

Program studiów

Kierunek studiów:	energetyka
Poziom studiów:	studia drugiego stopnia
Profil studiów:	ogólnoakademicki
Formy studiów:	studia stacjonarne studia niestacjonarne
Liczba semestrów:	studia stacjonarne: 3 semestry studia niestacjonarne: 4 semestry
Liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów:	90 ECTS
Tytuł zawodowy nadawany absolwentom:	magister inżynier
Kierunek studiów jest przyporządkowany do dyscyplin:	inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (100%) – dyscyplina wiodąca
Łączna liczba godzin zajęć:	studia stacjonarne: 945 studia niestacjonarne: 591
Łączna liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia:	studia stacjonarne: 47 ECTS studia niestacjonarne: 33 ECTS
Liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych – w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż odpowiednio nauki humanistyczne lub nauki społeczne:	5 ECTS
Wymiar oraz liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach praktyk zawodowych:	program studiów nie przewiduje praktyki zawodowej
Zasady i forma odbywania praktyk zawodowych:	program studiów nie przewiduje praktyki zawodowej

Kategoria efektu	Symbol	Treść efektu uczenia się	Uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia (kod składnika opisu PRK)	Ogólne charakterystyki drugiego stopnia (kod składnika opisu PRK)	dla dziedziny sztuki / dla kompetencji inżynierskich (TAK/NIE)
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W01	społeczne, ekonomiczne, prawne i inne pozatechniczne uwarunkowania działalności inżynierskiej oraz uwzględnia je w praktyce inżynierskiej	P7U_W	P7S_WK	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W02	podstawowe zagadnienia gramatyczne i leksykalne, i posługuje się nimi w sposób komunikatywny (język obcy).	P7U_W	P7S_UK	NIE
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W03	podstawowe zagadnienia dotyczące zarządzania, w tym zarządzania jakością, i prowadzenia działalności gospodarczej	P7U_W	P7S_WK	NIE
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W04	ogólne zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości, wykorzystując wiedzę z zakresu dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla studiowanego kierunku	P7U_W	P7S_WK	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W05	rozszerzone i pogłębione zagadnienia z zakresu matematyki, fizyki i innych obszarów przydatne do formułowania i rozwiązywania złożonych zadań właściwych dla kierunku Energetyka	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W06	zagadnienia na temat zasad przeprowadzania i opracowania wyników pomiarów fizycznych, rodzajów niepewności pomiarowych, sposobów ich wyznaczania i wyrażania	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W07	zaawansowane metody i procedury numeryczne oraz zagadnienia programowania i możliwości obliczeń komputerowych	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W08	zaawansowane zagadnienia w zakresie termodynamiki technicznej i chemicznej	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W09	zaawansowaną problematykę w zakresie opisu procesów wymiany masy, pędu i energii oraz zna metody rozwiązywania tych problemów.	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W10	rozszerzoną problematykę dotyczącą technologii w energetyce konwencjonalnej i jądrowej	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W11	dogłębnie metody doboru podstawowych urządzeń energetyki	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W12	zagadnienia w zakresie inżynierii materiałowej w szczególności własności materiałów stosowanych w energetyce wysokotemperaturowej	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W13	zaawansowane metody wykorzystania zasobów energii odnawialnej	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W14	zaawansowane metody oceny energetycznej procesów	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W15	zagadnienia w zakresie zasobów paliw naturalnych, ich własności fizycznych i chemicznych oraz procesów ich użytkowania	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W16	zasady wykorzystywania energii odpadowej	P7U_W	P7S_WG	TAK

Wiedza: zna i rozumie	K2A_W17	specjalistyczną problematykę pozwalającą rozwiązywać problemy związane ze studiowaną specjalnością	P7U_W	P7S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K2A_W18	typowe technologie inżynierskie w zakresie energetyki	P7U_W	P7S_WG	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U01	pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku obcym, integrując uzyskane informacje, dokonując ich interpretacji, wyciągając wnioski oraz formułując i uzasadniając opinie	P7U_U	P7S_UK	NIE
Umiejętności: potrafi	K2A_U02	porozumiewać się przy użyciu różnych technik, także w języku obcym, w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach	P7U_U	P7S_UK	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U03	przygotować w języku polskim i języku obcym, dobrze udokumentowane opracowanie typu raport techniczny	P7U_U	P7S_UK	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U04	przygotować i przedstawić w języku polskim i języku obcym prezentację ustną, dotyczącą szczegółowych zagadnień z zakresu energetyki	P7U_U	P7S_UK	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U05	czytać prasę fachową (także w języku obcym) i prowadzić proces samokształcenia się	P7U_U	P7S_UK	NIE
Umiejętności: potrafi	K2A_U06	posługiwać się językiem angielskim na poziomie B2+ oraz drugim językiem na poziomie A1 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego. Posługiwać się terminologią anglojęzyczną z zakresu energetyki	P7U_U	P7S_UK	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U07	przeprowadzać pomiary wielkości fizycznych oraz opracować i przedstawić w czytelny sposób ich wyniki	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U08	posługiwać się współczesnym oprogramowaniem komputerowym do realizacji zadań inżynierskich oraz prostych problemów badawczych związanych z konstruowaniem maszyn i urządzeń oraz modelowaniem instalacji energetycznych	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U09	budować złożone modele procesów technicznych oraz analizować je stosując metody analityczne, eksperymentalne oraz prowadzić symulacje tych procesów	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U10	formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi energetyki	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U11	ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć (technik i technologii) w zakresie energetyki	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U12	pracować w środowisku przemysłowym oraz stosować zasady bezpieczeństwa związane z tą pracą	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U13	dokonać wstępnej analizy ekonomicznej podejmowanych działań inżynierskich	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U14	przygotować opracowanie typu raport/artykuł prezentujące wyniki własnych analiz	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U15	stosować zasady i metody termodynamiki, transportu masy i ciepła oraz mechaniki płynów	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U16	przewodzą analizę techniczno-ekonomiczną projektowanych układów technologicznych	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U17	dokonać wyboru rodzaju paliw na potrzeby realizowanych i/lub projektowanych procesów energetycznych	P7U_U	P7S_UW	TAK

Umiejętności: potrafi	K2A_U18	sformułować równania modeli matematycznych opisujących własności i działanie instalacji energetycznych i ich elementów w stanach ustalonych i przejściowych	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U19	stosować metody matematyczne w rozwiązywaniu problemów inżynierskich oraz podstawowych zadań badawczych dotyczących procesów fizycznych i chemicznych w energetyce	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U20	używać komercyjnych programów obliczeniowych oraz tworzyć własne narzędzia komputerowe na potrzeby modelowania matematycznego	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U21	implementować metody badań w analizach procesów w energetyce cieplnej	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U22	przeprowadzić rozszerzoną analizę wpływu wybranych parametrów procesu na jego wydajność i efektywność/sprawność energetyczną	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U23	stosować zaawansowane metody wspomagające rozwiązywanie praktycznych problemów techniczno-ekonomicznych w energetyce	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U24	dobierać podstawowe maszyny energetyczne w zależności od rodzaju procesu	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U25	sformułować i rozwiązać problem inżynierski i prosty problem badawczy z zakresu studiowanej specjalności	P7U_U	P7S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K2A_U26	ocenić skutki rozwiązań technicznych związanych ze studiowaną specjalnością	P7U_U	P7S_UW	TAK
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K2A_K01	podjęcia uczenia się przez całe życie, inspirowania i organizowania procesu uczenia się innych osób	P7U_K	P6S_UU	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K2A_K02	oceny pozatechnicznych aspektów i skutków działalności inżynierskiej, w tym jej wpływu na środowisko, i wzięcia odpowiedzialności za podejmowane decyzje	P7U_K	P6S_KK	TAK
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K2A_K03	współdziałania i pracy w grupie, przyjmując w niej różne role	P7U_K	P6S_UO	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K2A_K04	określania priorytetów służących realizacji określonego przez siebie lub innych zadania	P7U_K	P6S_UK	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K2A_K05	identyfikacji i rozstrzygania dylematów związanych z wykonywaniem zawodu	P7U_K	P6S_KK	TAK
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K2A_K06	myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy	P7U_K	P6S_KO	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K2A_K07	odpowiedzialnego pełnienia ról zawodowych, pełnienia społecznej roli absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza formułowania i przekazywania społeczeństwu – m.in. poprzez środki masowego przekazu – informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżyniera; podejmowania starań, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia; rozwijania dorobku zawodu	P7U_K	P6S_KR	NIE

Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w trakcie całego cyklu kształcenia:

L.p.	Nazwa sposobu weryfikacji i oceny efektów uczenia się	Opis
1	Egzamin - ustny, opisowy, testowy	pytania otwarte, opisowe; krótkie pytania opisowe; testy jednokrotnego wyboru; testy wielokrotnego wyboru
2	Zaliczenie - ustne, opisowe, testowe	ptania otwarte, dialog z prowadzącym zajęcia (sprawdzenie poziomu zrozumienia, umiejętności analizy, syntezy i rozwiązywania problemów)
3	Kolokwium i kartkówki	pytania otwarte, opisowe; krótkie pytania opisowe; testy jednokrotnego wyboru; testy wielokrotnego wyboru
4	Przyg. projektu, referatu, eseju i prezentacji multimedialnych	pozyskiwanie materiałów naukowych ze źródeł analogowych i cyfrowych, ich opracowanie, krytyczna analiza oraz prezentacja np. na forum grupy ćwiczeniowej
5	Wykonanie sprawozdania laboratoryjnego	opracowanie techniczne na podstawie przeprowadzonego eksperymentu, krytyczna interpretacja uzyskanych wyników oraz postawienie wniosków, a także ich dyskusja na podstawie literatury
6	Wypowiedzi ustne, aktywność w dyskusji/debacie	wypowiedź na określony temat naukowy, weryfikująca wiedzę merytoryczną oraz kształtująca kompetencje miękkie
7	Rozwiązywanie zadań problemowych	rozwiązywanie zadań nietypowych, uczących kreatywnego myślenia, rozwijające pomysłowość oraz zdolność syntezy i weryfikacji danych
8	Analiza przypadków Case Study	szczegółowy opis rzeczywistego przypadku; służy sprawdzeniu umiejętności do wyciągania wniosków co do przyczyn i rezultatów przebiegu określonego przypadku oraz pokazaniu koncepcji wartych naśladowania lub unikania
9	Ocena pracy dyplomowej i egzaminu dyplomowego	zgodnie z Regulaminem studiów oraz Uczelnianą i Wydziałową Księgą Jakości Kształcenia

Zajęcia

L.p.	Nazwa zajęć lub grupy zajęć	Liczba punktów ECTS	Efekty uczenia się (symbole)	Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się
1	Język obcy	4	K2A_W02, K2A_U01, K2A_U03, K2A_U04, K2A_U05, K2A_U06	Tematyka/słownictwo, funkcje komunikacyjne i struktury gramatyczne zgodne z „Europejskim Systemem Opisu Kształcenia Językowego” na poziomie biegłości językowej A1, A2 lub B1 - i zgodne z właściwym dla poziomu i podręcznika rozkładem materiału (http://www.polsl.pl/Jednostki/RJM1-SJO)
2	Przedmiot humanistyczny	3	K2A_W01, K2A_U01, K2A_K01, K2A_K05, K2A_K07	Zależnie od wybranego przedmiotu
3	Przedmiot ekonomiczny	2	K2A_W01, K2A_W03, K2A_W04, K2A_U13, K2A_U16, K2A_K02, K2A_K06	Zależnie od wybranego przedmiotu
4	Matematyka II	4	K2A_W05, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U10, K2A_U19, K2A_U20	Zmienne decyzyjne, funkcja celu, ograniczenia równościowe oraz nierównościowe, klasyfikacja zadań optymalizacyjnych. Minimalizacja funkcji jednej zmiennej. Programowanie liniowe: Sformułowanie, warunki optymalności, interpretacja graficzna. Minimalizacja funkcji wielu zmiennych. Metody poszukiwań minimum i metody poprawy kierunku. Sformułowanie problemu optymalizacyjnego z ograniczeniami. Metody funkcji kary. Podstawy algorytmów genetycznych. ia wstępne. Typy równań różniczkowych występujących w energetyce. Podstawowe metody analityczne rozwiązywania równań różniczkowych. Algorytmy numeryczne rozwiązywania równań różniczkowych (metody Eulera, Euler-Cauchego, metoda Runge-Kutta). Układy równań różniczkowych. Zmienne losowe ciągłe. Pomiar i błąd pomiaru jako zmienne losowe. Najważniejsze rozkłady prawdopodobieństwa. Parametry rozkładów prawdopodobieństwa. Estymacja parametrów rozkładu i przedziałów ufności. Metody wyznaczania niepewności pomiaru. Statystyczne opracowanie i uwiarygodnienie wyników pomiaru.

SPECJ.: CIEPLNE SYSTEMY ENERGETYCZNE

5 Metody numeryczne	4	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U19, K2A_U20, K2A_U23	<p>Porównanie metod analitycznej, numerycznej i eksperymentalnej mechaniki płynów. Cel stosowania modelowania matematycznego i symulacji numerycznych. Warunki jednoznaczności. Warunki brzegowe równań transportu ciepła, masy i pędu. Metody rozwiązywania zadań transportu ciepła, masy i pędu: metoda objętości skończonych (MOS), elementów skończonych (MES), elementów brzegowych (MEB). Przykłady i zakres stosowalności modeli 1-, 2- i 3-wymiarowych, modeli uproszczonych (w tym: symetria, periodyczność, itp.). Metoda objętości skończonych (MOS) dla zadań ustalonych i niustalonych. Stabilność czasowych schematów różnicowych. Sposoby rozwiązywania układów równań algebraicznych pojawiających się w metodach numerycznych. Równania konwekcyjnej mechaniki płynów. Schematy zachowawcze i niezachowawcze. Sformułowanie całkowe. Ogólny schemat równania transportu. Schemat pod wiatr i centralny, lepkość numeryczna, stabilność. Sposoby modelowania turbulencji. Sposób traktowania ciśnienia w zadaniach mechaniki płynów, schematy Simple i Simpler Rodzaje siatek podziału numerycznego stosowane w numerycznej mechanice płynów (typy elementów, siatki strukturalne i niestrukturalne, non-conformal, itp.).</p>
6 Modelowanie matematyczne instalacji energetycznych	4	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U17, K2A_U18, K2A_U20	<p>Istota modelowania matematycznego. Pojęcie systemu energetycznego. Metody opisu struktury systemów energetycznych. Wskaźniki jednostkowego zużycia energii. Pojęcie charakterystyki energetycznej. Metody identyfikacji charakterystyk energetycznych urządzeń cieplnych. Statystyczne metody doboru współczynników charakterystyk energetycznych. Wybrane charakterystyki urządzeń cieplnych. Zastosowanie teorii przepływów międzygałęziowych do modelowania matematycznego systemów energetycznych. Model matematyczny liniowy przemysłowego systemu energetycznego do planowania produkcji nośników energii. Przykład budowy modelu matematycznego na bazie uproszczonego schematu cieplnego elektrociepłowni przemysłowej. Zastosowanie modelowania matematycznego do projektowania elementów maszyn i urządzeń energetycznych.</p>
7 Wybrane problemy transportu ciepła i masy	5	K2A_W05, K2A_W08, K2A_W09, K2A_U15, K2A_U18	<p>Nieustalone problemy przewodzenia ciepła. Konwekcyjne problemy skraplania oraz wrzenia. Promieniowanie gazów. Wymiana ciepła w układach z promieniującym gazem. Wybrane problemy transportu masy – przenikanie masy między dwiema fazami. Podstawowe informacje o absorpcji. Wybrane problemy wymienników ciepła.</p>
8 Niskoemisyjne spalanie i oczyszczanie spalin	4	K2A_W11, K2A_W06, K2A_W15, K2A_W17, K2A_U07, K2A_U16, K2A_U17, K2A_U24, K2A_U26, K2A_K02	<p>Zanieczyszczenia powstające podczas spalania. Emisja zanieczyszczeń z niektórych urządzeń. Niskoemisyjne techniki spalania w kotłach: zmiana organizacji spalania, niskoemisyjne palniki, spalanie fluidalne, spalanie w tlenie. Metody oczyszczania spalin z zanieczyszczeń gazowych i stałych: metody absorpcyjne, metody adsorpcyjne, metody katalityczne, metody odpylania gazów. Przykładowe instalacje i układy ochrony środowiska stosowane w energetyce i motoryzacji.</p>

9 Energetyka jądrowa	5 K2A_W10, K2A_W06, K2A_W11, K2A_W12, K2A_W14, K2A_U20	Reaktory jądrowe - rys historyczny i wybrane problemy: historia, stan obecny i przyszłość energetyki jądrowej, problemy bezpieczeństwa, doświadczenia eksploatacyjne, zasoby paliwa jądrowego, koszty w energetyce jądrowej. Podstawy fizyczne procesów występujących w reaktorach jądrowych: budowa jądra atomowego, rozpad radioaktywny, oddziaływania promieniowania jonizującego w organizmach żywych i podstawy ochrony radiologicznej, reakcje neutronów, reakcja rozszczepienia, cykl neutronów w reaktorze, charakterystyka pracy reaktora w stanach ustalonych i niestabilnych, procesy reaktywnościowe w reaktorach jądrowych, konstrukcja rdzeni reaktorów, sterowanie i zabezpieczenia reaktorów, potencjalne zagrożenia związane z eksploatacją reaktorów jądrowych. Charakterystyka bloków i awarii w blokach jądrowych: budowa bloków jądrowych ze szczególnym uwzględnieniem układów zabezpieczeń i zmniejszania skutków awarii. Wybrane problemy eksploatacyjne, analizy bezpieczeństwa, i awaryjnych, charakterystyka wybranych awarii i ich skutków. Nowe koncepcje reaktorów jądrowych.
10 Prawo energetyczne i regulacja w energetyce	2 K2A_W01, K2A_U01, K2A_K02, K2A_K04, K2A_K07	Omówienie podstawowych zasad legislacji. Ogólne omówienie ustawy Prawo energetyczne. Określenia użyte w Ustawie (wybrane). Obowiązujące rozporządzenia związane z ustawą Prawo energetyczne. Dyrektywy Unii Europejskiej. Ustawa Prawo energetyczne a bezpieczeństwo energetyczne. Polityka energetyczna Polski. Odnawialne Źródła Energii – mechanizmy wsparcia w polskim ustawodawstwie (certyfikaty). Skojarzone wytwarzanie ciepła i elektryczności – mechanizmy wsparcia w polskim ustawodawstwie. Zasada dostępu stron trzecich do sieci, konkurencja na rynkach energii. Zasady kształtowania tary dla ciepła, paliw gazowych oraz energii elektrycznej. Wybrane regulacje dotyczące ochrony środowiska oraz mechanizmy określania opłat za korzystanie ze środowiska.
11 Thermo-economic analysis in power engineering	4 K2A_W08, K2A_W14, K2A_U02, K2A_U06, K2A_U13, K2A_U16, K2A_U22, K2A_K06	Characteristic of fundamental technologies in power engineering sector. Domestic and EU energy policy. Energy and exergy indices characterising conventional, nuclear and renewable power plants. Structure of basic power plants and its energetic characteristics. Tool for modelling power systems. Fundamentals of exergy analysis of power plants and industrial systems. Thermo-economic analysis of power plants and industrial systems. Theory of direct and induced exergy losses and its application. Life cycle assessment of power plants from cradle to grave. Exergetic life cycle assessment and thermo-ecological assessment of power plants from cradle to grave. Exergetic assessment of waste energy utilisation. Fundamentals of economic analysis. Economic assessment of power technologies. Application of cumulative emissions calculus to ecological assessment of power plants and industrial systems. Exergetic assessment of sustainability of domestic energy mix.
12 Diagnostyka cieplna w energetyce	4 K2A_W10, K2A_W14, K2A_W16, K2A_U19, K2A_U23, K2A_U26	Wstępna i zaawansowana walidacja pomiarów. Ocena energetyczna eksploatacji bloków kondensacyjnych i ciepłowniczych. Ocena energetyczna eksploatacji maszyn i urządzeń energetycznych w elektrowniach i elektrociepłowniach. Ocena energetyczna pracy bloków kondensacyjnych i ciepłowniczych w stanach niestabilnych. Ocena wpływu odchyłeń parametrów eksploatacji od parametrów referencyjnych na energochłonność wytwarzania energii elektrycznej i ciepła z wykorzystaniem modeli symulacyjnych, charakterystyk energetycznych i krzywych korekcyjnych. Struktura i budowa systemów diagnostyki cieplnej i kontroli eksploatacji w polskich elektrowniach.
13 Wybrane działy z termodynamiki	3 K2A_W08, K2A_W17, K2A_U15, K2A_U18, K2A_U20	Gazy wilgotne – przede wszystkim spaliny (Skład i entalpia gazu wilgotnego, Typowe przemiany izobaryczne gazu wilgotnego), Gazy rzeczywiste (Równania stanu gazów rzeczywistych, Funkcje kaloryczne gazów rzeczywistych, Potencjały Gibbssa i Helmholtza, Aktywność ciśnieniowa), Podstawowe wiadomości o roztworach dwuskładnikowych, Podstawy termodynamiki chemicznej (Teoremat Nernsta i III zasada termodynamiki, Bilansowanie reakcji chemicznych, Stała równowagi chemicznej, Stopień dysocjacji spalin), Siłownie parowo-gazowe, Ziębiarki i pompy cieplne.

14 Innovative systems for fossil fuels conversion	2	K2A_W10, K2A_W13, K2A_U06, K2A_U11, K2A_K03, K2A_K05	Structure, parameters, and examples of applications of the innovative power units. Develop an initial technical and economic feasibility study of the innovative power units.
15 Energetyka przemysłowa	2	K2A_W14, K2A_W13, K2A_W16, K2A_W18, K2A_U11, K2A_U12, K2A_U23, K2A_U24, K2A_U25	Wytwarzanie przemysłowych nośników energetycznych, gorąca woda, para wodna wysokociśnieniowa i średnociśnieniowa (technologiczna), sprężone powietrze, dmuch technologiczny, tlen technologiczny, możliwości racjonalizacji produkcji nośników energetycznych. Energetyka cieplna w hutnictwie żelaza, proces technologiczny produkcji stali, spiekalnie, wielkie piece, proces stalowniczy konwertorowy, proces wytopu stali w piecach, elektrycznych, proces walcowniczy, proces koksowniczy, produkcja żelazostopów w piecach elektrycznych, możliwości racjonalizacji zużycia energii, źródła energii odpadowej, urządzenia i sposoby wykorzystania. Gospodarka energetyczna w hutnictwie metali nieżelaznych, hutnictwo miedzi, ołowiu, cynku, wykorzystanie energii odpadowej, możliwości racjonalizacji. Gospodarka energetyczna w innych energochłonnych branżach przemysłowych. Możliwości racjonalizacji gospodarki energetycznej w przemyśle, metoda Pinch.
16 Rurociągowy systemy przesyłowe	1	K2A_W11, K2A_W12, K2A_W14, K2A_U16, K2A_U19	Rodzaje rurociągów i nośników energetycznych, nośniki energetyczne, rodzaje rurociągów, schematy sieci, rurociągi gorącej wody, pary, sprężonego powietrza, wodne, gazociągi, do transportu materiałów sypkich, wentylacyjne, sposoby układania rurociągów. Straty ciśnienia przy przepływie płynów, przepływ płynów nieściśliwych i ściśliwych, przepustowość rurociągów, przykład obliczeniowy – dobór średnicy rurociągu. Straty ciepła z rurociągów ciepłowniczych i parowych, rodzaje izolacji cieplnej, rurociągi napowietrzne, rurociągi układane w kanałach, rurociągi preizolowane, obliczenia strat ciepła z rurociągów do otoczenia, zależności podstawowe, grubość izolacji cieplnej, zasada doboru grubości izolacji cieplnej, przykład obliczeniowy. Armatura rurociągową, rurociągi parowe i wodne, zawory, odwadniacze, typy odwadniaczy, zasady instalowania odwadniaczy, diagnostyka odwadniaczy. Modernizacja rurociągów cieplnych, zakres modernizacji, analiza ekonomiczna przedsięwzięć modernizacyjnych, obliczenia efektywności ekonomicznej przedsięwzięć modernizacyjnych, przykład obliczeniowy z zakresu oceny efektywności ekonomicznej modernizacji rurociągu. Badania termowizyjne stanu izolacyjności cieplnej rurociągów, czynniki wpływające na termowizyjny pomiar temperatury, zasady interpretacji wyników pomiarów temperatury.
17 Projekt przeddyplomowy	3	K2A_U01, K2A_U03, K2A_U10, K2A_U14, K2A_U21, K2A_U23, K2A_U25, K2A_K04	Treści dostosowane indywidualnie dla każdego przypadku projektu przeddyplomowego – mieszczące się w zakresie szeroko rozumianej energetyce cieplnej.
18 Technologie projektowania systemów energetycznych	1	K2A_W10, K2A_W11, K2A_W15, K2A_U11, K2A_U12, K2A_U24	Pojęcie planowania oraz projektowania, fazy oraz etapy projektu inwestycyjnego, czynniki decydujące o wyborze technologii oraz miejsca pod budowę obiektu energetycznego, zasady doboru maszyn i urządzeń, charakterystyki termodynamiczne, środowiskowe i ekonomiczne technologii energetycznych, metodologia określania podstawowych wskaźników efektywności

SPECJ.: ENERGETYKA GAZOWA I ROZPROSZONA		
19 Wybrane metody numeryczne i pomiarowe	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U19, K2A_U20, K2A_U23	Podstawowa wiedza z zakresu miernictwa i technik pomiarowych, budowa wybranych przyrządów pomiarowych z zastosowaniem metod programowania, budowa urządzeń monitoringu i akwizycji danych, modelowanie i podstawy programowania w systemach obliczeniowych (ANSYS, MATLAB) oraz środowiskach programowania eksperymentu (LABVIEW), podstawy baz danych i SQL.
20 Modelowanie matematyczne procesów energetycznych	K2A_W07, K2A_W12, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U17, K2A_U18, K2A_U20	Metody obliczeniowe stosowane w programach komercyjnych, obliczenia iteracyjne, metody optymalizacyjne, programy komercyjne wykorzystywane do analiz oraz symulacji układów energetycznych oraz ich możliwości, arkusze kalkulacyjne, bazy danych oraz źródła informacji.
21 Wybrane problemy transportu ciepła i masy	K2A_W05, K2A_W08, K2A_W09, K2A_U15, K2A_U18, K2A_U19, K2A_U20	Nieustalone problemy przewodzenia ciepła. Konwekcyjne problemy skraplania oraz wrzenia. Promieniowanie gazów. Wymiana ciepła w układach z promieniującym gazem. Wybrane problemy transportu masy – przenikanie masy między dwiema fazami. Podstawowe informacje o absorpcji. Wybrane problemy wymienników ciepła.
22 Problemy obliczeniowe gazownictwa	K2A_W11, K2A_W15, K2A_U15, K2A_U16, K2A_U24	Zagadnienia wprowadzające. Równanie stanu i właściwości gazów rzeczywistych. Obliczenia wytrzymałościowe gazociągów. Obliczenia przepływowe gazociągów. Równania przepływu gazu. Liczba tarcia, równania uproszczone. Analogia elektryczna sieci gazowych. Podstawowe metody projektowania sieci. Specyfika obliczeń sieci przesyłowych i dystrybucyjnych. Prognozowanie i identyfikacja poboru gazu. Metody rozwiązywania złożonych układów sieci.
23 Ograniczanie emisji gazów	K2A_W06, K2A_W10, K2A_W15, K2A_U07, K2A_U21, K2A_U23, K2A_U25, K2A_K02	Zanieczyszczenia powstające podczas spalania. Emisja zanieczyszczeń z niektórych urządzeń. Nowoczesne technologie spalania w kotłach ograniczające powstawanie i emisję NOx oraz SO2: zmiana organizacji spalania, niskoemisyjne palniki, spalanie fluidalne. Metody oczyszczania spalin z zanieczyszczeń gazowych: metody absorpcyjne, metody adsorpcyjne, metody katalityczne. Przykładowe instalacje i układy ochrony środowiska stosowane w energetyce.
24 Selected problems of district heating systems	K2A_W09, K2A_W10, K2A_W14, K2A_W16, K2A_W17, K2A_U06, K2A_U16	Reasons for development of centralized heat sources. Fuels used for supplying heat sources in district heating systems including waste derived fuels and biomass. Ordered diagram of heat load and determination of heat demand. Principles of designing of heat sources. Safety devices in the plants. Types of media used in district heating systems. Types and configuration of district heating networks. Principles of calculating pipe diameters and selection of the parameters of the circulating media. Principles of hydraulic calculations of district heating networks. Principles of calculating heat loss in district heating networks. Mathematical modeling. Heat exchangers. Principles of regulation of heating networks.
25 Energetyczne wykorzystanie biomasy	K2A_W06, K2A_W13, K2A_W16, K2A_U11, K2A_U21, K2A_K02, K2A_K03	Definicja biomasy, uregulowania prawne determinujące użycie biomasy jako nośnika energii, charakterystyka paliw standardowych, właściwości biomasy jako źródła energii (słoma, drewno, osady ściekowe, biogaz, biopaliwa płynne); spalanie, bilans energetyczny procesu spalania biomasy, przykłady systemów spalających biomasę, współspalanie, zgazowanie, piroliza; przykłady instalacji w Polsce i na świecie, perspektywy rozwoju wykorzystania biomasy jako źródła energii.

26 Hybrydowe układy energetyczne	K2A_W10, K2A_U21, K2A_U22, K2A_U23, K2A_U25, K2A_U26	Klasyfikacja układów hybrydowych wykorzystywanych w energetyce zawodowej, siłownie węglowe nadbudowane turbinami gazowymi (układy szeregowo, równoległe, ze zrzutem spalin do kotła – „hot windbox”), podstawowe wskaźniki oceny efektywności energetycznej oraz wskaźniki ekologiczne, układy hybrydowe stanowiące alternatywę dla bezpośredniego współspalania biomasy w siłowniach węglowych, układy hybrydowe w energetyce rozproszonej, sprzężenia silników spalinowych lub turbin gazowych z turbinami wiatrowymi oraz bateriami słonecznymi, magazynowanie energii.
27 Układy niekonwencjonalnej energetyki rozproszonej	K2A_W11, K2A_W13, K2A_W14, K2A_W16, K2A_U11	Definicje układów rozproszonych oraz energetyki niekonwencjonalnej. Zrównoważony rozwój w kontekście energetyki. Bezpieczeństwo energetyczne. Regulacje Unii Europejskiej związane z układami niekonwencjonalnej energetyki rozproszonej. Charakterystyka układów rozproszonych pracujących w oparciu o promieniowanie słoneczne, geotermię, energetykę wodną, niskotemperaturową energię termiczną mórz i oceanów, biomasę i biogaz. Energetyczne wykorzystanie wodoru w tym w ogniwach paliwowych. Magazynowanie energii w układach rozproszonych. Sposoby przyłączenia i współpraca z siecią zasilającą układów rozproszonych. Wybrane zagadnienia związane z opłacalności ekonomiczną stosowania układów niekonwencjonalnej energetyki rozproszonej.
28 Gas piston engines	K2A_W11, K2A_U06, K2A_U11, K2A_U22, K2A_U24	Types of gas feeding systems in engines: construction, elements, parts, parts selection, ranges of utilization, auxiliary devices, standards, additional requirements. Measurements of gas fuel engines with comparison to the gasoline engine, characteristics, emissions, operational parameters.
29 Rynek paliw gazowych	K2A_W01, K2A_W15, K2A_W17, K2A_U17, K2A_U23, K2A_U26	Specyfika rynku paliw gazowych. Cele i dyrektywy UE w zakresie rynku gazu. Zasada TPA. Rozdział właścicielski a monopol gazowy. Magazynowanie gazu a dostępność do rynku. Rynek gazu w Polsce. Obrót gazem i operatorzy sieci. Przesył a dystrybucja. Charakterystyka polskich podmiotów rynku. Taryfy gazowe. Zasada budowy taryf. Rodzaje taryf. Omówienie taryf PGNiG. Międzynarodowy przesył i obrót gazem. Rynek CNG w Polsce i na Świecie. Rynek LNG. Skraplanie, transport i regazyfikacja gazu. LNG w Świecie, Europie i w Polsce. Dystrybucja LNG systemem stacji satelickich. Technologie i rynek LPG. Wykorzystanie gazów procesowych i odpadowych.
30 Planowanie i projektowanie technologii energetycznych	K2A_W10, K2A_W11, K2A_W12, K2A_W18, K2A_U12, K2A_U13, K2A_U24	Pojęcie planowania oraz projektowania, fazy oraz etapy projektu inwestycyjnego, czynniki decydujące o wyborze technologii oraz miejsca pod budowę obiektu energetycznego, zasady doboru maszyn i urządzeń, charakterystyki termodynamiczne, środowiskowe i ekonomiczne technologii energetycznych, metodologia określania podstawowych wskaźników efektywności.
SPECJ.: MODERNIZACJA INSTALACJI ENERGETYCZNYCH		
31 Numerical algorithms	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U19, K2A_U20, K2A_U23, K2A_U06	Presentation of basic numerical methods and algorithms concerning the following problems: solving systems of linear equations, nonlinear equations and systems of nonlinear equations, interpolation and approximation methods including single- and multi-variable functions, numerical integration and differentiation, optimization with the use of gradient based methods and heuristic methods, e.g. genetic algorithms, optimization with the use of meta models based on neural networks.

32 Modelowanie matematyczne instalacji energetycznych	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U17, K2A_U18, K2A_U20	Istota modelowania matematycznego. Pojęcie systemu energetycznego. Metody opisu struktury systemów energetycznych. Wskaźniki jednostkowego zużycia energii. Pojęcie charakterystyki energetycznej. Metody identyfikacji charakterystyk energetycznych urządzeń ciepłych. Statystyczne metody doboru współczynników charakterystyk energetycznych. Wybrane charakterystyki urządzeń ciepłych. Zastosowanie teorii przepływów międzygałęziowych do modelowania matematycznego systemów energetycznych. Model matematyczny liniowy przemysłowego systemu energetycznego do planowania produkcji nośników energii. Przykład budowy modelu matematycznego na bazie uproszczonego schematu cieplnego elektrociepłowni przemysłowej. Zastosowanie modelowania matematycznego do projektowania elementów maszyn i urządzeń energetycznych.
33 Dynamika gazów	K2A_W05, K2A_W09, K2A_W08, K2A_U15, K2A_U19	<ul style="list-style-type: none"> • Zagadnienia dynamiki gazów w zastosowaniach technicznych. • Podstawowe własności płynów. • Ogólne równania zachowania dla przepływu płynu. • Uproszczenia równań dla modeli przepływu. • Rozprzestrzenianie się zaburzeń. • Stożek Macha. • Parametry krytyczne. • Funkcje gazodynamiczne. • Zjawiska w przepływie gazu przez kanały o zmiennym przekroju. • Charakterystyka przepływowa dyszy. • Przepływy gazu przez rurociąg. • Przepływ Fanno. • Przepływ Rayleigha. • Prostopadła i skośna fala uderzeniowa. • Fala uderzeniowa ruchoma. • Ekspansja Prandtla-Mayera. • Elementy numerycznej mechaniki płynów.
34 Siłownie konwencjonalne i biosiłownie	K2A_W10, K2A_W14, K2A_W15, K2A_U11, K2A_U23, K2A_U24	<ul style="list-style-type: none"> • Budowa, zasada działania i charakterystyka nowoczesnych siłowni parowych, gazowych, i gazowo-parowych. • Ocena efektywności energetycznej siłowni oraz maszyn i urządzeń energetycznych z wykorzystaniem analizy entropowej. • Charakterystyki maszyn w turbinach gazowych. • Charakterystyka pracy turbiny gazowej przy zmiennym obciążeniu i dla różnych parametrów otoczenia. • Charakterystyka pracy turbiny parowej przy zmiennym obciążeniu. • Charakterystyka biomasy do zastosowania w biosiłowniach. • Siłownie parowe wykorzystujące spalanie i współspalanie biomasy. • Siłownie wykorzystujące fermentację metanową biomasy. • Siłownie wykorzystujące zgazowanie biomasy.

35 Turbiny ciepłe, wiatrowe i wodne

K2A_W09,
K2A_W11,
K2A_W13,
K2A_U15,
K2A_U18

- Cel regulacji turbin.
- Wydzielona i równoległa praca turbozespołów.
- Regulacja pierwotna, wtórna i trójna turbozespołów.
- Regulacja turbin ciepłowniczych.
- Stałociśnieniowa i poślizgowa regulacja bloku energetycznego.
- Układy zabezpieczeń turbin.
- Turbiny dla elektrowni jądrowych, podstawowe zagadnienia przepływowe, konstrukcyjne i eksploatacyjne.
- Ogólna cyrkulacja atmosfery.
- Zasoby energetyczne wiatru w Polsce.
- Proces badania i oceny energii wiatru na danym terenie w określonym czasie.
- Osiągalna i opłacalna efektywność pracy elektrowni wiatrowych na terenie Polski.
- Proces przetwarzania energii wiatru na energię mechaniczną i elektryczną.
- Budowa turbiny wiatrowej.
- Zasada rozmieszczenia turbin wiatrowych w ramach farmy wiatrowej.
- Wpływ elektrowni wiatrowej na środowisko: generowanie hałasu, infradźwięki, promieniowanie elektromagnetyczne, efekt migotania, ptaki a elektrownie wiatrowe, problemy krajobrazowe.
- Podstawy hydrologii.
- Systemy konstrukcyjne turbin wodnych.
- Podstawy teorii turbin wodnych.
- Parametry zredukowane.
- Charakterystyki turbin.
- Regulacja turbin.
- Algorytm doboru rodzaju i wielkości turbiny dla małej elektrowni przepływowej.

36 Computer aided modernization

K2A_W07,
K2A_W17,
K2A_U06,
K2A_U08,
K2A_U09,
K2A_U19

- The concept of modernization,
- the need to modernize machinery,
- the approach to the task of modernization,
- the software used in the modernization,
- the basics of thermal FEM simulations,
- the basics of structural FEM simulations,
- the basis of FEM simulations of thermo-strength analyses,
- meshing principles and models construction,
- the thermo-mechanical simulations of simple elements: bars, beams, axissymmetrical shels and shafts,
- the thermo-mechanical simulations of rotating disks

<p>37 Procesy zużycia i zniszczenia</p>	<p>K2A_W12, K2A_W17, K2A_U09, K2A_K02</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Klasyfikacja procesów zużycia i zniszczenia elementów maszyn. • Natychmiastowe procesy zniszczenia. • Erozyjne procesy zużycia: erozja w strumieniu cząstek ciał stałych, hydroerozja, erozja hydrościerna. • Zużycie erozyjne elementów maszyn i urządzeń energetycznych. • Zużycie kawitacyjne. • Korozyjne procesy starzenia. • Korozja w układzie przepływowym turbin, korozja elementów kotła. • Zmęczenie wysokocykliczne. • Zmęczenie niskocykliczne. • Zmęczenie ciepło – mechaniczne elementów maszyn energetycznych. • Procesy pęcznienia. • Pęcznienie elementów maszyn i urządzeń energetycznych. • Zniszczenie w warunkach pęcznienia. • Hipotezy kumulacji uszkodzeń. • Pękanie elementów maszyn. • Krytyczne wymiary pęknięć. • Propagacja pęknięć w stanach ustalonych i nieustalonych. • Trybologiczne procesy starzenia: zużycie ściernie, adhezyjne, utlenianie, pitting, fretting.
<p>38 Modernizacja turbin i kotłów</p>	<p>K2A_W12, K2A_W16, K2A_U10, K2A_U13, K2A_U15, K2A_U16, K2A_U18, K2A_U25</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Podstawowe problemy modernizacji kotłów. • Obliczenia ciepłne i aerodynamiczne powierzchni konwekcyjnych. • Obliczenia ciepłne komór paleniskowych. • Obliczenia układów młynowo-paleniskowych. • Obliczenia wytrzymałościowe części ciśnieniowych. • Modernizacja i zalecenia związane z projektowaniem przegrzewaczy pary. • Podstawy projektowania powierzchni ożebrowanych w celu poprawy sprawności i warunków pracy urządzeń kotłowych. • Podstawy modernizacji palenisk kotłów energetycznych w kierunku spalania i współspalania odpadów i biomasy. • Problemy eksploatacyjne pracujących turbin parowych. • Cele modernizacji turbin parowych. • Przykładowe zakresy prac modernizacyjnych. • Efekty modernizacji turbin parowych..
<p>39 Pomiary urządzeń energetycznych</p>	<p>K2A_W06, K2A_U07, K2A_U26, K2A_K03</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Model matematyczny obiektu. • Analiza regresji i korelacji. • Analiza niepewności. • Teoretyczne podstawy pomiaru i opracowania wyników. • Pomiary masy, • Pomiary objętości, • Pomiary strumieni przepływów. • Pomiar temperatury i ciśnienia. • Pomiar mocy. • Badanie wentylatorów i pomp wirowych. • Badanie sprężarek. • Badanie turbin parowych. • Badania urządzeń kotłowych. • Badania sprężarkowych urządzeń chłodniczych. • Generator elektryczny

40 Niskoemisyjne technologie energetyczne	K2A_W10, K2A_W13, K2A_W16, K2A_W18, K2A_U11, K2A_U16, K2A_U23	<ul style="list-style-type: none"> • Wymagania legislacyjne w zakresie emisji substancji szkodliwych podczas energetycznego spalania paliw. • Mechanizmy powstawania tlenków azotu. • Spalanie niskoemisyjne - metody pierwotne ograniczania emisji tlenków azotu i związane z nimi zagrożenia. • Metody wtórne ograniczania emisji NOx. • Wysokotemperaturowe odsiarczanie spalin. • Półsuche i mokre metody ograniczania emisji tlenków siarki. • Problemy emisji pyłów, podstawy techniki odpylania. • Metody zmniejszania emisji CO2. • Ograniczanie emisji rtęci.
41 Układy gazowo-parowe	K2A_W08, K2A_W11, K2A_U09, K2A_U16, K2A_U17, K2A_U18, K2A_U22, K2A_U23, K2A_U24	<ul style="list-style-type: none"> • wady i zalety układów gazowo-parowych, • sprawność układu, • różne klasyfikacje, • układy z kotłem jedno-, dwu- i trójciśnieniowym, • układy z przegrzewem wtórnym i bez przegrzewu, • układy z dopalaniem i bez dopalania, • charakterystyki termodynamiczne i ekologiczne, • bilanse masy i energii, • wielkości charakteryzujące podstawowe maszyny oraz urządzenia, • podstawowe wskaźniki pracy i metodologia ich obliczeń, • kierunki rozwoju
42 Projekt przeddyplomowy	K2A_U01, K2A_U03, K2A_U10, K2A_U14, K2A_U21, K2A_U23, K2A_U25, K2A_K04	Wykonanie analiz obliczeniowych lub opracowanie koncepcji badań laboratoryjnych z zakresu zjawisk termodynamicznych i przepływowych w układach energetycznych oraz z zakresu eksploatacji i modernizacji elementów maszyn i urządzeń energetycznych.

43 Modernizacja sprężarek i pomp

K2A_W11,
K2A_W17,
K2A_U18,
K2A_U21,
K2A_W14,
K2A_U12,
K2A_U13

- Opis konstrukcji pomp wirowych i wyporowych oraz ich podstawowych węzłów konstrukcyjnych.
- Omówienie typowych układów pompowych i istotnych kryteriów oceny poprawności doboru pompy do układu pompowego.
- Sposoby korygowania charakterystyk pomp.
- Praca układu pompowego przy stałych parametrach pracy i przy parametrach zmieniających się w założonym zakresie.
- Wpływ zjawiska kawitacji na charakterystyki i eksploatację pomp.
- Sposoby zapobiegania i ograniczania zjawiska kawitacji.
- Przykłady modernizacji pomp i układów pompowych.
- Podział i charakterystyka techniczna sprężarek, dmuchaw i wentylatorów.
- Rodzaje modernizacji sprężarek.
- Modernizacja sprężarek w celu zwiększenia strumienia masy – zwiększenie prędkości obrotowej, wymiana kół wirnikowych sprężarek.
- Poprawa niezawodności pracy sprężarek.
- Modernizacja wentylatorów energetycznych.
- Praca kół wirnikowych przy czynniku zapyłonym- eliminacja skutków erozji.
- Poprawa regulacyjności wentylatorów.
- Stabilizacja charakterystyk pracy- zastosowanie separatorów wirów.
- Zabiegi konstrukcyjne zmierzające do wyciszenia wentylatorów.
- Ocena i racjonalizacja umiejscowienia wentylatora w sieci wentylacyjnej.

**SPECJ.: ALTERNATYWNE TECHNOLOGIE
ENERGETYCZNE I ZARZADZANIE ŚRODOWISKIEM**

44 Wybrane metody numeryczne i pomiarowe	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U19, K2A_U20, K2A_U23	<p>Wykład: podstawowa wiedza z zakresu miernictwa i technik pomiarowych, budowa wybranych przyrządów pomiarowych z zastosowaniem metod programowania, budowa urządzeń monitoringu i akwizycji danych, modelowanie i podstawy programowania w systemach obliczeniowych (ANSYS, MATLAB) oraz środowiskach programowania eksperymentu (LABVIEW), podstawy baz danych i SQL.</p> <p>Laboratorium: obsługa systemów informatycznych, symulacja zjawisk fizycznych z użyciem technik numerycznych i eksperymentalnych, budowa przyrządów wirtualnych w w.w środowiskach informatycznych, uzupełnienie wiedzy z wykładów.</p>
45 Modelowanie matematyczne procesów energetycznych	K2A_W07, K2A_W12, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U17, K2A_U18, K2A_U20	<p>Metody obliczeniowe stosowane w programach komercyjnych, obliczenia iteracyjne, metody optymalizacyjne, programy komercyjne wykorzystywane do analiz oraz symulacji układów energetycznych oraz ich możliwości, arkusze kalkulacyjne, bazy danych oraz źródła informacji.</p>
46 Procesy fluidalne	K2A_W06, K2A_W09, K2A_U07, K2A_U12, K2A_U21, K2A_U24	<p>Podstawy procesu fluidyzacji. Dynamika fluidyzacji. Sadek ciśnienia na warstwie fluidalnej. Minimalna prędkość fluidyzacji. Zależność minimalnej prędkości fluidyzacji od temperatury i ciśnienia. Maksymalna prędkość fluidyzacji. Unos i separacja cząstek. Porowatość warstwy fluidalnej. Mieszanie w warstwie fluidalnej. Reżimy hydrodynamiczne fluidyzacji i własności warstwy fluidalnej. Niejednorodność fluidyzacji. Właściwości geometryczne i fizyczne ziaren materiałów stosowanych we fluidyzacji. Przydatność materiałów do tworzenia warstwy fluidalnej. Wymiana ciepła w warstwie fluidalnej. Wymiana ciepła między ziarnami a strumieniem dwufazowym. Wymiana ciepła między warstwą fluidalną a powierzchnią w niej zanurzoną. Wymiana masy w warstwie fluidalnej. Wymiana masy w warstwie pęcherzykowej. Wymiana masy między gazem a ziarnem. Adsorbpcja fluidalna. Absorbpcja fluidalna (fluidyzacja trójczynnikowa). Suszenie fluidalne. Procesy chemiczne we fluidyzacji. Spalanie w warstwie fluidalnej. Zgazowanie fluidalne. Proces odgazowania w warstwie fluidalnej. Fluidalna chemia reaktorowa.</p>
47 Ekonomia w ochronie środowiska i energetyce	K2A_W01, K2A_W03, K2A_W04, K2A_U13, K2A_U16, K2A_U23, K2A_K04	<p>Pojęcie środowiska i ochrony środowiska. Energetyka. Podstawowe definicje ekonomii. Rodzaje zasobów naturalnych. Ekonomia zasobów. Efektywność ekonomiczna. Ekonomia pozyskania paliw pierwotnych. Tradycyjne źródła energetyczne i systematyki tradycyjnych surowców energetycznych. Alternatywne źródła energetyczne. Podstawowe definicje i systematyki alternatywnych surowców energetycznych. Baza surowców energetycznych w Polsce i na świecie. Rynek energii. Kształtowanie cen. Koszty związane z ochroną środowiska. Źródła finansowania ochrony środowiska.</p>
48 Światowe zasoby energetyczne	K2A_W10, K2A_W13, K2A_W15, K2A_U05	<ol style="list-style-type: none"> 1. Energia i jej znaczenie w rozwoju cywilizacji 2. Źródła i zasoby energii: nieodnawialne i odnawialne - charakterystyk i metody wykorzystania 3. Zużycie energii w kraju i na świecie 4. Wybrane aspekty środowiskowe i ekonomiczne wykorzystania poszczególnych źródeł energii 5. Tendencje i prognozy krótko i długookresowe zużycia energii wg. źródeł i regionów 6. Transport paliw i energii 7. Systemy energetyczne, energetyk rozproszona, rynki energii 8. Polityka Unii Europejskiej wobec paliw i wykorzystania energii 9. Sytuacja obecna i prognozy rozwoju energetyki krajowej

49 Sztuczna inteligencja w systemach energetycznych i ochronie środowiska

K2A_W03,
K2A_W07,
K2A_U08,
K2A_U19,
K2A_K01

- Sztuczna inteligencja – informacje wstępne (definicja, historia rozwoju, systemy eksperckie)
- Uczenie maszynowe, sztuczne sieci neuronowe, rozumowanie symboliczne
- Sztuczna inteligencja – główne obszary badań i rozwoju
- Aspekty prawne i filozoficzne rozwoju i stosowania sztucznej inteligencji
- Wpływ sztucznej inteligencji na procesy gospodarcze i społeczne
- Problemy ochrony środowiska i energetyki a sztuczna inteligencja
- Przykłady zastosowań sztucznej inteligencji systemach energetycznych i ochronie środowiska

50 Paliwa z odpadów

K2A_W08,
K2A_W13,
K2A_W16,
K2A_U26,
K2A_K02

Ogólne informacje na temat odpadów komunalnych, odpadów przemysłowych, składu morfologicznego odpadów komunalnych. Informacje na temat potencjalnych substancji palnych i ich możliwości wykorzystania energetycznego. Informacje na temat potrzeb energetycznych świata, krajów uprzemysłowionych, krajów rozwijających się. Zwroć uwagę na potencjalne możliwości wykorzystania biomasy, jako surowca odpadowego z różnych gałęzi przemysłu. Paliwa – podział i definicje. Informacje ogólne na temat paliw kopalnych typu węgiel kamienny, węgiel brunatny, torf, gaz ziemny, ropa naftowa. Definicje paliw w oparciu o różne źródła literaturowe wraz z definicją paliwa formowanego. Kryteria kaloryczne i sposoby ich wyznaczania. Metody przetwarzania odpadów komunalnych w postaci paliwa. Istniejące w świecie unormowania technologiczne i prawne. Możliwości poprawy właściwości kalorycznych odpadów poprzez procesy uzdatniania. Nazwy paliwa z odpadów według źródeł literaturowych i ich nazwy rynkowe.

Omówienie idei przetwarzania odpadów w postaci paliwa z odpadów – paliwa formowanego. Stosowane w świecie technologie przetwarzania. Paliwa z odpadowych substancji palnych jako propozycja wychodząca przeciwko idei spalania niesortowanych odpadów komunalnych. Krótkie omówienie idei spalania odpadów wraz z przykładami istniejących spalarni odpadów oraz omówienie niekorzystnych skutków oddziaływania ich na najbliższe otoczenie.

Szersze przedstawienie poszczególnych technologii przetwarzania odpadów w paliwa. Technologie wytwarzania paliwa na bazie procesu kompostowania.

Przegląd technologii bezpośredniego wytwarzania paliwa stałego w oparciu o technologie mechanicznej obróbki wchodzącego strumienia odpadów.

Przegląd technologii wytwarzania paliwa gazowego i paliwa stałego. Przegląd technologii wytwarzania paliwa ciekłego. Przegląd technologii wytwarzania paliwa gazowego. Przegląd technologii wytwarzania paliwa formowanego na bazie odpadowej biomasy. Inne technologie przetwarzania odpadów. Energetyczne wykorzystanie wytworzonych paliw. Przegląd stosowanych maszyn i urządzeń stosowanych w procesie przetwarzania odpadów. Przegląd istniejących technologii i elektrowni wykorzystujących paliwa formowane typu RDF i podobne w ujęciu komercyjnym.

51 Inżynieria chemiczna w energetyce i ochronie środowiska

K2A_W05,
K2A_W08,
K2A_W09,
K2A_W15,
K2A_U04,
K2A_U15,
K2A_U18,
K2A_U22

Wykład:
Koncepcja chemiczna i technologiczna procesu oraz graficzne jej przedstawienie. Procesy jednostkowe, operacje jednostkowe i zasady technologiczne. Przykładowe procesy chemiczne stosowane w energetyce i ochronie środowiska. Oddziaływanie na środowisko w procesach jednostkowych. Podstawowe typy i eksploatacja reaktorów chemicznych. Rozdzielanie składników mieszanin: destylacja, rektyfikacja, krystalizacja, ekstrakcja, absorpcja, adsorpcja, filtracja, flotacja.

Ćwiczenia:
Obliczenia wybranych procesów jednostkowych
Obliczenia przykładowych procesów chemicznych
Bilanse masy i energii reaktorów chemicznych
Modele reaktorów doskonałych a modele reaktorów rzeczywistych

52 Przegląd instalacji energetycznych	K2A_W11, K2A_W12, K2A_W18, K2A_U02, K2A_U12, K2A_K05	Problemy techniczne wytwarzania, przesyłania i rozdzielania energii elektrycznej. Układy technologiczne istniejących instalacji energetycznych. Nowoczesne techniki wytwarzania i przetwarzania energii elektrycznej. Organizacja i ekonomiczne podstawy działania firm energetycznych. Działalność przedsiębiorstw szerokiego zaplecza energetyki zawodowej i przemysłowej. Strukturalne reformowanie polskiego przemysłu energetycznego. Taryfikacja energii elektrycznej i innych nośników energii. Przegląd zagranicznych rozwiązań organizacyjnych i technicznych firm energetycznych.
53 Sustainable development principles and environmental optimization in power engineering	K2A_W03, K2A_W17, K2A_U01, K2A_U03, K2A_U06, K2A_U11, K2A_U22, K2A_K03	Education in the field of environmental protection: <ul style="list-style-type: none"> • sustainability, • legal and economic aspects of environmental protection' • the concept of clean technologies. • Legal aspects of the use of best available techniques used to protect the environment. • Comparison of different industries nuisance for the main components of the environment. • The best available technique in thermal power generation based on non-renewable energy sources. • Analysis of equal fuel and combustion equipment for their impact on the environment. • The use of renewable energy sources. • Analysis of best available technologies in selected industries - determining their impact on the environment. • The environmental impact assessment of selected raw materials sourcing technology. • Analysis of the results drawn from activities carried out in the green industrial plants. • Selection of the best technology in terms of the impact on the environment.
54 Project management	K2A_W04, K2A_U03, K2A_U06, K2A_U11, K2A_U16, K2A_K03, K2A_K06	<ul style="list-style-type: none"> • Legal and economic aspects of environmental protection. • Construction of a modern environmental management system and its assessment. • "Pure production" as a philosophy and strategy for environmental protection. • The best available technique as the goal of implementing "clean technology".
55 Podstawy audytingu energetycznego	K2A_W03, K2A_W11, K2A_W14, K2A_U12, K2A_U13, K2A_U21, K2A_K06	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cel, rodzaje i metodyka wykonywania audytingu energetycznego; 2. Podstawy prawne audytów i certyfikatów energetycznych 3. Klimatyzacja i wentylacja 4. Możliwość stosowania: rekuperacji, wymienników gruntowych, pomp ciepła, zielonej energii 5. Priorytety działań energooszczędnych 6. Metody termorenowacji 7. Obliczenia cieplne 8. Metody diagnostyki energetycznej 9. Wskaźniki energochłonności i sposoby jej zmniejszenia 10. Kotły grzewcze i przemysłowe – racjonalizacja działania 11. Racjonalizacja użytkowania energii elektrycznej 12. Wentylatory, pompy i sprężarki – racjonalizacja działania 13. Analiza opłacalności przedsięwzięć usprawniających; <ol style="list-style-type: none"> a. określanie możliwych oszczędności; b. wielkości nakładów c. metody oceny efektywności i analiza opłacalności; 14. Certyfikaty energetyczne

56 Światowe trendy w energetyce	K2A_W01, K2A_W13, K2A_W16, K2A_W17, K2A_U26	<ul style="list-style-type: none"> • Technologia wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni ciepłej • Technologie wytwarzania energii elektrycznej w energetyce odnawialnej • Zagrożenie środowiska przez instalacje energetyczne • Nowoczesne systemy ciepłe w energetyce • Nowoczesne układy wykorzystania odnawialnych źródeł energii • Substancje szkodliwe powstające w czasie pracy elektrowni • Gospodarka paliwem i odpadami w energetyce • Systemy bezpieczeństwa w energetyce
57 Komputerowe aplikacje inżynierskie	K2A_W05, K2A_W07, K2A_U08, K2A_U17, K2A_U19, K2A_U20	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rodzaje i klasyfikacja komputerowych aplikacji inżynierskich. 2. Enterprise software (oprogramowanie biznesowe w przedsiębiorstwach), Finanse przedsiębiorstwa - analizy finansowe - strategię itp., Zarządzanie kadrami, Działalność operacyjna - zaopatrzenie – produkcja. Obsługa organizacji - zarządzanie nieruchomościami – plany wynagrodzeń. Przykład – SAP (Systems Applications and Products in Data Processing). 3. Infrastructure software (oprogramowanie sieciowe).
58 Projektowanie instalacji energetycznego wykorzystania odpadów	K2A_W12, K2A_W16, K2A_U10, K2A_U18, K2A_U21, K2A_U24	<ul style="list-style-type: none"> • Podstawowe informacje o instalacjach energetycznego wykorzystania odpadów; • Podstawowe informacje o instalacjach oczyszczania gazów odlotowych i sposobach zagospodarowania pozostałości stałych; • Własności materiałów stosowanych w energetyce; • Podstawowe informacje o automatyzacji instalacji energetycznego wykorzystania odpadów; • Podstawowe informacje o pomiarach w ochronie środowiska; • Ogólne zasady przeliczeń i obliczeń emisji zanieczyszczeń w oparciu o pomiary składu spalin oraz obliczenia rozprzestrzeniania zanieczyszczeń gazowych;
59 Projekt przeddyplomowy	K2A_U01, K2A_U03, K2A_U10, K2A_U14, K2A_U21, K2A_U23, K2A_U25, K2A_U26, K2A_K04	Modelowanie termodynamiczne układów energetyki gazowej i rozproszonej; Analiza opłacalności budowy instalacji i układów energetyki gazowej i rozproszonej, analiza CBA, CEA i LCA, uciążliwość ekologiczna różnych systemów Waste to energy, ekologiczne i ekonomiczne aspekty wytwarzania energii.
60 Podstawy energetyki jądrowej	K2A_W10, K2A_U24, K2A_K02, K2A_K07	<ul style="list-style-type: none"> • Technologia wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni jądrowej • Ochrona przed promieniowaniem i bezpieczeństwo jądrowe • Cykl paliwowy w elektrowni jądrowej • Gospodarka paliwem jądrowym • Substancje promieniotwórcze powstające w czasie pracy elektrowni jądrowej • Gospodarka odpadami promieniotwórczymi • Systemy bezpieczeństwa w elektrowni jądrowej
SPECJ.: ENERGETYKA JĄDROWA		

61 Metody numeryczne	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U19, K2A_U20, K2A_U23	<p>Porównanie metod analitycznej, numerycznej i eksperymentalnej mechaniki płynów. Cel stosowania modelowania matematycznego i symulacji numerycznych. Warunki jednoznaczności. Warunki brzegowe równań transportu ciepła, masy i pędu.</p> <p>Metody rozwiązywania zadań transportu ciepła, masy i pędu: metoda objętości skończonych (MOS), elementów skończonych (MES), elementów brzegowych (MEB).</p> <p>Przykłady i zakres stosowalności modeli 1-, 2- i 3-wymiarowych, modeli uproszczonych (w tym: symetria, periodyczność, itp.).</p> <p>Metoda objętości skończonych (MOS) dla zadań ustalonych i nieustalonych. Stabilność czasowych schematów różnicowych. Sposoby rozwiązywania układów równań algebraicznych pojawiających się w metodach numerycznych.</p> <p>Równania konwekcyjnej mechaniki płynów. Schematy zachowawcze i niezachowawcze. Sformułowanie całkowe. Ogólny schemat równania transportu. Schemat pod wiatr i centralny, lepkość numeryczna, stabilność.</p> <p>Sposoby modelowania turbulencji.</p> <p>Sposób traktowania ciśnienia w zadaniach mechaniki płynów, schematy Simple i Simpler</p> <p>Rodzaje siatek podziału numerycznego stosowane w numerycznej mechanice płynów (typy elementów, siatki strukturalne i niestructuralne, non-conformal, itp.).</p>
62 Modelowanie matematyczne instalacji energetycznych	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U17, K2A_U18, K2A_U20	<p>Istota modelowania matematycznego. Pojęcie systemu energetycznego. Metody opisu struktury systemów energetycznych. Wskaźniki jednostkowego zużycia energii. Pojęcie charakterystyki energetycznej. Metody identyfikacji charakterystyk energetycznych urządzeń cieplnych. Statystyczne metody doboru współczynników charakterystyk energetycznych. Wybrane charakterystyki urządzeń cieplnych.</p> <p>Zastosowanie teorii przepływów międzygałęziowych do modelowania matematycznego systemów energetycznych. Model matematyczny liniowy przemysłowego systemu energetycznego do planowania produkcji nośników energii. Przykład budowy modelu matematycznego na bazie uproszczonego schematu cieplnego elektrociepłowni przemysłowej. Zastosowanie modelowania matematycznego do projektowania elementów maszyn i urządzeń energetycznych.</p>
63 Wybrane problemy transportu ciepła i masy	K2A_W05, K2A_W08, K2A_W09, K2A_U15, K2A_U18	<p>Nieustalone problemy przewodzenia ciepła. Konwekcyjne problemy skraplania oraz wrzenia. Promieniowanie gazów. Wymiana ciepła w układach z promieniującym gazem. Wybrane problemy transportu masy – przenikanie masy między dwiema fazami. Podstawowe informacje o absorpcji. Wybrane problemy wymienników ciepła.</p>
64 Measurements in nuclear engineering	K2A_W06, K2A_U02, K2A_U06, K2A_U07, K2A_U10, K2A_U14, K2A_K03	<p>Ionizing radiation and its interaction with matter. Gaseous detectors of ionizing radiation (ionizing chambers, proportional counters, Geiger-Müller detectors). Scintillator detectors of ionizing radiation. Detectors of neutron radiation. Nuclear radiation measurements: determination of radionuclides activity. Nuclear radiation measurements: spectrometry of ionizing radiation and methods of radionuclides identification. Attenuation of ionizing radiation, determining parameters of shielding materials. Doses of ionizing radiation and their measurements. Measurements of radioactive contamination.</p>

65 Reaktory jądrowe	K2A_W10, K2A_W12, K2A_W14, K2A_W17, K2A_U11, K2A_U19	<p>Fizyka reaktorów jądrowych (budowa atomu, defekt masy, energia wiązania jądra atomowego, promieniotwórczość, reakcje jądrowe, izotopy, rozpad promieniotwórczy, paliwo jądrowe, reakcje jądrowe z udziałem neutronów, reakcja rozszczepienia jąder i jej efekty energetyczne, przekroje czynne, powielanie paliwa jądrowego, procesy zachodzące w rdzeniu reaktora jądrowego, bilans neutronów w jądrowym reaktorze termicznym, reaktywność reaktora, sterowanie reaktorem).</p> <p>Podstawowe typy reaktorów jądrowych.</p> <p>Reaktory wodne ciśnieniowe PWR (budowa, zasada działania reaktora, obieg pierwotny i wtórny, sterowanie, awaria LOCA, układy awaryjnego chłodzenia reaktora, pozostałe systemy zabezpieczeń, systemy regulacji, obudowy bezpieczeństwa, inne możliwe awarie w obrębie obiegu pierwotnego).</p> <p>Reaktory wodne wrzące BWR (konstrukcja reaktora, zasada funkcjonowania siłowni jądrowej, systemy regulacji i zabezpieczeń, obudowa bezpieczeństwa)</p> <p>Pozostałe wodne reaktory energetyczne: reaktory kanałowe LWGR (RBMK), ciężkowodne HWR (budowa reaktorów, paliwo, zasada działania, system odbioru ciepła, systemy regulacji i zabezpieczeń).</p> <p>Reaktory gazowe GCR, AGR (budowa reaktorów, paliwo, zasada działania, system odbioru ciepła, systemy regulacji i zabezpieczeń).</p> <p>Reaktory gazowe wysokotemperaturowe HTR (VHTR) (budowa reaktorów, paliwo, zasada działania, system odbioru ciepła, systemy regulacji i zabezpieczeń, zastosowanie, charakterystyka).</p> <p>Reaktory prężne i powielające FBR (rodzaje, konstrukcja, zasada działania, paliwo, powielanie paliwa jądrowego, systemy odbioru ciepła, systemy regulacji i zabezpieczeń).</p> <p>Reaktory ciepłownicze (zasada działania, rodzaje, budowa, system wbudowanego naturalnego bezpiecznego funkcjonowania).</p> <p>Procesy cieplno-przepływowe w reaktorach jądrowych – wybrane zagadnienia (źródła ciepła w reaktorze jądrowym, generacja ciepła powyłęczeniowego, przepływ ciepła podczas eksploatacji reaktora).</p>
66 Steam generators in nuclear power plants	K2A_W10, K2A_W11, K2A_U02, K2A_U06, K2A_U18, K2A_U24	<p>Water-steam cycle of nuclear power plant, the role and location of the steam generator in the cycle. Design of steam generators. Basics of thermal and flow calculations of steam generators. Steam generator degradation mechanisms. Steam generator ageing management. Water chemistry in nuclear power plants. Operating issues and control basics of steam generators.</p>
67 Maszyny i urządzenia obiegu turbinowego siłowni jądrowych	K2A_W10, K2A_W11, K2A_W18, K2A_U18, K2A_U24	<p>Układy cieplne siłowni jądrowych. Linia rozprężania w turbinie z separatorem i przegrzewaczem pary. Algorytm obliczeń układu cieplnego turbiny w siłowni jądrowej. Teoria stopnia turbiny parowej pracującego w obszarze pary mokrej. Wpływ zawilgocenia pary na pracę turbiny. Erozja kropłowa łopatek stopni, sposoby zapobiegania erozji. Straty energii mechanicznej w stopniu. Ogólne zasady obliczeń i projektowania turbin dla siłowni jądrowych. Moc graniczna turbin siłowni jądrowych. Turbiny normalnoobrotowe i o obrotach połówkowych, liczba kadłubów w turbinie. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych turbin parowych dla siłowni jądrowych. Praca turbiny w zmienionych warunkach – podstawowe zagadnienia. Skraplacz i układ chłodzenia turbiny. Osobliwości eksploatacji turbin parowych w siłowniach jądrowych</p>

68 Prawo atomowe i ochrona radiologiczna	K2A_W01, K2A_U01, K2A_U12, K2A_U25, K2A_U26, K2A_K02	<p>Ustawodawstwo krajowe i międzynarodowe w zakresie pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Ustawa „Prawo atomowe” (historia wprowadzenia i zmian, stan obowiązujący, zakres przedmiotowy). Regulacje w zakresie działalności związanej z wykorzystaniem promieniowania jonizującego (zezwolenia, zgłoszenia, wymagania dla pracowni, obowiązki kierowników jednostek, kontrola i dozór jądrowy). Odpady promieniotwórcze i wypalone paliwo jądrowe (kategoryzacja, zabezpieczenia) oraz transport materiałów promieniotwórczych (segregacja, pakowanie i oznaczanie przesyłek, wymagania odnośnie środków transportowych i zabezpieczeń). Energetyka jądrowa w „Prawie atomowym” (materiały jądrowe i ochrona fizyczna, wymagania w zakresie uzyskania zezwolenia na budowę elektrowni jądrowej i jej budowy, wymagania w zakresie eksploatacji oraz analiz bezpieczeństwa). Przepisy w zakresie postępowania w sytuacjach awaryjnych (radiacyjny monitoring kraju, interwencyjne poziomy dawek, plany postępowania awaryjnego). Wymagania prawne odnośnie stanowisk mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Podstawy ochrony radiologicznej – biologiczne skutki promieniowania jonizującego, dawki pochłonięte, równoważne i skuteczne, limity dawek, limity użytkowe, metody określania dawek. Osłony przed promieniowaniem jonizującym.</p>
69 Rynek energii	K2A_W13, K2A_W01, K2A_W15, K2A_W16, K2A_U23, K2A_U25, K2A_U26	<p>Polityka energetyczna Polski oraz Unii Europejskiej. Pojęcie zrównoważonego rozwoju. Prognozy dotyczące wykorzystania poszczególnych źródeł energii pierwotnej dla Unii Europejskiej oraz wybranych państw wspólnoty. Dyrektywy Unii Europejskiej oraz prawodawstwo krajowe kształtujące rynek energii. Specyfika oraz struktura rynków: paliw, energii elektrycznej oraz ciepła. Uwarunkowania prawne funkcjonowania rynku energii. Formy handlu energią: rynek kontraktowy, rynek giełdowy oraz rynek bilansujący. Uczestnicy rynku energii: wytwórcy, spółki obrotu, przesył i dystrybucja oraz klienci. Rola regulacji rynku oraz celowość jego stopniowej liberalizacji. Zasada TPA. Podstawowe mechanizmy rynkowe, w tym mechanizmy wsparcia dla energetyki ekologicznej oraz wysokoefektywnej (obowiązki przesyłu i odbioru, dopłaty, pierwszeństwo dostępu do sieci, certyfikaty oraz uprawnienia). Wskaźniki kryterialne dla klasyfikacji źródeł w zakresie mechanizmów wsparcia. Dekarbonizacja gospodarki oraz pojęcie miksu energetycznego. Wskaźniki efektywności energetycznej, ekologicznej oraz ekonomicznej. Potencjał nowoczesnych technologii energetycznych w zakresie ograniczania emisji szkodliwych substancji. Pojęcie technologii BAT.</p>
70 Energetyka jądrowa	K2A_W10, K2A_W11, K2A_W14, K2A_U11, K2A_U14, K2A_U20, K2A_U22, K2A_K02	<p>Stan i rola energetyki jądrowej w świecie i Europie. Elektrownie jądrowe (charakterystyka urządzeń obiegu pierwotnego, układy sterowania i zabezpieczeń elektrowni, układy zasilania, układy pomocnicze) Eksploatacja elektrowni jądrowych (stan krytyczny, rozruch, wyłączenie reaktora, kampania paliwowa, przeładunek paliwa, charakterystyka eksploatowanego paliwa, regulacja reaktora). Cykle paliwowe: otwarty i zamknięty (zasoby rud uranu i toru, pozyskiwanie i przetwarzanie rud, produkcja paliwa i elementów paliwowych, sposoby postępowania z wypalonym paliwem w różnych krajach, przetwarzanie wypalonego paliwa, transport i składowanie odpadów promieniotwórczych). Wpływ energetyki jądrowej na środowisko. Porównanie energetyki jądrowej z energetyką konwencjonalną i odnawialną. Awaryjne w elektrowniach jądrowych. Tendencje rozwojowe reaktorów i elektrowni jądrowych (generacje reaktorów, ewolucyjny rozwój reaktorów wodnych i elektrowni jądrowych, reaktory naturalnie bezpieczne). Opinia społeczna n.t. energetyki jądrowej</p>
71 Ryzyko eksploatacji obiektów technicznych	K2A_W10, K2A_W17, K2A_U09, K2A_U12, K2A_W12	<p>Wykład Pojęcie ryzyka. Ryzyko techniczne, procedura analizy ryzyka. Metody jakościowe i ilościowe identyfikacji zagrożeń. Mechanizmy powstawania szkód, nośniki negatywnego oddziaływania, generacja szkód. Zagrożenia związane z energetyką jądrową. Kruchość spowodowana oddziaływaniem promieniowania i jej wpływ na bezpieczeństwo. Przykłady oceny ryzyka stwarzanego przez obiekty techniczne w tym obiekty energetyki jądrowej. Projekt Oszacowanie niezawodności elementów i prostych systemów, przykłady jakościowej i ilościowej analizy ryzyka, ocena bezpieczeństwa elementów instalacji energetyki jądrowej, ocena ryzyka prostych instalacji i obiektów.</p>

72	Systemy pomiarowe automatyki		K2A_W06, K2A_U07, K2A_U21	Zadania, klasyfikacja i budowa systemu automatyki przemysłowej. Struktury i konfiguracje systemów automatyki i pomiarów. Usytuowanie systemu pomiarowego i jego funkcje. Struktury systemów pomiarowych. Tory pomiarowe. Struktury torów pomiarowych. Łącza wielokrotne z czasowym i częstotliwościowym rozdzieleniem kanałów. Zagadnienia komutacji i modulacji sygnałów. Architektura komputera. Komputerowe systemy pomiarowe. Interfejsy pomiarowe; magistralowe i szeregowy. Konfiguracje systemów pomiarowych. Systemy rozproszone i komunikacja. Elementy torów pomiarowych. Przetworniki pomiarowe, standaryzujące i kondycjonujące. Dyskretyzacja sygnałów, przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe. Błąd dyskretyzacji. Wyrażanie niepewności pomiarów. Zakłócenia i ich eliminacja. Systemy zdecentralizowane DCS. Piramida informacyjna i komunikacja. Urządzenia wykonawcze i regulacyjne automatyki.
73	Projekt przeddyplomowy		K2A_U01, K2A_U03, K2A_U10, K2A_U14, K2A_U21, K2A_U23, K2A_U25, K2A_K04	Wykonanie analiz obliczeniowych lub opracowanie koncepcji badań laboratoryjnych z zakresu zjawisk termodynamicznych i przepływowych w układach energetycznych oraz z zakresu eksploatacji w energetyce jądrowej.
74	Wybrane zagadnienia termo-ekonomiczne w energetyce jądrowej		K2A_W01, K2A_W03, K2A_W17, K2A_U11, K2A_U13, K2A_U16	Udział i znaczenie technologii jądrowych w sektorze energetycznym. Wskaźniki energetyczne i egzergetyczne charakteryzujące efektywność elektrowni jądrowych. Struktura podstawowych bloków jądrowych i ich charakterystyki energetyczne. Podstawy analizy egzergetycznej siłowni jądrowych. Analiza termo-ekonomiczna siłowni jądrowych. Ocena siłowni jądrowych w pełnym cyklu istnienia (LCA). Egzergetyczna i termo-ekologiczna ocena siłowni jądrowych w pełnym cyklu istnienia. Podstawy analizy efektywności ekonomicznej. Ocena ekonomiczna siłowni jądrowych. Zastosowanie rachunku emisji skumulowanych do oceny ekologicznej siłowni jądrowych. Wpływ zwiększania udziału energetyki jądrowej w krajowej produkcji elektryczności na wskaźniki zrównoważonego.
WSZYSTKIE SPECJALNOŚCI				
75	Przedmioty obieralne	10	K2A_W17, K2A_W18, K2A_U21, K2A_U23, K2A_U24, K2A_U25, K2A_U26	Zależnie od wybranych przedmiotów
76	Seminarium specjalnościowe	3	K2A_U02, K2A_U04, K2A_U10, K2A_K02, K2A_K03	Zagadnienie etyki badań naukowych oraz problematyka plagiatu. Zasady przekazu informacji, dyskusji i obrony tez i wniosków. Opracowanie indywidualnego tematu zaproponowanego przez prowadzącego. Prezentacja i dyskusja zagadnienia w grupie seminaryjnej. Omówienie zasad pisania pracy dyplomowej z zaznaczeniem podstawowych jego elementów.
77	Praca dyplomowa magisterska	20	K2A_U01, K2A_U02, K2A_U03, K2A_U04, K2A_U05, K2A_U10, K2A_U14	Treści dobrane indywidualnie dla każdego przypadku pracy dyplomowej – mieszczące się w zakresie szeroko rozumianej energetyki ciepłej.
STUDIA NIESTACJONARNE				

78 Język obcy	K2A_W02, K2A_U01, K2A_U03, K2A_U04, K2A_U05, K2A_U06	Tematyka/słownictwo, funkcje komunikacyjne i struktury gramatyczne zgodne z „Europejskim Systemem Opisu Kształcenia Językowego” na poziomie biegłości językowej A1, A2 lub B1 - i zgodne z właściwym dla poziomu i podręcznika rozkładem materiału (http://www.polsl.pl/Jednostki/RJM1-SJO)
79 Przedmiot humanistyczny	K2A_W01, K2A_U01, K2A_K01, K2A_K05, K2A_K07	Zależnie od wybranego przedmiotu
80 Przedmiot ekonomiczny	K2A_W01, K2A_W03, K2A_W04, K2A_U13, K2A_U16, K2A_K02, K2A_K06	Zależnie od wybranego przedmiotu
81 Metody numeryczne	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U19, K2A_U20, K2A_U23	Porównanie metod analitycznej, numerycznej i eksperymentalnej mechaniki płynów. Cel stosowania modelowania matematycznego i symulacji numerycznych. Warunki jednoznaczności. Warunki brzegowe równań transportu ciepła, masy i pędu. Metody rozwiązywania zadań transportu ciepła, masy i pędu: metoda objętości skończonych (MOS), elementów skończonych (MES), elementów brzegowych (MEB). Przykłady i zakres stosowalności modeli 1-, 2- i 3-wymiarowych, modeli uproszczonych (w tym: symetria, periodyczność, itp.). Metoda objętości skończonych (MOS) dla zadań ustalonych i nieustalonych. Stabilność czasowych schematów różnicowych. Sposoby rozwiązywania układów równań algebraicznych pojawiających się w metodach numerycznych. Równania konwekcyjnej mechaniki płynów. Schematy zachowawcze i niezachowawcze. Sformułowanie całkowe. Ogólny schemat równania transportu. Schemat pod wiatr i centralny, lepkość numeryczna, stabilność. Sposoby modelowania turbulencji. Sposób traktowania ciśnienia w zadaniach mechaniki płynów, schematy Simple i Simpler Rodzaje siatek podziału numerycznego stosowane w numerycznej mechanice płynów (typy elementów, siatki strukturalne i niestructuralne, non-conformal, itp.).
82 Matematyka II	K2A_W05, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U10, K2A_U19, K2A_U20	Pojęcia wstępne. Zmienne decyzyjne, funkcja celu, ograniczenia równościowe oraz nierównościowe, klasyfikacja zadań optymalizacyjnych. Metody optymalizacji funkcji jednej zmiennej. Metody optymalizacji funkcji wielu zmiennych. Metody poszukiwań minimum i metody poprawy kierunku. Pojęcia wstępne. Typy równań różniczkowych występujących w energetyce. Podstawowe metody analityczne rozwiązywania równań różniczkowych. Algorytmy numeryczne rozwiązywania równań różniczkowych (metody Eulera, Eulera-Cauchego, metoda Runge-Kutta). Zmienne losowe ciągłe. Pomiar i błąd pomiaru jako zmienne losowe. Najważniejsze rozkłady prawdopodobieństwa. Parametry rozkładów prawdopodobieństwa. Estymacja parametrów rozkładu i przedziałów ufności.

83 Modelowanie matematyczne instalacji energetycznych	K2A_W07, K2A_U08, K2A_U09, K2A_U17, K2A_U18, K2A_U20	Istota modelowania matematycznego. Pojęcie systemu energetycznego. Metody opisu struktury systemów energetycznych. Wskaźniki jednostkowego zużycia energii. Pojęcie charakterystyki energetycznej. Metody identyfikacji charakterystyk energetycznych urządzeń cieplnych. Statystyczne metody doboru współczynników charakterystyk energetycznych. Wybrane charakterystyki urządzeń cieplnych. Zastosowanie teorii przepływów międzygałęziowych do modelowania matematycznego systemów energetycznych. Model matematyczny liniowy przemysłowego systemu energetycznego do planowania produkcji nośników energii. Przykład budowy modelu matematycznego na bazie uproszczonego schematu cieplnego elektrociepłowni przemysłowej. Zastosowanie modelowania matematycznego do projektowania elementów maszyn i urządzeń energetycznych.
84 Dynamika gazów	K2A_W05, K2A_W09, K2A_W08, K2A_U15, K2A_U19	Zapoznanie studentów z zasadami opisu przepływów gazów, równaniami rządzącymi przepływem gazów oraz szeregiem zależności z nich wynikających. Równanie Bernoulliego. Parametry krytyczne gazu. Klasyfikacja przepływów gazu. Zjawiska falowe w przepływie jednowymiarowym. Skośna fala uderzeniowa. Fala uderzeniowa w płaskim opływie klina. Niektóre zagadnienia teorii liniowej.
85 Transport ciepła i masy	K2A_W05, K2A_W08, K2A_W09, K2A_U15, K2A_U18	Nieustalone problemy przewodzenia ciepła. Przewodzenie ciepła w prętach i żebrach. Konwekcja przy zmianie stanu skupienia – problemy skraplania oraz wrzenia. Wybrane problemy wymienników ciepła. Promieniowanie gazów. Wymiana ciepła w układach z promieniującym gazem. Podstawowe pojęcia transportu masy i obliczanie współczynnika wnikania masy. Przenikanie masy między dwiema fazami. Podstawowe informacje o absorpcji.
86 Wybrane działy z termodynamiki	K2A_W08, K2A_W17, K2A_U15, K2A_U18, K2A_U20	Gazy wilgotne – przede wszystkim spaliny (Skład i entalpia gazu wilgotnego, Typowe przemiany izobaryczne gazu wilgotnego), Gazy rzeczywiste (Równania stanu gazów rzeczywistych, Funkcje kaloryczne gazów rzeczywistych, Potencjały Gibbssa i Helmholtza, Aktywność ciśnieniowa), Podstawowe wiadomości o roztworach dwuskładnikowych, Podstawy termodynamiki chemicznej (Teoremat Nernsta i III zasada termodynamiki, Bilansowanie reakcji chemicznych, Stała równowagi chemicznej, Stopień dysocjacji spalin), Siłownie parowo-gazowe, Ziębiarki i pompy cielne.
87 Siłownie konwencjonalne i biosiłownie	K2A_W10, K2A_W14, K2A_W15, K2A_W16, K2A_W17, K2A_U11, K2A_U23, K2A_U24	Budowa, zasada działania i charakterystyka nowoczesnych siłowni parowych, gazowych, i gazowo-parowych. Ocena efektywności energetycznej siłowni oraz maszyn i urządzeń energetycznych z wykorzystaniem analizy entropowej. Charakterystyka pracy turbiny parowej przy zmiennym obciążeniu. Charakterystyka biomasy do zastosowania w biosiłowniach. Siłownie parowe wykorzystujące spalanie i współspalanie biomasy. Siłownie wykorzystujące fermentację metanową biomasy. Siłownie wykorzystujące zgazowanie biomasy.
88 Turbiny ciepłe, wiatrowe i wodne	K2A_W09, K2A_W11, K2A_W13, K2A_U15, K2A_U18	Algorytm obliczania zespołu turbiny gazowej. Optymalne stosunki sprężu. Charakterystyki prostego układu turbiny gazowej. Złożone układy turbin gazowych: Klasyfikacja komór spalania. Ogólna charakterystyka sposobów chłodzenia elementów turbiny. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych turbin gazowych. Ogólna cyrkulacja atmosfery. Zasoby energetyczne wiatru w Polsce. Proces badania i oceny energii wiatru na danym terenie w określonym czasie. Osiągalna i opłacalna efektywność pracy elektrowni wiatrowych na terenie Polski. Proces przetwarzania energii wiatru na energię mechaniczną i elektryczną. Budowa turbiny wiatrowej. Zasada rozmieszczenia turbin wiatrowych w ramach farmy wiatrowej. Wpływ elektrowni wiatrowej na środowisko: generowanie hałasu, infradźwięki, promieniowanie elektromagnetyczne, efekt migotania, ptaki a elektrownie wiatrowe, problemy krajobrazowe. Podstawy hydrologii. Systemy konstrukcyjne turbin wodnych. Podstawy teorii turbin wodnych. Parametry zredukowane. Charakterystyki turbin. Regulacja turbin.

89 Niskoemisyjne spalanie i oczyszczanie spalin	K2A_W11, K2A_W06, K2A_W15, K2A_W17, K2A_U16, K2A_U17, K2A_U24, K2A_U26	Zanieczyszczenia powstające podczas spalania. Emisja zanieczyszczeń z niektórych urządzeń. Niskoemisyjne techniki spalania w kotłach: zmiana organizacji spalania, niskoemisyjne palniki, spalanie fluidalne, spalanie w tlenie. Metody oczyszczania spalin z zanieczyszczeń gazowych i stałych: metody absorpcyjne, metody adsorpcyjne, metody katalityczne, metody odpylania gazów. Przykładowe instalacje i układy ochrony środowiska stosowane w energetyce i motoryzacji.
90 Pomiary urządzeń energetycznych	K2A_W06, K2A_U07, K2A_U26, K2A_K03	Model matematyczny obiektu. Analiza regresji i korelacji. Analiza niepewności. Teoretyczne podstawy pomiaru i opracowania wyników. Pomiary masy, Pomiary objętości, Pomiary strumieni przepływów. Pomiar temperatury i ciśnienia. Pomiar mocy. Badanie wentylatorów i pomp wirowych. Badanie sprężarek. Badanie turbin parowych. Badania urządzeń kotłowych. Badania sprężarkowych urządzeń chłodniczych. Generator elektryczny.
91 Energetyka przemysłowa	K2A_W14, K2A_W16, K2A_W18, K2A_U02, K2A_U11, K2A_U12, K2A_U23, K2A_U24, K2A_U25	Wytwarzanie przemysłowych nośników energetycznych, gorąca woda, para wodna wysokociśnieniowa i średniociśnieniowa (technologiczna), sprężone powietrze, dmuch technologiczny, tlen technologiczny, możliwości racjonalizacji produkcji nośników energetycznych. Energetyka cieplna w hutnictwie żelaza, proces technologiczny produkcji stali, spiekalnie, wielkie piece, proces stalowniczy konwertorowy, proces wytopu stali w piecach, elektrycznych, proces walcowniczy, proces koksownicy, produkcja żelazostopów w piecach elektrycznych, możliwości racjonalizacji zużycia energii, źródła energii odpadowej, urządzenia i sposoby wykorzystania. Gospodarka energetyczna w hutnictwie metali nieżelaznych, hutnictwo miedzi, ołowiu, cynku, wykorzystanie energii odpadowej, możliwości racjonalizacji. Gospodarka energetyczna w innych energochłonnych branżach przemysłowych. Możliwości racjonalizacji gospodarki energetycznej w przemyśle, metoda Pinch.
92 Projekt przeddyplomowy	K2A_U01, K2A_U03, K2A_U10, K2A_U14, K2A_U21, K2A_U23, K2A_K04	Wykonanie analiz obliczeniowych lub opracowanie koncepcji badań laboratoryjnych z zakresu zjawisk termodynamicznych i przepływowych w układach energetycznych oraz z zakresu eksploatacji i modernizacji elementów maszyn i urządzeń energetycznych.
93 Przedmioty obieralne - Blok 1 (2 przedmioty)	K2A_W01, K2A_W14, K2A_W18, K2A_U13, K2A_U14, K2A_U16, K2A_U22, K2A_U25, K2A_K03, K2A_K06	<p>Zestaw 1:</p> <p>1. Analiza termoeconomiczna w energetyce</p> <p>Omówienie podstawowych zasad sporządzania bilansów energii i egzergii. Zasady rachunku skumulowanego zużycia energii i egzergii. Pojęcie kosztu egzergicznego oraz omówienie metodyki jego wyznaczania. Algorytm obliczania cząstkowych kosztów egzergicznych. Wprowadzenie do diagnostyki egzergicznej. Algorytm obliczania bezpośrednich i indukowanych start egzergii. Podstawy teorii kosztu termo-ekologicznego. Algorytm wyznaczania wskaźników kosztu termo-ekologicznego w pełnym cyklu istnienia. Podstawowe wskaźniki oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć racjonalizujących gospodarkę energetyczną i metodyka ich oceny.</p> <p>2. Modernizacja kotłów</p> <p>Podstawowe problemy modernizacji kotłów. Obliczenia cieplne i aerodynamiczne powierzchni konwekcyjnych. Obliczenia cieplne komór paleniskowych. Obliczenia układów młynowo-paleniskowych. Obliczenia wytrzymałościowe części ciśnieniowych. Modernizacja i zalecenia związane z projektowaniem przegrzewaczy pary. Podstawy projektowania powierzchni ożebrowanych w celu poprawy sprawności i warunków pracy urządzeń kotłowych. Podstawy modernizacji palenisk kotłów energetycznych w kierunku spalania i współspalania odpadów i biomasy. Problemy eksploatacyjne pracujących turbin parowych. Cele modernizacji turbin parowych. Przykładowe zakresy prac modernizacyjnych. Efekty modernizacji turbin parowych.</p>

Zestaw 2:

1. Problemy obliczeniowe w gazownictwie

Zagadnienia wprowadzające. Równanie stanu i właściwości gazów rzeczywistych. Obliczenia wytrzymałościowe gazociągów. Obliczenia przepływowe gazociągów. Równania przepływu gazu. Liczba tarcia, równania uproszczone. Podstawowe metody projektowania sieci. Specyfika obliczeń sieci przesyłowych i dystrybucyjnych.

2. Kotły w indywidualnych systemach grzewczych

Ogólna klasyfikacja kotłów grzewczych. Wielkości charakterystyczne kotłów. Zasada działania i budowa kotła. Paliwa kotłowe i ich własności. Zależności stechiometryczne w spalaniu paliw. Kontrola procesu spalania. Bilans cieplny kotła. Sprawność i straty ciepłe. Zużycie paliwa. Przepływy powietrza i spalin. Zanieczyszczenie powierzchni ogrzewalnych, erozja i korozja. Eksploatacja kotłów i jej wpływ na środowisko. Urządzenia zabezpieczające przed nadmiernym wzrostem ciśnienia. Automatyka zabezpieczająca. Aparatura kontrolno-pomiarowa. Uprawnienia osób i poświadczanie kwalifikacji wymaganych przy obsłudze i konserwacji urządzeń technicznych.

Zestaw 1:

K2A_W06,

K2A_W10,

K2A_W12,

K2A_W13,

K2A_W16,

K2A_W17,

K2A_U06,

K2A_U07,

K2A_U12,

K2A_U20,

K2A_U22,

K2A_K02,

K2A_K05,

K2A_K07

1. Gazowe silniki tłokowe

Rodzaje instalacji gazowych stosowanych w silnikach gazowych: konstrukcja, elementy składowe, dobór elementów, zakresy stosowania, osprzęt dodatkowy, normy prawne, dodatkowe wymagania.

2. Energetyka jądrowa

Reaktory jądrowe - rys historyczny i wybrane problemy: historia, stan obecny i przyszłość energetyki jądrowej, problemy bezpieczeństwa, doświadczenia eksploatacyjne, zasoby paliwa jądrowego, koszty w energetyce jądrowej. Podstawy fizyczne procesów występujących w reaktorach jądrowych: budowa jądra atomowego, rozpad radioaktywny, oddziaływania promieniowania jonizującego w organizmach żywych i podstawy ochrony radiologicznej, reakcje neutronów, reakcja rozszczepienia, cykl neutronów w reaktorze, charakterystyka pracy reaktora w stanach ustalonych i nieustalonych, procesy reaktywnościowe w reaktorach jądrowych, konstrukcja rdzeni reaktorów, sterowanie i zabezpieczenia reaktorów, potencjalne zagrożenia związane z eksploatacją reaktorów jądrowych. Charakterystyka bloków i awarii w blokach jądrowych: budowa bloków jądrowych ze szczególnym uwzględnieniem układów zabezpieczeń i zmniejszania skutków awarii. Wybrane problemy eksploatacyjne, analizy bezpieczeństwa, i awaryjnych, charakterystyka wybranych awarii i ich skutków. Nowe koncepcje reaktorów jądrowych.

3. Ognia paliwowe i technologie wodorowe

Budowa i sposób działania ogniw paliwowych. Zastosowanie ogniw paliwowych w energetyce i transporcie. Oddziaływanie ogniw na środowisko naturalne. Urządzenia pomocnicze ogniw paliwowych. Połączenie z systemem elektroenergetycznym. Przetworniki DC/AC. Charakterystyki pracy ogniw paliwowych oraz wpływ parametrów otoczenia oraz samych ogniw na ich pracę. Sposoby wytwarzania wodoru, aspekty techniczne i ekonomiczne przechowywania i transportowania wodoru. Bezpieczeństwo wodorowe.

4. Modernizacja turbin, pomp i sprężarek

Cele modernizacji turbin. Modelowanie przepływu w turbinie dla zmienionych warunków jej pracy. Przykłady modernizacji turbin w elektrowniach i elektrociepłowniach. Zwiększenie sprawności turbiny poprzez modernizację uszczelnień między wieńcowych i zabieg remontowe układów łopatkowych. Modernizacja turbiny kondensacyjnej w celu przystosowania jej do pracy ciepłowniczej. Omówienie typowych układów pompowych i istotnych kryteriów oceny poprawności doboru pompy do układu pompowego. Sposoby korygowania charakterystyk pomp. Praca układu pompowego przy stałych parametrach pracy i przy parametrach zmieniających się w założonym zakresie. Wpływ zjawiska kawitacji na charakterystyki i eksploatację pomp. Sposoby zapobiegania i ograniczania zjawiska kawitacji. Przykłady modernizacji pomp i układów pompowych. Rodzaje modernizacji sprężarek. Modernizacja sprężarek w celu zwiększenia strumienia masy – zwiększenie prędkości obrotowej, wymiana kół wirnikowych sprężarek. Poprawa niezawodności pracy sprężarek. Modernizacja wentylatorów energetycznych. Praca kół wirnikowych przy czynniku zapyłonym- eliminacja skutków erozji. Poprawa regulacyjności wentylatorów. Stabilizacja charakterystyk pracy- zastosowanie separatorów wirów. Zabiegi konstrukcyjne zmierzające do wyciszenia wentylatorów. Ocena i racjonalizacja umiejscowienia wentylatora w sieci wentylacyjnej.

Zestaw 2:

1. Energetyczne wykorzystanie biomasy

Definicja biomasy, uregulowania prawne determinujące użycie biomasy jako nośnika energii, charakterystyka paliw standardowych, właściwości biomasy jako źródła energii (słoma, drewno, osady ściekowe, biogaz, biopaliwa płynne); spalanie, bilans energetyczny procesu spalania biomasy, przykłady systemów spalających biomasę, współspalanie, zgazowanie, piroliza; przykłady instalacji w Polsce i na świecie, perspektywy rozwoju wykorzystania biomasy jako źródła energii.

2. Diagnostyka cieplna w energetyce

Wstępna i zaawansowana walidacja pomiarów. Ocena energetyczna eksploatacji bloków kondensacyjnych i ciepłowniczych. Ocena energetyczna eksploatacji maszyn i urządzeń energetycznych w elektrowniach i elektrociepłowniach. Ocena energetyczna pracy bloków kondensacyjnych i ciepłowniczych w stanach nieustalonych. Ocena wpływu odchyłek parametrów eksploatacji od parametrów referencyjnych na energochłonność wytwarzania energii elektrycznej i ciepła z wykorzystaniem modeli symulacyjnych, charakterystyk energetycznych i krzywych korekcyjnych. Struktura i budowa systemów diagnostyki cieplnej i kontroli eksploatacji w polskich elektrowniach.

3. Komputerowe wspomaganie modernizacji

Pojęcie modernizacji, potrzeby modernizacji, podejście do zadania modernizacji, sposoby wykorzystania oprogramowania MES w modernizacji, podstawy prowadzenia symulacji cieplnych MES, podstawy prowadzenia symulacji wytrzymałościowych MES, podstawy prowadzenia symulacji cieplno-wytrzymałościowych MES, zasady budowy modeli ciągłych oraz siatek numerycznych, stan cieplno-wytrzymałościowy modelu pręta prostego, stan cieplno-wytrzymałościowy belki zginanej, stan cieplno-wytrzymałościowy płyty osiowosymetrycznej, stan cieplno-wytrzymałościowy powłok.

4. Mała energetyka wodna

Klasyfikacja elektrowni wodnych. Podstawy hydrologii. Mała elektrownia wodna (MEW) a środowisko naturalne. Moc i roczna produkcja energii – dobór parametrów pracy elektrowni. Turbiny wodne w MEW. Pompy w ruchu turbinowym dla MEW. Dobór turbiny i generatora. Zapory, jazy i urządzenia pomocnicze MEW. Struktura kosztów inwestycyjnych. Procedura administracyjno-prawna przy budowie MEW. Operat wodno-prawny.

Zestaw 1:

1. Rynek paliw gazowych

Specyfika rynku paliw gazowych. Cele i dyrektywy UE w zakresie rynku gazu. Zasada TPA. Rozdział właścicielski a monopol gazowy. Magazynowanie gazu a dostępność do rynku. Rynek gazu w Polsce. Obrót gazem i operatorzy sieci. Przesył a dystrybucja. Charakterystyka polskich podmiotów rynku. Taryfy gazowe. Zasada budowy taryf. Rodzaje taryf. Omówienie taryf PGNiG. Międzynarodowy przesył i obrót gazem. Rynek CNG w Polsce i na Świecie. Rynek LNG. Skraplanie, transport i regazyfikacja gazu. LNG w Świecie, Europie i w Polsce. Dystrybucja LNG systemem stacji satelickich. Technologie i rynek LPG. Wykorzystanie gazów procesowych i odpadowych.

2. Procesy zużycia i zniszczenia

Klasyfikacja procesów zużycia i zniszczenia elementów maszyn. Natychmiastowe procesy zniszczenia. Erozyjne procesy zużycia: erozja w strumieniu cząstek ciał stałych, hydroerozja, erozja hydro ścierna. Zużycie erozyjne elementów maszyn i urządzeń energetycznych. Zużycie kawitacyjne. Korozyjne procesy starzenia. Korozja w układzie przepływowym turbin, korozja elementów kotła. Zmęczenie wysoko cykliczne. Zmęczenie nisko cykliczne. Zmęczenie cieplno – mechaniczne elementów maszyn energetycznych. Procesy pełzania. Pełzanie elementów maszyn i urządzeń energetycznych. Zniszczenie w warunkach pełzania. Hipotezy kumulacji uszkodzeń. Pęknięcie elementów maszyn. Krytyczne wymiary pęknięć. Propagacja pęknięć w stanach ustalonych i nieustalonych. Trybologiczne procesy starzenia: zużycie ścierne, adhezyjne, utlenianie, pitting, fretting.

95 Przedmioty obieralne - Blok 3 (2 przedmioty)

K2A_W10,
K2A_W12,
K2A_W15,
K2A_W17,
K2A_W18,
K2A_U22,
K2A_U26

Zestaw 2:

1. Rurociągowy systemy przesyłowe

Rodzaje rurociągów i nośników energetycznych, rodzaje rurociągów, schematy sieci, rurociągi wody, pary, sprężonego powietrza, wodne, gazociągi, do transportu materiałów sypkich, sposoby układania rurociągów.

Straty ciśnienia przy przepływie płynów, przepływ płynów nieściśliwych i ściśliwych, przepustowość rurociągów, przykład obliczeniowy – dobór średnicy rurociągu.

Straty ciepła z rurociągów ciepłowniczych i parowych, rodzaje izolacji cieplnej, rurociągi napowietrzne, rurociągi układane w kanałach, rurociągi preizolowane, obliczenia strat ciepła z rurociągów do otoczenia, zależności podstawowe, grubość izolacji cieplnej, zasada doboru grubości izolacji cieplnej, przykład obliczeniowy. Armatura rurociągową, rurociągi parowe i wodne, zawory, odwadniacze, typy odwadniaczy, zasady instalowania odwadniaczy, diagnostyka odwadniaczy.

Modernizacja rurociągów ciepłych, zakres modernizacji, analiza ekonomiczna przedsięwzięć modernizacyjnych, obliczenia efektywności ekonomicznej przedsięwzięć modernizacyjnych, przykład obliczeniowy z zakresu oceny efektywności ekonomicznej modernizacji rurociągu.

Badania termowizyjne stanu izolacyjności cieplnej rurociągów, zasady interpretacji wyników pomiarów.

2. Diagnostyka turbin, sprężarek i pomp

Systemy diagnostyczne. Diagnostyka cieplno-przepływowa turbin. Bieżąca i okresowa ocena strat bloku. Systemy nadzoru wspomagające eksploatację turbin. Wpływ zużycia elementów układu cieplnego na wskaźniki pracy bloku. Obliczanie mocy oraz sprawności sprężarek różnych typów w oparciu o pomiar. Zasady teorii podobieństwa w konstrukcji, eksploatacji oraz w badaniach charakterystyk pracy.

Badania sprężarek przy zastosowaniu gazu zastępczego. Charakterystyki pracy sprężarek. Zasady sterowania i monitoringu pracy sprężarek w obszarze granicy pompowania. Zasady przeprowadzania badań odbiorowych, gwarancyjnych i energetycznych sprężarek różnych typów. Ogólne zasady racjonalnej eksploatacji wentylatorów i sprężarek, wykrywanie usterek. Pomiary charakterystyk pomp – normy. Ocena pracy pompy w układzie pompowym. Analiza pracy pompy ze względu na kawitację. Usterki w pracy pomp wirowych i wyporowych.

96 Semianrium specjalnościowe

K2A_U02,
K2A_U04,
K2A_U10,
K2A_K02,
K2A_K03

Przedstawienie przez studentów tematów swoich prac dyplomowych - określenie obszaru zainteresowań dla każdego studenta i ustalenie języka publikacji. Przydzielenie przez prowadzącego studentom wybranych publikacji z ich obszaru zainteresowań i zagadnień do egzaminu dyplomowego. Przygotowanie przez studentów profesjonalnych prezentacji typu konferencyjnego w języku polskim w oparciu o przydzielone publikacje i zagadnienia. Wygłoszenie prezentacji na forum grupy studenckiej połączone z dyskusją i oceną każdej prezentacji.

97 Praca dyplomowa magisterska

K2A_U01,
K2A_U02,
K2A_U03,
K2A_U04,
K2A_U05,
K2A_U10,
K2A_U14

Treści ustalane indywidualnie dla każdego przypadku pracy dyplomowej – mieszczące się w zakresie szeroko rozumianej energetyki cieplnej.