

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

APROB:

Dr. habilitat, profesor univ. **Viorel BOSTAN**
Rector al Universității Tehnice a Moldovei
Data aprobării de către Senatul UTM:

PROGRAMA

**examenului de doctorat
la specialitatea**

231.02. Ingineria și tehnologia comunicațiilor electronice

Chișinău 2016

Autori: **Pavel Bodiul, dr.hab., prof. univ.;**
Ion Avram, dr., conf. univ.;
Pavel Nistiriuc, dr., conf. univ.;
Nicolae Bejan, dr., conf. univ.

Recenzenți: **Nicolae Sârbu, dr. hab., prof. univ.;**
Serghei Andronic, dr., conf. univ.;
Nazaroi Ion, dr., conf. univ.

Programa a fost examinată și recomandată de
Consiliul Școlii doctorale *Știința*
Calculatoarelor, Electronică și Comunicații
Președinte: **Victor Șontea, dr., prof.univ.**

(semnătura)

” ”

2016

Programa a fost examinată și recomandată de
Consiliul Științific UTM
Președinte: **Valerian Dorogan, dr. hab, prof.univ.**

(semnătura)

” ”

2016

1. RECOMANDĂRI METODICE GENERALE

Programa examenului de doctorat are ca obiectiv aprecierea nivelului de pregătire teoretică și practică a doctoranzilor în domeniul ingineriei și tehnologiei comunicațiilor electronice. Acumularea și însușirea cunoștințelor pe parcursul studiilor este o activitate continuă, care obligă pe doctoranzi să demonstreze nivelul de pregătire profesională care corespunde gradului științific de doctor în domeniul domeniul ingineriei și tehnologiei comunicațiilor electronice.

În ansamblu, examenului de doctorat include subiecte din disciplinele fundamentale și aplicative prevăzute în programele de studii universitare licență, masterat și doctorat. Programul este elaborat în baza cursurilor universitare: unde electromagnetice și propagarea lor, linii de transmisiune, semnale și circuite, analiza și sinteza circuitelor electronice, antene și dispozitive antenă-fider, sisteme de transmisiuni, monitorizarea spectrului de frecvențe radio, Microprocesoare, prelucrarea digitală a semnalelor, surse de alimentare, electronica de putere, emițătoare radio, receptoare radio, compatibilitatea electromagnetică, comunicații radioreleu și satelit, rețele de comunicații digitale, rețele și sisteme de comunicații mobile, comunicații moderne fără fir.

Obiectivele generale ale examenului de doctorat:

- Evaluarea cunoștințelor teoretice și practice ale doctoranzilor în domeniul ingineriei și tehnologiei comunicațiilor electronice;
- Demonstrarea și argumentarea răspunsului la subiectele examenului;
- Evaluarea capacității de analiză și sinteză pentru a lua decizii.

Programa orientează doctoranzii spre abordări științifice a problemelor vizate. Programul include în componența sa și o listă bibliografică, care va servi drept referință pentru pregătirea doctoranzilor către examenul de doctorat și pentru realizarea tezei de doctorat.

2. CONȚINUTUL PROGRAMEI

2.1. Propagarea undelor radio în eter și a undelor electromagnetice ghidate

Clasificarea benzilor de frecvențe, utilizate în telecomunicații, conform recomandărilor B.15 ale ITU-T. Unde miriametrice (proces fizice și particularitățile de propagare, metodele de calcul a intensității câmpului). Unde hectometrice (proces fizice și particularitățile de propagare, metodele de calcul a intensității câmpului). Unde decametrice (proces fizice și particularitățile de propagare, fenomenul de fading). Particularitățile de propagare a undelor metriche. Particularitățile de propagare a undelor decimetrice și centimetrice. Particularitățile de propagare a undelor milimetrice și decimilimetrice. Particularitățile de propagare a undelor optice. Regimurile monomod și multimod. Clasificarea undelor electromagnetice ghidate și proprietățile lor. Frecvența critică și lungimea de undă critică. Concepția undelor electromagnetice ghidate parțial. Viteza de propagare a semnalului. Viteza de grup.

2.2. Lini de transmisiune

Transmisia semnalelor electromagnetice prin liniile de transmisiune. Cerințe. Durabilitatea electrică, puterile limită și admisibilă. Atenuarea semnalului. Caracteristica liniilor de transmisiuni. Linia bifilară. Pereche de fire torsadată. Cablurile simetrice. Ghidul dreptunghiular. Ghidul circular. Linia coaxială. Linia plată. Ghidul dielectric. Tipurile de fibre optice. Atenuarea și dispersia semnalului în fibre optice. Cabluri optice.

2.3. Dispozitive în sisteme și rețele de telecomunicații

Destinația și clasificarea antenelor. Diagrama de directivitate și parametrii antenelor. Radiația dipolului simetric. Alimentarea dipolilor simetric și asimetric. Mecanismul procesului de recepție. Utilizarea principiului reciprocității la studierea antenelor de recepție. Puterea ce se elimină în sarcina antenei de recepție. Temperatura de zgomot a antenelor. Antena dielectrică. Antena cu reflector parabolic. Antena directoare. Antena elicoidală. Antena turnichet. Antena microstrip. Rețele de antene. Antene inteligente. Proprietățile rezonatoarelor electromagnetice. Oscilații proprii, frecvențe de rezonanță și structura câmpului antenei de emisie. Câștigul antenei. Suprafața efectivă a antenelor. Factorul de calitate al rezonatoarelor electromagnetice. Factorii de calitate exterior și în sarcină. Excitarea oscilațiilor în rezonatoare. Clasificarea filtrelor de microunde. Condițiile fizice de realizare. Prototipul trece-jos. Necesitatea și principiile de acordare a liniilor de transmisiune cu sarcina. Tripoli. Atenuatoare de microunde. Joncțiunea dublu T. Cuploare direcționale și dispozitive pentru transformarea tipurilor de undă. Dispozitive cu ferită. Lentile cilindrice cu indicele de refracție gradat. Filtrele optice polistratificate. Izolatoare și defazoare optice. Ramificatoare și mixere optice. Comutatoare optice. Modulatoare optice. Multiplexoare și demultiplexoare optice. Atenuatoare optice.

2.4. Sisteme de transmisiuni

Nivele de transmisiune al semnalelor. Caracteristica semnalelor primare. Ierarhia sistemelor de transmisiuni analogice (STA). Convertarea frecvenței semnalelor în STA. Condițiile de transmisiune al semnalelor: distorsiunile lineice și neliniare, zgomotele în canalele de telecomunicații. Ierarhia PDH. Modulația impulsurilor în cod. Structura sistemului de transmisiune El: nivelul fizic; nivelul legătura de date și nivelul de rețea. Utilajul de generare în sistemele de transmisiuni digitale (STD). Generatoare etalon. Generatorul cu rezonator de cuarț. Sincronizarea în STD. Organizarea canalelor pentru transmisiunea semnalelor de dirijare și interacțiune cu centrala. Particularitățile de formare a semnalului digital lineic. Codurile AMI și HDB-3. Sisteme de transmisiune a informației prin fibre optice (STIFO) cu detecție directă. Amplificatoare optice. STIFO cu detecție coerentă. STIFO cu multiplexarea spectrală a canalelor. Emițătoare optice și modulul optoelectronic de emisie. Fotoreceptoarele și modulul optoelectronic de recepție. Codurile pentru STIFO. Determinarea lungimii sectorului de regenerare pentru STIFO. Ierarhia digitală sincronă SDH/SONET. Structura cadrului SDH. Multiplexarea fluxurilor digitale în SDH.

2.5. Sisteme de transmisiuni radioreleu și satelit

Modularea și demodularea în sistemele de transmisiuni radioreleu și satelit analogice. Modularea și demodularea în sistemele de transmisiuni radioreleu și satelit digitale. Planurile de frecvențe. Echipamentul de emisie și recepție. Legătura

dintre echipamentul de emisie/recepție și antene. Distorsiunile și zgomotele în sistemele de transmisiuni radioreleu și satelit analogice. Calitatea de transmisiune a comunicărilor analogice. Sisteme de transmisiuni radioreleu în limitele vizibilității directe. Sisteme de transmisiuni radioreleu troposferice. Sisteme de transmisiuni satelit. Compatibilitatea electromagnetică a sistemelor de transmisiuni radioreleu și satelit.

2.6. Rețele de comunicații digitale

Proiectarea rețelelor de comunicații digitale (RCD). Cerințele către RCD primare și corporative. Caracteristicile tehnico - informaționale a RCD. Modelul teoretic al RCD. Tehnologiile de bază pentru RCD: SDH, WDM, Frame Relay, ATM, xDSL, IP telefonie, MPLS. Echipamentul RCD: SDH, comutatoare ATM. Topologia RCD. Sincronizarea în RCD. Dirijarea în RCD

2.7. Rețele și sisteme de comunicații mobile

Elementele și standardele rețelelor de comunicații mobile (RCM). Metode de acces multiplu, utilizate în RCM. Organizarea canalelor de acces în RCM. Formarea canalelor duplex și departajarea în frecvență a purtătoarelor canalelor simplex ale unui canal duplex. Arhitectura rețelei GSM: subsistemele rețelei, structura și funcțiile subsistemelor. Deservirea apelului în RCM cu diferite standarde. Semnalizarea în RCM. Proiectarea RCM după acoperirea teritoriului dat, asigurarea capacității date a rețelei și a traficului dat.

2.6. Rețele inteligente de comunicații

Arhitectura rețelelor inteligente de comunicații (RIC). Modelul RIC. Asigurarea cu soft și crearea serviciilor inteligente. Caracteristicile temporale a RIC. Sistemul de protecție a RIC. Servicii inteligente în baza sistemelor de IP telefonie.

2.7. Standarde și interconectarea rețelelor de comunicații

Profiluri. Standarde. Sisteme deschise. Principiile de construire a rețelelor de comunicații: sisteme de transmisiuni, metode de comutație, sistemul SS7, sistemul El și SDH. Profilurile de interconectare a sistemelor deschise. Profilurile Internet. Standardizarea. Adresarea și rutarea. Metode de protocoale și rutare. Rețele digitale de servicii integrate ISDN. N-ISDN. B-ISDN. Profilurile de interconectare N-ISDN și B-ISDN. Protocoalele și standardele Frame Relay, ATM și MPLS. Profilurile de interconectare a diferitor arhitecturi și tehnologii de rețea. Principiile de interconectare. Profiluri tipice de interconectare.

2.8 Tehnologii de măsurare în telecomunicații

Clasificarea tehnologiilor de măsurări în telecomunicații. Tehnologiile de măsurări în sistemele de transmisiune a informației prin fibre optice. Tehnologii de măsurări a mediilor fizice de propagare a semnalului. Măsurarea cablurilor electrice. Tehnologii de

măsurări a frecvențelor radio. Tehnologii de măsurări în rețelele de comunicații primare. Tehnologii de măsurări în rețelele de comunicații telefonice secundare. Tehnologii de măsurări în rețelele ISDN. Tehnologii de măsurări în rețele de transmisiuni a datelor. Tehnologii de măsurări în sistemul de semnalizare SS7. Tehnologii de măsurări în rețelele ATM. Tehnologii de măsurări în rețelele de comunicații mobile. Integrarea echipamentului de măsurări și convergența lui cu tehnologiile de măsurări în telecomunicații.

Literatura de specialitate

1. Романюк В. Основы радиосвязи - Москва, Юрайт, 2015, 287 стр.
2. Văjenescu T. I. Comunicații prin satelit. București: Matrix Rom, 2014, 281 p.
3. Жуков И. Ю., Михайлов Д. М., Стариковский А. В. Технологии мобильной связи: услуги и сервисы, Москва: ИНФРА-М, 2013, 206 стр.
4. Берлин А. Н. Телекоммуникационные сети и устройства. - Москва: ИНТУИТ, 2014, 320 стр.
5. Бабков В. Ю. Сотовые системы мобильной радиосвязи – Санкт-Петербург: БХВ – Петербург, 2013, 432 стр.
6. Арслан Х., Чен Чж. Н., Бенедетто М. Сверхширокополосная беспроводная связь. - Москва: Техносфера, 2013, 640 стр.
7. Стерлинг Д. Дж. Волоконная оптика. – Москва: Лори, 2013, 288 стр.
8. Гордиенко В., Тверецкий М. Многоканальные телекоммуникационные систем. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2013, 396 стр.
9. Гольдштейн Б. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пост – NGN. - Санкт-Петербург: БХВ – Петербург, 2013, 160 стр.
10. Ioan L., Niculescu G. Comutație și rutare în telecomunicații : București: Matrix Rom, 2013, 361 p.
11. Иньевски К. Конвергенция мобильных и стационарных сетей следующего поколения - Москва: Техносфера, 2012, 805 стр.
12. Pușcaș N. N. Sisteme de comunicații optice. – București : Matrix Rom, 2012, 318 p.
13. Голдсмит А., Березовский В. А. Беспроводные коммуникации. Пер. с англ. - Москва: Техносфера, 2012, 903 стр.
14. Гордиенко В., Крухмалев В., Моченов А. Оптические телекоммуникационные системы. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2011, 370 стр.
15. Головин О., Чистяков Н., Шварц В. Радиосвязь. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2011, 284 стр.
16. Степанов С. Основы телетрафика мультисервисных сетей . - – Москва: ЭКО – ТРЕНДЗ, 2010, 392 стр.
17. Гольдштейн Б., Соколов Н., Яновский Г. Сети связи. - Санкт-Петербург: БХВ – Петербург, 2010, 400 стр.
18. Тихвинский В. О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. – Москва: ЭКО – ТРЕНДЗ, 2010, 284 стр.

19. Портнов Э. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2009, 550 стр.
20. Подъездков Ю. А. Спутниковые системы связи и вещания. – Москва : ЭКО – ТРЕНДЗ, 2009, 372 стр.
21. Constantine A. Balanis Antenna theory: analysis and design. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2009, 1073 pp.
22. Kyohei Fujimoto Mobile Antenna Systems Handbook, Third Edition, *ARTECH HOUSE, INC.*, 2011, 790 pp.
23. Maha Ben Zid (editor) Recent Trends in Multi-user MIMO Communications, 2013, 176 pp.
24. F. Perez Fontan, P. Marin Modeling the wireless propagation channel a simulation approach with MATLAB. John Wiley & Sons Ltd, 2010, 272 pp.