestrze 7 czteroletnich studiów na Oddziale Budowy Okrętów w wymiarze 30 godz., natomiast na Oddziale Budowy Maszyn Okrętowych według następującego programu:

Semestr	Nazwa przedmiotu	Wykł.	Ćwicz.	Labor.
6	Turbiny parowe I	60	-	-
	Laboratorium maszynowe w tym turbiny	-	-	45
7	Turbiny parowe II	30	-	-
	Sprężarki wirujące	30	-	-
	Turbiny okrętowe	15	-	-
8	Turbiny spalinowe i zasady napędu odrzutowego			
	Projekt okrętowych turbin parowych	-	90	-

Aktualnie w Katedrze Automatyki Okrętowej i Napędów Turbinowych zajęcia dydaktyczne prowadzi dwóch profesorów, dwóch adiunktów, jeden asystent i jeden pracownik inżynieryjny. Studia magisterskie trwają pięć i pół roku. Program studiów na kierunkach Oceanotechnika, Siłownie Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych i Maszyny Cieplne Wirnikowe obejmuje:

Semestr	Nazwa przedmiotu		Wykł.	Ćwicz.	Labor.
8	Maszyny cieplne wirnikowe	E	45	15	-
	Układy napędowe jednostek specjalnych	Z	30	-	-
9	Teoria i projektowanie turbin	E	45	15	15
	Laboratorium z maszyn ciieplnych wirnik.		-	-	-
	Konstrukcja turbin i sprężarek	Z	45	15	-
	Zespoły turbogazowe i turbosprężarki	E	60	15	-
	Turbosprężarki	Z	30	-	-
	Projekt okrętowych turbin parowych i gazowych	Z	-	90	-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

	Automatyka siłowni okrętowych i obiektów oceanotechnicznych	E	30	30	30
	Dynamika układów napędowych	Z	30	-	-
10	Praktyka przemysłowa	Z	8 tyg.		
11	Seminarium dyplomowe	Z	-	30	-

gdzie oznaczono sposób rozliczenia przedmiotu: E - egzamin, Z - zaliczenie. W procesie dydaktycznym wykorzystywane są nstępujące skrypty i materiały dydaktyczne:

- Perycz S.: Turbiny parowe i gazowe. Skrypt Politechniki Gdańskiej nr 560, 1988.
- Praca zbiorowa: Termodynamika. Laboratorium II Badania Maszyn i Urządzeń. Skrypt Politechniki Gdańskiej nr 614, 1991.

Zajęcia dydaktyczne z laboratorium maszyn prowadzone są na następujących stanowiskach:

- Turbina gazowa dwuwałowa. Badanie charakterystyk statycznych i dynamicznych turbiny gazowej.
- Sprężarka wirnikowa promieniowa. Badanie charakterystyk statycznych sprężarki promieniowej.
- Turbina powietrzna modelowa. Badanie charakterystyk sprawnościowych stopnia. Wyznaczanie strat nieszczelności.
- Tunel aerodynamiczny. Badanie charakterystyk profili turbinowych.
- Układ regulacji mocy turbiny parowej.
- Stoisko do wyważania wirników turbin parowych.
- Symulacja komputerowa dynamiki siłowni turbiny parowej, gazowej lub jądrowej napędzającej generator elektryczny.

Plan studiów przewiduje również 8 tygodniową praktykę dyplomową w ABB Zamech Ltd. Rocznie na kierunku turbin okrętowych dyplomuje się 5-6 studentów.

6. Zakład Siłowni Okrętowych
Wydział Techniki Morskiej, Politechnika Szczecińska

Kształcenie w dziedzinie okrętownictwa zapoczątkowano w Politechnice Szczecińskiej w roku 1960. Uruchomiono wówczas na Wydziale Budowy Maszyn wieczorowe studia z zakresu budowy okrętów. Wcześniej, bo w roku akademickim 1948/49 uruchomiona została tzw. „sekcja budowy statków śródlądowych", w ramach której realizowano studia do roku 1953.

Od roku akademickiego 1948/49, tj. w rok po powołaniu Wydziału Mechanicznego, prowadzone były wykłady m.in. z turbin parowych, a w roku 1952, po zmianie nazwy wydziału na Wydział Budowy Maszyn, powołana została m.in. Katedra Maszyn Parowych i Kotłów. W roku 1956 powołano Katedrę Maszyn i Urządzeń Energetycznych z Zakładami Kotłów Parowych i Turbin oraz Energetyki Cieplnej z Zakładami: Gospodarki Cieplnej i Siłowni Cieplnych. Zakłady te realizowały zajęcia w ramach specjalności „Maszyny i urządzenia energetyczne".

W roku 1965 uruchomiono oficjalnie specjalność z zakresu maszyn i siłowni okrętowych na studiach dziennych. Specjalność ta była do roku akademickiego 1989/90 realizowana w ramach kierunku studiów „Mechanika" na Wydziale Budowy Maszyn, a od roku 1970 w Instytucie Okrętowym, utworzonym na Wydziale Budowy Maszyn i Okrętów.

W roku akademickim 1989/90 podjęto kształcenie na nowo powołanym w Polsce kierunku studiów „OCEANOTECHNIKA". Realizowane są one na Wydziale Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej oraz powołanym w roku 1991, na bazie Instytutu Okrętowego, Wydziale Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Zajęcia z zakresu turbin, jak wynika z krótkiego rysu historycznego związane są z początkiem działalności wydziału macierzystego jakim jest obecny Wydział Mechaniczny Politechniki Szczecińskiej. Trudno dziś ustalić pierwotny zakres i treści programowe przedmiotów związanych z zagadnieniami turbin i siłowni turbinowych. Z zachowanych dokumentów wynika, że stanowiły one dość istotną pozycję zgodnie z pozycją tego rodzaju napędu w owych latach oraz z uwagi na głównie „lądowy" charakter kierunku studiów. Wymiar zajęć i ich treści programowe uległy ciągłym modyfikacjom wynikającym m.in. z potrzeb kształcenia odpowiednich specjalistów oraz możliwości pozyskiwania odpowiedniej kadry dydaktycznej. Aktualnie na Wydziale Mechanicznym kształcenie w tym zakresie jest realizowane na kierunku „Mechanika i Budowa Maszyn" w ramach specjalności „Systemy i urządzenia energetyczne". Specjalność ta dotyczy jednak lądowych, cieplnych systemów energetycznych.

Zajęcia z zakresu okrętowych turbin oraz turbosprężarek prowadzone były i są w Zakładzie Maszyn Cieplnych Okrętowych utworzonych na bazie powołanej w 1967 roku Katedry Maszyn Cieplnych, zaś zajęcia z okrętowych siłowni turbinowych - w utworzonym w roku 1965 Zakładzie Siłowni Okrętowych.

W latach sześćdziesiątych obowiązywało 60 godz. wykładów i 15 godz. ćwiczeń z „Turbin parowych i gazowych" oraz 45 godz. wykładów i 30 godz. ćwiczeń z zakresu siłowni turboparowych i turbogazowych. W latach siedemdziesiątych zrezygnowano z oddzielnych ćwiczeń z turbin. Część zagadnień przedstawionych dotąd na ćwiczeniach, była realizowana w ramach wykładów. Struktura ta obowiązywała do roku 1988. Studenci wybierający Zakład Siłowni Okrętowych jako zakład dyplomujący uczestniczyli ponadto w zajęciach z tzw. „Siłowni okrętowych II" obejmujących 45 godz. wykładów i 30 godz. ćwiczeń z zakresu siłowni turboparowych i turbogazowych. Łączny wymiar zajęć w tych latach obejmował 4185 -4095 godz. (bez szkolenia wojskowego).

W roku 1988 zmniejszono wymiar zajęć z „Turbin parowych i gazowych" do 45 godz. pozostając przy niezmienionym wymiarze zajęć z „Siłowni okrętowych II".

Rok 1989 to kolejna zmiana. W związku z utworzeniem kierunku studiów „OCEANOTECHNIKA" zajęcia z turbin i siłowni turbinowych prowadzone są głównie na specjalności „Siłownie i Systemy Zabezpieczeń Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych", w ramach której realizowane są m.in. kierunki dyplomowania: Maszyny Cieplne Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych oraz Siłownie Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych.

Przy łącznej liczbie 4290 godz., na kierunku dyplomowania Maszyny Cieplne Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych zajęcia z „Turbin okrętowych i turbosprężarek" obejmowały 45 godz. wykładów oraz 15 godz. ćwiczeń audytoryjnych. Na kierunku dyplomowania „Siłownie Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych" prowadzone były wykłady z „Maszyn cieplnych wirnikowych" w wymiarze 30 godz. oraz wykłady (45 godz.) i ćwiczenia (15 godz.) z „Siłowni Okrętowych II" (turboparowych i turbogazowych). Stan ten trwał praktycznie do roku akademickiego 19922/93, w ktorym drastycznie obniżono obowiązujący wymiar zajęć z 4290 godz. do 3570! Programy nauczania i treści programowe przedmiotów musiały ulec radykalnej zmianie polegającej w wielu przypadkach na rezygnacji z części zajęć bądź na łączeniu kilku przedmiotów ze sobą.

Obecnie wszyscy studenci, którzy obrali specjalność „Siłownie i Systemy Zabezpieczeń Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych", uczestniczą w zajęciach z „Maszyn przepływowych" w wymiarze 45 godz. wykładów i 15 godz. ćwiczeń. Materiał nauczania obejmuje wiadomości z podstaw teorii maszyn przepływowych takich jak turbiny, sprężarki, wentylatory, dmuchawy i pompy wirnikowe. Studenci zapoznawani są także z zasadami pracy i budową oraz charakterystykami wymienionych maszyn.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

W ramach wykładów przedstawiane są m.in.: klasyfikacja maszyn przepływowych; podstawy termodynamiczne pracy maszyn przepływowych; jednowymiarowa teoria stopnia turbinowego; charakterystyczne stopnie turbinowe; jednowymiarowa teoria stopnia sprężarkowego; maszyny sprężające odśrodkowe i osiowe; charakterystyki sprężarek, dmuchaw i wentylatorów; stateczność pracy maszyn sprężających i regulacja wydajności. Dalsza część wykładów poświęcona jest pompom i układom pompowym.

W ramach ćwiczeń zapoznaje się studentów m.in. z: przepływem czynnika ściśliwego przez dysze; obliczaniem wymiarów przyrządów ekspansyjnych nieruchomych; obliczaniem parametrów gazu za sprężarką; obliczaniem sprawności sprężarek i dmuchaw; obliczaniem koła wirnikowego jednostopniowej sprężarki odśrodkowej; obliczaniem aerodynamicznym układu łopatkowego koła wirnikowego wentylatora osiowego.

Zajęcia te pogłębiane są także w ograniczonym zakresie w ramach wykładów z „Silników okrętowych", które jednak dotyczą głównie okrętowych silników tłokowych. Tym niemniej na tych zajęciach przedstawiona jest: zasada działania i rodzaje silników turbinowych: ogólna budowa turbin parowych; przemiana energii w stopniu turbiny; straty; moc i sprawność; budowa elementów konstrukcyjnych; sterowanie mocą; urządzenia kondensacyjne; elementy instalacji turbin gazowych; charakterystyki silników turbinowych.

Studenci, którzy w ramach ww. specjalności obierają jako kierunek dyplomowania „Maszyny Cieplne Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych" uczestniczą ponadto w 45 godz. wykładów i 15 godz. ćwiczeń z „Turbin okrętowych i turbosprężarek", na których to zajęciach zapoznają się bardziej szczegółowo z zagadnieniami projektowymi i konstrukcyjnymi ww. urządzeń.

Studenci obierający kierunek dyplomowania „Siłownie Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych" wysłuchują 45 godz. wykładów z „Siłowni okrętowych II" (turbinowych) oraz biorą udział w 30 godz. ćwiczeń z tego przedmiotu.

Przedmiot ten daje podstawy do oceny i projektowania siłowni konwencjonalnych turboparowych i turbogazowych oraz kombinowanych i jądrowych. Pogłębia wiadomości z zakresu przeprowadzania ocen bilansowych systemów energetycznych. Omówione są konkretne sposoby poprawy sprawności energetycznej siłowni ze szczególnym uwzględnieniem utylizacji tzw. „energii odpadowej".

W ramach wykładów omawiane są: obiegi turboparowe; sposoby poprawy sprawności względnej tych obiegów; zasady wyboru wartości parametrów pary; instlacje siłowni turboparowych: przeznaczenie, klasyfikacja i wymagania stawiane instalacjom; instalacje: skroplinowe, zasilające, parowe, chłodzenia, oleju smarowego, paliwowe, powietrza, gazów odlotowych. W ramach okrętowych siłowni turbogazowych przedstawiane są: obiegi (otwarte, zamknięte, półzamknięte); wpływ parametrów termodynamicznych na sprawnośc obiegów; sposoby poprawy sprawności obiegów, instalacje siłowni turbogazowych; przeznaczenie, klasyfikacja i wymagania stawiane instalacjom; instalacje: oleju smarowego, paliwa, powietrza, gazów odlotowych. Omawiane są także okrętowe siłownie kombinowane, w tym: obiegi siłowni jądrowych: ich wskaźniki techniczno-ekonomiczne; zagadnienia bezpieczeństwa. Ponadto wykładane są podstawy gospodarki energetycznej siłowni. Omawiane są bilanse: energii, entropii, zasady sporządzania bilansu cieplnego i elektrycznego na statku. Sposoby wykorzstania energii wtórnej.

W ramach ćwiczeń przeprowadzane są obliczenia bilansowe prostych i złożonych obiegów turboparowych. Omawiane są zasady optymalizacji parametrów pary zasilającej i odlotowej z turbin. Wykorzystuje się techniki komputerowe w obliczeniach obiegów turboparowych podobnie w obliczeniach prostych i złożonych obiegów turbogazowych. Przeprowadza się wielowariantowe obliczenia systemów utylizacji energii odpadowej (wtórnej).

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Aktualnie studenci nie wykonują prac dyplomowych z turbin lub siłowni turbinowych. Ostatnie prace poświęcone siłowniom turboparowym i turbogazowym były wykonywane w latach osiemdziesiątych. Powstały w tym czasie między innymi dość zaawansowane programy komputerowe (na komputery osobiste typu IBM) umożliwiające przeprowadzenie analiz termodynamicznych różnorodnych układów siłowni turboparowych i turbogazowych. Programy te wykorzystywane są aktualnie w trakcie ćwiczeń audytoryjnych. Instytut Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Szczecińskiej niestety nie dysponuje laboratorium, w którym można przeprowadzać zajęcia na pracujących układach turbinowych. Dysponujemy natomiast „zimnymi modelami" turbin gazowych i parowych, które wykorzystywane są jako przykłady rozwiązań konstrukcyjnych. Część zajęć laboratoryjnych odbywana jest w jednej z elektrowni Szczecina.

Główny nacisk, jeśli chodzi o kształcenie studentów w ramach kierunku dyplomowania „Maszyny Cieplne Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych" oraz „Siłownie Okrętów i Obiektów Oceanotechnicznych" na Wydziale Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej, jest położony na zagadnienia projektowe i konstrukcyjne okrętowych wysokoprężnych silników spalinowych i siłowni motorowych. Wynika to choćby z faktu dominacji tego rodzaju napędu na statkach handlowych oraz zapotrzebowania polskiego przemysłu okrętowego oraz armatorów krajowych na odpowiednio wykształconą kadrę inżynierską. Tym niemniej, zagadnienia napędów turbinowych nie są pomijane i stanowią wyraźny udział mimo stosunkowo małej liczby godzin zajęć przewidzianych w całym toku studiów. Na kierunku OCEANOTECHNIKA realizowanym w Politechnice Szczecińskiej, przyjęto bowiem koncepcję kształcenia w miarę ogólnego, obejmującego możliwie duży obszar problematyki technicznej. Pozwala to naszym absolwentom znajdować, jak dotąd bez trudu, zatrudnienie nie tylko w zakładach związanych z gospodarką morską, ale i w tych gałęziach przemysłu, w których występują zagadnienia związane z energetyką cieplną.

7. Podsumowanie

Przedstawiony materiał pokazuje, iż od początku szkolnictwa morskiego turbiny okrętowe zawsze istniały w programach kształcenia inżynierów mechaników.

Wraz ze zmianami zachodzącymi w układach energetycznych okrętów nauczane treści zmieniały się od turbin parowych, poprzez turbiny gazowe rozwinięte do okrętowych turbozespołów spalinowych w zastosowaniach jednostek wojennych, aż po tendencje zmierzające do szkolenia uniwersalnego wyrażane w zmianach nazw przedmiotów na „maszyny cieplne przepływowe" (WSM Szczecin, WSM Gdynia, Politechnika Gdańska) i ich pochodne. Zauważa się zmniejszanie kształcenia „projektowego", utrzymanego dzisiaj najszerzej przez Politechnikę Gdańską, na korzyść kształcenia „eksploatacyjnego". Wskazuje na to również dysponowana baza laboratoryjna. Zestawienie w tabeli 3 ilości godzin przeznaczonych na przedmioty „turbinowe" w poszczególnych uczelniach i porównanie ich z dwoma ośrodkami zagranicznymi: Hochschule Bremerhaven oraz U.S. Merchant Marine Academy Kings Point wykazuje podobieństwo w ilości czasu przeznaczonego na kształcenie w tym zkresie oraz konstrukcji planów studiów, za wyjątkiem uczelni amerykańskiej. Nie istnieje tam wydzielony przedmiot obejmujący turbinowe napędy okrętowe. Treści te wykładane są w ramach siłowni okrętowych w zastosowaniu utylitarnym, po rzetelnym przygotowaniu teoretycznym studentów w ramach przedmiotów: mechanika płynów oraz wymiana ciepła. Tendencje takie zauważyć można również w polskich uczelniach, jednak na ile zostaną one rozwinięte zdecydują przyszłe potrzeby okrętownictwa.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Tabela 3. Zestawienie ilości godzin przeznaczonych na przedmioty kształcące w zakresie okrętowych napędów turbinowych.

Uczelnia	Nazwa przedmiotu	Liczba godzin dydaktycznych				Praktyka
		Ogółem	Wykł.	Ćwicz.	Lab.	
AMW Gdynia	Okrętowe turbozespoły spalinowe + ćwiczenia rachunkowe	120	96	16 60	8	4 tyg.
WSM Szczecin	Maszyny cieplne wirnikowe	48 +65SW	32		16	
WSM Gdynia	Maszyny cieplne wirnikowe	76 +47SW	44	16	16	
Politechnika Gdańska	Maszyny cieplne wirnikowe	60	45	15		8 tyg.
	Teoria i projektowanie turbin	75	45	15	15	
	Konstrukcja turbin i sprężarek	60	45	15		
	Projekt okrętowych turbin parowych i gazowych	90		90		
Politechnika Szczecińska	Maszyny przepływowe	60	45	15		
	Turbiny okrętowe i turbosprężarki lub	60	45	15		
	Siłownie okrętowe II (turbinowe)	75	45	30		
Hochschule Bremerhaven	Nauka o przepływach	80	48	16	16	
	Maszyny przepływowe i wirnikowe	80	48	16	16	
U.S.Merchant Marine Academy Kings Point	Mechanika płynów I (prawa rządzące przepływem w maszynach wirnikowych)	40	32		8	
	Mechanika płynów II (opis przepływów rzeczywistych + wstęp do teorii 1D łącznie ze stratami)	40	32		8	
	Wstęp do siłowni okrętowych I (układy napędowe, sprawności, obiegi cieplne, z naciskiem na parowe siłownie turbinowe)	48	48			
	Wstęp do siłowni okrętowych II (silniki główne, mechanizmy pomocnicze - przygotowanie do pierwszej praktyki)	80	48		32	

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Literatura

1. Adamkiewicz A.: Rozwój systemu kształcenia na Wydziale Mechaniczno-Elektrycznym Akademii Marynarki Wojennej, Przegląd Morski, Dowództwo Marynarki Wojennej, Gdynia, Zeszyt 6, czerwiec 1996.
2. Domachowski Z., Dzida M.: Gas Turbine Subject in Poland, industry , research, education. The First International Scientific Symposium COMPOWER`95 Faculty of Ocean Engeneering & Ship Technology, Technical University of Gdańsk, Gdańsk 23-24 Nov. 1995.
3. Hochschule Bremerhaven. Studienführer 1993/94.
4. Perepeczko A.: Szkoła Morska w Tczewie i Gdyni (Kronika lat 1920-1969) WSM Gdynia 1992.
5. Plany studiów Wydziału Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej.
6. Plany studiów Wydziału Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej.
7. Plany studiów i programy szczegółowe OSMW 1953, 1955, WSMW 1960, 1966, 1967, 1976, 1980, AMW 1986, 1991.
8. Programy nauczania studiów dziennych Wydziałów Mechanicznych WSM Szczecin i WSM Gdynia.
9. Program przedmiotu: Okrętowe turbozespoły spalinowe Studium Wojskowego WSM Szczecin (oprac. Kędzia K.);
10. Program przedmiotu: Okrętowe turbozespoły spalinowe Studium Wojskowego WSM Gdynia (oprac. Radziul J.);
11. The United States Merchant Marine Academy, Kings Point, New York, Forty-Seventh Year 1990-91 Catalog.

STUDENT EDUCATION ON MARINE STEAM AND GAS TURBINES AT MERCHANT MARINE AND NAVAL ACADEMIES

Summary

The paper presents the methodology of student education on steam and gas turbine engines used on naval ships and merchant vessels. The following aspects are discussed: the history and present status of educational systems on turbine engineering, hand books and teaching aids used lab and skills training, and numbers of students on licence examination. The present status of such education in Poland is compared with mechanics other centers training.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl