**Nazwa przedmiotu:**

Mechanika nawierzchni komunikacyjnych z elementami MES

**Koordynator przedmiotu:**

Wacław Szcześniak, Prof. zw. dr hab. inż., Wojciech Gilewski, Dr. hab. inż.

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Budownictwo

**Grupa przedmiotów:**

Inżynieria Komunikacyjna

**Kod przedmiotu:**

brak

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2009/2010

**Liczba punktów ECTS:**

2

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 450h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Znajomość mechaniki teoretycznej i wytrzymałości materiałów (podstaw mechaniki ciała odkształcalnego) w zakresie objętym podstawą programową w kierunku Budownictwo

**Limit liczby studentów:**

**Cel przedmiotu:**

Przyswojenie przez studentów podstaw mechaniki technicznej nawierzchni komunikacyjnych, jako specyficznej dla tych konstrukcji mechaniki budowli, stanowiącej interface pomiędzy teorią sprężystości i plastyczności a technologią i projektowaniem nawierzchni komunikacyjnych, dostarczający modeli i narzędzi obliczeniowych (na gruncie mechaniki) układu: podłoże gruntowe, konstrukcja nawierzchni i ruch pojazdów

**Treści kształcenia:**

Rys historyczny rozwoju nawierzchni drogowych, lotniskowych i kolejowych oraz ich klasyfikacja i charakterystyka. Prawo czwartej i siódmej potęgi w drogownictwie. Przypomnienie i zestawienie podstawowych wiadomości z mechaniki (przyjęte oznaczenia) – układ odniesienia i parametryzacja ciał, przemieszczenia i odkształcenia, ruch ciała oraz prędkości i przyspieszenia, siły i naprężenia, siły bezwładności i zasada d’Alemberta prac wirtualnych, równania równowagi dynamicznej i statycznej oraz warunki początkowe i brzegowe. Materiały do konstrukcji nawierzchni komunikacyjnych i podłoży – modele sprężyste i lepkie. Zespolony moduł podatności. Modele podłoża odkształcalnego. Modele analogowe i strukturalne: modele typu Winklera i Kerra, modele Boussinesqa oraz modele typu Własowa, Kandaurowa i inne. Modele obciążeń dróg ruchem pojazdów. Obciążenia inercyjne i nieinercyjne. Oscylatory lepko-sprężyste i ich dynamika. Obciążenia stacjonarne i ruchome. Kontakt koła z nawierzchnią. Zawieszenia mechaniczne i pneumatyczne - zawieszenie McPhersona i inne zawieszenia. Interakcja pojazd-nawierzchnia. Wpływy dynamiczne na konstrukcję drogi (prędkość pojazdu, nierówności nawierzchni). Wpływy dynamiczne na konstrukcję drogi (prędkość pojazdu, nierówności nawierzchni). Obciążenia obliczeniowe pojazdami.Modele konstrukcji nawierzchni drogowych i lotniskowych podatnych i półsztywnych – metody analityczne i pół-analityczne analizy statycznej i dynamicznej oraz wymiarowania nawierzchni: rozwiązania katalogowe, metoda CBR, model Odemarka, modele warstwowe płytowe i przestrzenne (trójwymiarowe), model płyty lodowej. Pękanie i zmęczenie nawierzchni drogowej oraz sposoby ich opisu. Uszkodzenia nawierzchni drogowej: spękania odbite, spękania termiczne (spękania mrozowe) i zmęczeniowe. Odkształcenia trwałe nawierzchni – koleiny. Statyka i dynamika nawierzchni kolejowej. Obciążenia ruchome inercyjne i nieinercyjne. Modele konstrukcji nawierzchni kolejowej (układy typu „belka-podłoże”). Prędkość krytyczna oraz stateczność toru kolejowego. Nawierzchnia lotniskowa jako przykład nawierzchni sztywnej. Modele obliczeniowe (płytowe) i wymiarowanie nawierzchni lotniskowej. Model. Westergaarda i metoda OSśD.Wprowadzenie do metody elementów skończonych (MES) w liniowej statyce konstrukcji komunikacyjnych posadowionych na sprężystym podłożu. Przemieszczeniowy model MES. Dyskretyzacja konstrukcji. Funkcje kształtu elementu. Macierz sztywności, macierz sprężystego podłoża i wektor obciążeń węzłowych elementu. Transformacja i agregacja. Uwzględnienie warunków brzegowych. Budowa i rozwiązanie układu równań MES. Obliczanie przemieszczeń, odkształceń i naprężeń na poziomie elementu.MES w dynamice konstrukcji. Energia kinetyczna i macierz mas elementu skończonego i ustroju. Uwzględnienie lepkości materiałowej konstrukcji i podłoża oraz obciążenia ruchomego. Równania Lagrange’a i układ równań różniczkowych zwyczajnych MES w dynamice. Drgania ustalone i nieustalone konstrukcji w ujęciu MES. Zbieżność w MES. Kryteria i warunki zapewnienia zbieŜności rozwiązania.MES w analizie statycznej i dynamicznej belek Bernoulliego na odkształcalnym podłożu. Budowa macierzy funkcji kształtu elementu i macierzy elementowych. Przykłady obliczeń w budownictwie kolejowym. MES w analizie statycznej i dynamicznej płyt cienkich i o średniej grubości, posadowionych na odkształcalnym podłożu. Prostokątne i trójkątne elementy skończone. Przykłady obliczeń w budownictwie drogowym i lotniskowym. Programy i systemy komputerowe obliczania i wymiarowania nawierzchni komunikacyjnych (BISAR, AASHTO93, ELSYM, VEROAD, ANSYS, LS Dyna i in.) - informacja

**Metody oceny:**

1) praca domowa – wykonanie zestawu zadań obliczeniowych 2) wykonanie zadania projektowego (projekt obliczeniowy nawierzchni drogowej, lotniskowej lub kolejowej do wyboru) 3)kolokwium

**Egzamin:**

**Literatura:**

1. Nagórski R., Zarys mechaniki teoretycznej, OW WPW, Warszawa 1999 2. Jastrzębski P, Mutermilch J., Orłowski W., Wytrzymałość materiałów, Arkady, Warszawa, cz 1 –1985, cz.2 – 1986 3. Walczak J., Wytrzymałość materiałów oraz podstawy teorii spręŜystości plastyczności, PWN, Warszawa- Kraków 1977 4. Cebon D., Handbook of vehicle – road interaction, Swetz & Zeitlinger, 1999 5. Lewinowski Cz., Wymiarowanie podatnych nawierzchni drogowych, PWN, Warszawa 1980 6. Luszewski S., Wojdanowicz S., Nowoczesne nawierzchnie bitumiczne, WKiŁ, Warszawa 1977 7. Szydło A., Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, Wymiarowanie, Realizacja. Polski Cement 2004 8. Sargoius M., Pavements and surfacings for highways and airports, Applied Science Publishers, London 1975 9. Łopatek Z., Projektowanie konstrukcji nawierzchni lotniskowych, WPW, Warszawa 1967 10. Yoder E.J., Principles of pavement design, J.Wiley, New York 1959 11. Yoder E.J., Witczak M.W., Principles of pavement design, J.Wiley, New York 1975 12. Nita P., Budowa i utrzymanie nawierzchni lotniskowych., WKiŁ, Warszawa 1999 13. Oczykowski A., Towpik K., Projektowanie dróg Ŝelaznych, WPW, Warszawa 1968. 14. Szcześniak W., Wybrane zagadnienia z dynamiki płyt, OW WPW, Warszawa 2000 15. Martinček G., Dynamice of Pavement Structures, E & FN SPON 1994 16. Ullidtz P., PavementAnalysis, Elsevier, Amsterdam 1987 17. Huang Y.H., Pavement Analysis and Design, Pearson – Prentice Hall, London 2004 18. Stypułkowski B., Zagadnienia materiałowe w projektowaniu i wykonawstwie drogowym, WKŁ, Warszawa 1989 19. Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych, IBDM, GDDP, Warszawa 1997. 20. Rakowski G., Kacprzyk Z., Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji, OW WPW, Warszawa 2005 21. Łodygowski T., Kąkol W., Metoda elementów skończonych w wybranych zagadnieniach mechaniki konstrukcji inŜynierskich., Politechnika Poznańska, Poznań 1994 (dostępny on-line) 22. Kleiber M., ed., Komputerowe metody mechaniki ciał stałych, Seria: Mechanika Techniczna, PWN, Warszawa-Poznań 1995. 23. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., The Finite Element Method, Vol. 1: The Basis, Butterworth-Heinemann, 2000

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe