



## COURSE DESCRIPTION CARD - SYLLABUS

Course name

Turbojet engines [S2AiR2-SliB>ST]

### Course

Field of study

Automatic Control and Robotics

Year/Semester

1/1

Area of study (specialization)

Intelligent and Unmanned Systems

Profile of study

general academic

Level of study

second-cycle

Course offered in

Polish

Form of study

full-time

Requirements

compulsory

### Number of hours

Lecture

30

Laboratory classes

15

Other (e.g. online)

0

Tutorials

15

Projects/seminars

0

### Number of credit points

4,00

### Coordinators

prof. dr hab. inż. Andrzej Frąckowiak  
andrzej.frackowiak@put.poznan.pl

dr inż. Łukasz Semkło  
lukasz.semklo@put.poznan.pl

### Lecturers

### Prerequisites

1. Knowledge of mathematics and physics within the scope of the study program. The student is able to describe basic physical phenomena and perform related calculations. The student is able to determine the priorities that are important when solving the tasks set before him. The student demonstrates independence in solving problems, acquiring and improving acquired knowledge and skills. 2. A student starting this course should have basic knowledge of the basics of thermodynamics and energy flow and conversion processes in thermal flow machines and devices. He should also have the ability to effectively self-educate in the field related to the chosen field of study and be ready to cooperate within a team. 3. Basic knowledge of technical drawing, mechanics, strength of materials.

## Course objective

1. Zapoznanie z podstawowymi procesami termodynamicznymi, przemianami termodynamicznymi i równaniami zachowania energii. Poznanie metod opisu różnych czynników termodynamicznych i obiegów termodynamicznych realizujących założone procesy konwersji energii cieplnej. Praktyczne opanowanie umiejętności opisu realizacji procesów cieplnych 2. Zapoznanie z wiedzą związaną z mechaniką płynów (siły wywierane przez płyn na kanał przepływowy, klasyfikacja przepływów, przepływy izentropowe, zjawiska lepkie i ich wpływ na pole przepływowe, warstwa przyścienna, turbulencja itp.) oraz dynamiki gazów (fala uderzeniowa, linia Fanno, itp.). 3. Zapoznanie studentów z problematyką dotyczącą wymagań, konstrukcji i eksploatacji lotniczych zespołów dla silników turbinowych. Przedstawienie teorii lotniczych zespołów napędowych opartych o przepływowe silniki cieplne (turbinowe silniki odrzutowe jedno i dwuprzepływowe, silniki turbośmigłowe, silniki strumieniowe i raketowe). W szczególności nauczyć narzędzi analitycznych potrzebnych do ilościowej analizy takich silników, a także zaznajomić z jakościowymi relacjami pomiędzy parametrami charakterystycznymi. Zapoznanie studenta z podstawowymi zasadami pracy silników lotniczych, ich budowy i wykorzystania.

## Course-related learning outcomes

Knowledge:

1. knows and understands selected areas of mathematics to an in-depth level; has broadened and deepened knowledge necessary to formulate and solve complex tasks in the field of control theory, optimization, modeling, identification and signal processing; [K2\_W1]
2. has structured and in-depth knowledge in the field of modeling and identification of systems; [K2\_W5]
3. has knowledge of development trends and the most important new achievements in the field of automation and robotics and related scientific disciplines; [K2\_W12]

Skills:

1. is able to determine models of simple systems and processes and use them for the analysis and design of automation and robotics systems; [K2\_U10]
2. is able to select and integrate elements of a specialized measurement and control system, including: control unit, executive system, measurement system and peripheral and communication modules; [K2\_U13]

Social competences:

1. is aware of the importance and understands non-technical aspects and consequences of engineering activities, including its impact on the environment and the related responsibility for decisions made; is ready to develop professional achievements; K2\_K2
2. is aware of responsibility for one's own work and is ready to obey the principles of teamwork and be responsible for jointly performed tasks; is able to lead a team, set goals and define priorities leading to the implementation of the task; [K2\_K3]

## Methods for verifying learning outcomes and assessment criteria

Learning outcomes presented above are verified as follows:

Lecture:

- assessment of knowledge and skills demonstrated in the written test during the examination session - 1.5 hour exam

Exercises:

- the knowledge acquired during the exercises is verified by a final test at the last class

## Programme content

Basic thermodynamic concepts. Speed of sound. Gas flow classification. One-dimensional flow. Basic equations. Adiabatic and isentropic flows. Flow through the nozzle. Critical parameters and gas accumulations. Change of gas parameters in flow through a pipe with variable cross-section, taking into account friction and heat transfer. Wave phenomena in one-dimensional flow. Normal shock wave. Two-dimensional flow. Flat supersonic flow. Oblique shock wave. Axisymmetric flow. Basic relationships, model of the thermodynamic factor. First law of thermodynamics. Perfect gases. Basic dependencies for open systems. 2nd law of thermodynamics. Efficiency of cycles and transformations. Typical transformations of an ideal gas. Real gases. Basics of describing combustion

processes. Motor circuits. Left-hand circulation. Steam power plant circuits. Basics of heat flow. Continuous medium model. Some concepts and theorems of fluid kinematics. Power line. Current area. The path of the fluid element. Acceleration of the fluid element. Substantial, convective and local derivative. Circulation. Principle of conservation of mass. Forces acting on the fluid. General properties of motion of non-viscous and non-heat-conducting fluids. Fluid statics. Determination of equipotential surfaces and pressure distribution. Pressure of fluid on the walls of solid bodies. Swimming and stability of floating bodies.

Turbine engines as a drive for aircraft engines. Construction and operational requirements for drive units and automatic control systems of turbine engines. Examples of practical implementation of control systems for modern turbine engines. Operation of aircraft powered by turbine and piston engines according to standards specified in aviation regulations. Physical basis of thrust generation by aircraft drives; The influence of flight parameters (speed, ceiling) and engine parameters (compression, heating, efficiency of compression and expansion processes, etc.) on individual engine operating parameters (specific thrust, specific fuel consumption, components and overall efficiency); Double-flow engines (auxiliary channel circulation, characteristics);

## Course topics

Lecture:

topic 1 - engine designs

topic 2 - inlet nozzles

topic 3 - compressor

topic 4 - combustion chamber

topic 5 - turbine

topic 6 - outlet nozzle

topic 7 - aircraft engine accessories

Exercises:

topic 1 - principle of conservation of mass

topic 2 - Bernoulli equation without losses

topic 3 - Bernoulli equation with losses

topic 4 - similarity numbers

topic 5 - sequence calculations

topic 6 - calculations of engine operating parameters

topic 7 - calculations of engine operating parameters

Laboratories:

topic 1 - Flow visualization

topic 2 - determination of pressure losses in the channel

topic 3 - characteristics of a centrifugal fan

topic 4 - turbine characteristics

topic 5 - pump characteristics in series and parallel systems

topic 6 - Determining the characteristics of a jet engine

topic 7 - Determination of mass flow using damming tubes

## Teaching methods

1. Lecture: multimedia presentation, illustrated with examples given on the board.
2. Exercises: examples given on the board and carrying out tasks given by the teacher - practical exercises.

## Bibliography

Basic:

1. Kalinowski E.: Termodynamika, Wyd. P. Wr. 1994

2. Szargut J.: Termodynamika techniczna, Wyd. P. Śl. 1997

3. Szargut J. I inni: Zadania z termodynamiki technicznej, P. Śl. 1995

4. Wiśniewski St.: Termodynamika techniczna, WNT 1995

5. Tuliszka E. Red.: Termodynamika techniczna. Zbiór zadań, Nr 889, Wyd. P.P. 1980

6. Kestin J.: Course in Thermodynamics, New York, Hemisphere 1979 Uzupełniająca

7. Zucker R, Biblarz O., Fundamentals of gas dynamics, Second Edition, John Wiley & Sons Inc., New

Jersey, 2002

8. Rup K., Izentropowe i nieizentropowe przepływy gazu, PWN Warszawa, 2003

9. Genick Bar-Meir, Fundamentals of Compressible Fluid Mechanics, GNU Free Documentation License, 2013

10. Dzierżanowski P. „Turbinowe silniki odrzutowe”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności (posiadanie własnego egzemplarza nie jest obowiązkowe. Wykład pokrywa treść w sposób wystarczający)

Uzupełniająca

11. Ciałkowski M., Mechanika Płynów. Skrypty Uczelniane. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.

12. Ciałkowski M., Bartoszewicz J., Frąckowiak A., Grudziński M., Grzelczak M., Kołodziej J., Piątkowski R., Rybarczyk J., Wróblewska A., Mechanika płynów: zbiór zadań z rozwiązaniami, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2008

Additional:

1. Tuliszką E.: Teoria maszyn cieplnych, Nr 511, Wyd. P.P. 1974 2. M.J. Moran

2. Prosnak W.J., Mechnika płynów, t II PWN Warszawa, 1971

3. Gołębiowski C., Łuczywek E., Walicki E., Zbiór zadań z mechaniki płynów, PWN Warszawa 1978

4. The Jet Engines. Wyd. Rolls Royce 1986 r.

5. Dzierżanowski P., Kordziński W., Otyś J., Łyżwiński M., Szczeciński S., Wiatrek R.: Napędy Lotnicze. Turbinowe silniki odrzutowe. WKŁ, Warszawa 1983.

6. Dzierżanowski P., Kordziński W., Otyś J., Szczeciński S., Wiatrek R.: Napędy Lotnicze. Turbinowe silniki śmigłowe i śmigłowcowe. WKŁ, Warszawa 1985.

7. Lotnicze silniki turbinowe : konstrukcja - eksploatacja - diagnostyka. Cz. 1 Włodzimierz Balicki, Ryszard Chachurski, Paweł Głowacki, Jan Godzimski, Krzysztof Kawalec, Adam Kozakiewicz, Zbigniew Pągowski, Artur Rowiński, Jerzy Szczeciński, Stefan Szczeciński. , Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa. Wydawca, Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa, 2010

8. Lotnicze zespoły napędowe. Cz. 2 / Stefan Szczeciński, Włodzimierz Balicki, Ryszard Chachurski, Paweł Głowacki, Jan Godzimski, Adam Kozakiewicz, Zbigniew Pągowski, Jerzy Szczeciński. Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa. Wydawca, Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa,

9. Lotnicze zespoły napędowe. Cz. 3 / Stefan Szczeciński, Włodzimierz Balicki, Ryszard Chachurski, Paweł Głowacki, Krzysztof Kawalec, Adam Kozakiewicz, Jerzy Szczeciński. Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa. Wydawca, Wydawnictwa Naukowe Instytutu Lotnictwa,

10. Eksploatacja silników turbinowych / Benedykt Boliński, Zdzisław Stelmaszczyk. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Wydawca

11. Turbinowe silniki odrzutowe / Paweł Dzierżanowski, Walerian Kordziński, Mieczysław Łyżwiński, Jerzy Otyś, Stefan Szczeciński, Ryszard Wiaterek, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Wydawca Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1983.

### Breakdown of average student's workload

	Hours	ECTS
Total workload	100	4,00
Classes requiring direct contact with the teacher	60	2,00
Student's own work (literature studies, preparation for laboratory classes/ tutorials, preparation for tests/exam, project preparation)	40	2,00