



Біомедичні прилади, апарати і комплекси.
АНАЛІЗ І ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ МЕДИЧНОЇ ТЕХНІКИ
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>163 Біомедична інженерія</i>
Освітня програма	<i>Біомедична інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>МКР, РГР, Екзамен</i>
Розклад занять	<i>14 годин лекцій , 14 годин практик, 8 годин лабораторні</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська/</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., проф. Лебедєв Олексій Володимирович, mmif@kpi.ua, т. 0955901559¹ Практичні : д.т.н., проф. Лебедєв Олексій Володимирович Лабораторні: д.т.н., проф. Лебедєв Олексій Володимирович</i>
Розміщення курсу	<i>Moodle https://do.ipk.kpi.ua</i>

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна «Аналіз і проектування електронної медичної техніки» (далі АПМТ) викладається професором з 48 річним досвідом науково-практичної роботи із застосування інженерних і медико-інженерних засобів і технологій.

Навчальна дисципліна належить до циклу нормативних навчальних дисциплін фахової підготовки бакалавров. АПМТ - нова важлива дисципліна в інженерній освіті. Багато компаній розробляють високотехнологічну продукцію для медицини сьогодення та майбутнього. Відповідно до міжнародних освітніх програм теоретичний зміст дисциплін включає основні проблеми на перетині інженерної і медичної. Практична частина спрямована на вирішення задач аналізу і проектування електронної медичної техніки.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей до аналізу та проектування електронних систем з використанням сучасних прикладних пакетів проектування, забезпечення аналізу та синтезу проектних рішень.

Під час вивчення дисципліни формуються наступні **фахові компетентності**.

Загальні компетентності (ОП введено в дію Наказом ректора НОН/89/2021 від 19.04.2021 р.):

- ЗК 1** - Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 2** - Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК 6** - Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 7** - Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК 9** - Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності)

Спеціальні (фахові) компетентності (ОП введено в дію Наказом ректора НОН/89/2021 від 19.04.2021 р.):

1. **ФК1.** Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів, а також для автоматизованого проектування медичних приладів та систем.
2. **ФК3.** Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації медичних приладів і систем.
3. **ФК4.** Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації);
4. **ФК5.** Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.
5. **ФК6.** Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проектування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг.
6. **ФК7.** Здатність планувати, проектувати, розробляти, встановлювати, експлуатувати, підтримувати, технічно обслуговувати, контролювати і координувати ремонт приладів, обладнання та системи для профілактики,

діагностики, лікування і реабілітації, що використовується в лікарнях і науково-дослідних інститутах.

7. **ФК10.** Здатність застосовувати принципи побудови сучасних автоматизованих систем управління виробництвом медичних приладів, їх технічне, алгоритмічне, інформаційне і програмне забезпечення для вирішення професійних завдань.
8. **ФК13.** Здатність забезпечувати та контролювати дотримання безпеки та біомедичної етики при роботі з медичним обладнанням.
9. **ФК11.** Здатність оцінювати конструкторсько-технологічні, інженерні та науково-технічні рішення з точки зору дотримання умов безпеки життєдіяльності, енергетичної ефективності та екологічності. Готовність до використання таких оцінок в інженерній практиці;
10. **ФК12.** Здатність формулювати новизну та актуальність науково-дослідної роботи, вести наукову дискусію і викладати результати досліджень за заданою тематикою в сфері принципів функціонування та методів розробки інформаційних та технологічних електронних систем;
11. **ФК14.** Здатність проводити експерименти за заданими технічними та медичними методиками, виконувати комп'ютерну обробку, аналіз і синтез отриманих результатів.

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Аналіз і проектування електронної медичної техніки» **студенти отримують знання:**

- математичних принципів і методів, необхідних для проектування та дослідження процесів у електронних приладах;
- основних принципів моделювання та конструювання електронних приладів, пристроїв та систем;
- основних принципів технологій, що застосовуються на виробництві при виготовленні систем електронної техніки;
- сучасних методів та засобів комп'ютерного моделювання електронних приладів, пристроїв та систем;

Результатами навчання після вивчення дисципліни:

1. **ПРН1.** Розуміння фундаментально-прикладних, медико-фізичних та біоінженерних основ технологій та обладнання для дослідження процесів організму людини.
2. **ПРН2.** Володіння інженерними методами розрахунку елементів приладів і систем медичного призначення та вибору класичних і новітніх конструкційних матеріалів.
3. **ПРН3.** Знання засобів проектування пристроїв, приладів і систем медико-біологічного призначення.
4. **ПРН4.** Знання методів проектування цифрових та мікропроцесорних систем медичного призначення.
5. **ПРН 5** Знання методів і способів досліджень, що використовуються при проектуванні медичного обладнання.;
6. **ПРН 7** Розуміння науково-технічних принципів, які покладено в основу новітніх досягнень в галузі біомедичної інженерії.;
7. **ПРН 8** Володіння іноземною мовою в обсязі, достатньому для загального та професійного спілкування

8. **ПРН 9** Застосування принципів побудови систем автоматичного управління та властивості їх елементів.
9. **ПРН19.** Знання технічної документації, що регламентує порядок введення в експлуатацію, застосування та ремонт медичного обладнання.
10. **ПРН31.** Розуміння теоретичних та практичних підходів до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.
11. **ПРН36.** Аналіз сигналів, які передаються від органів на прилади, та отримання і оброблення діагностичної інформації.
12. **ПРН40.** Використання систем автоматизованого проектування для розробки технологічної та апаратної схеми медичних приладів та систем.

Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного вивчення навчальної дисципліни «Аналіз і проектування електронної медичної техніки » необхідно попередньо вивчити наступні дисципліни: «Аналогова та цифрова схемотехніка», «Вимірювальні перетворювачі та датчики», «Основи конструювання та проектування медичної техніки в SolidWorks», «Діагностична техніка». Дисципліна «Аналіз і проектування електронної медичної техніки» є базовою для таких освітніх компонент, як «Переддипломна практика», «Науково-дослідна практика», «Виконання магістерської дисертації».

Необхідні навички

1. Знання іноземної мови.
2. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу
4. Інформації з різних джерел.
5. Здатність працювати в команді.
6. Здатність працювати в міжнародному контексті.
7. Здатність аналізувати складні медико-інженерні та біоінженерні проблеми та здійснювати їх формалізацію для знаходження кількісних рішень із застосуванням сучасних математичних методів та інформаційних технологій.
8. Здатність досліджувати біологічні та технічні аспекти функціонування та взаємодії штучних біологічних і біотехнічних систем.

2. Зміст навчальної дисципліни

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються студентам на першому занятті.

№ з/п	Тема	Програмні результати навчання	Основні завдання	
			Контрольний захід	Термін виконання
Розділ №1 Загальні відомості з проектування та аналізу електронних систем				
1	Загальні відомості з проектування та аналізу електронних систем	ПРН 1 ПРН 2 ПРН 3	Практичне заняття №1 Лабораторна робота №1	1 тиждень

Розділ №2 Аналіз і проектування електронної медичної техніки в середовищі САПР PROTEUS та COMSOL				
2	Основні можливості САПР Proteus та COMSOL для аналізу і проектування.	ПРН 3 ПРН 40	Практичне заняття №2	2 тиждень
3	Визначення статичних та динамічних характеристик напівпровідникових приладів і мікросхем в середовищі Proteus	ПРН 2 ПРН 3	Практичне заняття №2	2 тиждень
4	Проектування пристроїв вимірювання і первісної обробки біологічних сигналів	ПРН 7	Практичне заняття №2	2 тиждень
5	Проектування систем з мікропроцесорами в середовищі Proteus	ПРН 8	Практичне заняття №3 Лабораторне заняття №2	3 тиждень
6	Проектування пристроїв вимірювання температури, тиску, вологості, швидкості руху і прискорення.	ПРН 9	Практичне заняття №3 Лабораторне заняття №2	3 тиждень
7	Проектування електроприводу.	ПРН 10	Практичне заняття №3 Лабораторне заняття №2	3 тиждень
8	Проектування систем з ультразвуковими пристроями в середовищі Proteus.	ПРН 31	Практичне заняття №4	4 тиждень
9	Проектування електронних утворювачів з використанням Wi-Fi	ПРН 40	Практичне заняття №4	4 тиждень
Розділ №3 Проектування джерел живлення для електронної медичної техніки				
10	Основні вимоги до джерел живлення. Стабілізатори напруги на основі дискретних напівпровідникових приладів і мікросхем.	ПРН 5 ПРН 36	Практичне заняття №5 Лабораторне заняття №3	5 тиждень
11	Імпульсні стабілізатори напруги.	ПРН 5 ПРН 8	Практичне заняття №5 Лабораторне заняття №3	5 тиждень
12	Автоматизоване	ПРН 9	Практичне	6 тиждень

	проектування імпульсних стабілізаторів напруги в середовищі PLExpert.		заняття №6	
11	Високочастотні джерела живлення.	ПРН 8 ПРН 9	Практичне заняття №6	6 тиждень
12	Високовольтні джерела живлення.	ПРН 36	Практичне заняття №6 Лабораторне заняття №4	6 тиждень
Розділ № 4 Проектування друкованих плат і систем охолодження електронної техніки.				
13	Призначення, типи та технологія виготовлення друкованих плат.	ПРН 40	Практичне заняття №6 Лабораторне заняття №4	7 тиждень
14	Проектування друкованих плат в середовищі Proteus.	ПРН 9	Практичне заняття №6 Лабораторне заняття №4	7 тиждень
15	Залежність надійності роботи компонентів електронної техніки від температури.	ПРН 36	Практичне заняття №6 Лабораторне заняття №4	7 тиждень
16	Типи і пристрої систем охолодження	ПРН 10 ПРН 5	Практичне заняття №6 Лабораторне заняття №4	7 тиждень
17	Теплофізика процесів охолодження	ПРН 19	Практичне заняття №6 Лабораторне заняття №4	7 тиждень
18	Проектування систем охолодження в середовищах Solid Works Fusion 360	ПРН 31	Практичне заняття №6 Лабораторне заняття №4	7 тиждень
19	РГР	ПРН1,4,6,13		8 тиждень
20	МКР	ПРН 10-19		8 тиждень
21	Екзамен			9 тиждень

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базові ресурси

1. Моделювання та аналіз цифрових схем / В. Макаренко, Є. Маланчук, А. Рудик та ін. - Рівне: НУВГП, 2017. - 454 с.
2. А. В. Чураков. Принципы моделирования и проектирования приборов магнито ультразвуковой терапии : учеб.-метод. пособие / А. В. Чураков. – Минск : БГУИР, 2019. – 146 с. : ил.

3. Ершов, Ю. А. Биотехнические системы медицинского назначения. В 2 ч. Часть 1. Количественное описание биообъектов : учебник для бакалавриата и магистратуры / Ю. А. Ершов, С. И. Щукин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 180 с. — Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс.
4. Курушин А.А. Решение мультифизических СВЧ задач с помощью САПР COMSOL– М., «One-Book», 2016, 376 стр

Допоміжні ресурси

1. Ляшенко О. Моделювання та дослідження електронних пристроїв: Навч. посібник. / О. Ляшенко, О. Мартинюк. – Луцьк: Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2013. – 217 с.
2. Лопаткин А.В. Проектирование печатных плат в Altium Designer / А.В. Лопаткин. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 400 с.
3. Цифрова схемотехніка електронних систем. Підручник / В. Бойко, В. Жуйков, А. Зорі та ін. - К.: Вища школа, 2010. - 426 с.
4. А.В. Бердников, М.В. Семко, Ю.А. Широкова Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. Часть I. Технические методы и аппараты для экспресс-диагностики: Учебное пособие / Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2004. 176 с.

Рекомендації щодо засвоєння навчальних занять (у формі деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи):

Аудиторні заняття

№ з/п	Теми аудиторних занять	Кількість годин
1	<i>Лекція 1. Загальні відомості з проектування та аналіза електронних систем</i>	2
2	<i>Лекція 2. Аналіз і проектування електронної медичної техніки в середовищі САПР Proteus та COMSOL.</i>	2
3	<i>Лекція 3. Проектування систем з мікропроцесорами в середовищі Proteus Проектування пристроїв вимірювання температури, тиску, вологості, швидкості руху і прискорення. Проектування систем керування електроприводом.</i>	2
4	<i>Лекція 4: Проектування систем з ультразвуковими пристроями в середовищі Proteus та COMSOL. Проектування електронних утворювачів з використанням Wi-F в середовищах Proteus та COMSOL.</i>	2

5	<p><i>Лекція 5: Проектування джерел живлення для електронної медичної техніки</i></p> <p><i>Стабілізатори напруги на основі дискретних напівпровідникових приладів і мікросхем.</i></p> <p><i>Імпульсні стабілізатори напруги.</i></p> <p><i>Високовольтні джерела живлення.</i></p>	2
6	<p><i>Лекція 6: Автоматизоване проектування імпульсних стабілізаторів напруги в середовищі PLEpert.</i></p> <p><i>Високочастотні джерела живлення.</i></p>	2
7	<p><i>Лекція 7: Проектування друкованих плат і систем охолодження електронної техніки.</i></p> <p><i>Призначення, типи та технологія виготовлення друкованих плат.</i></p> <p><i>Проектування друкованих плат в середовищі Proteus</i></p> <p><i>Залежність надійності роботи компонентів електронної техніки від температури.</i></p> <p><i>Типи і пристрої систем охолодження</i></p> <p><i>Теплофізика процесів охолодження</i></p> <p><i>Проектування систем охолодження в середовищах Solid Works Fusion 360</i></p>	2

Навчання здійснюється на основі сучасної стратегії взаємодії викладача та студента в електронному просторі з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок. Під час навчання застосовуються:

- стратегії активного і колективного навчання;
- особистісно-орієнтовані розвиваючі технології, засновані на активних формах і методах навчання (командна робота (team-based learning), парна робота (think-pair-share), метод мозкового штурму, метод кейс-стаді, ділові ігри, дискусія тощо);
- евристичні методи (методи створення ідей, методи вирішення творчих завдань, методи активізації творчого мислення);
- метод проблемно-орієнтованого навчання.

4. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи: підготовка до аудиторних занять здійснюється відповідно до планку дисципліни за наведеними в ньому посиланнями на платформу MOODLE, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання домашньої контрольної роботи тощо надсилається викладачу в електронному вигляді через систему MOODLE та в терміни часу вказаний у системі поточного оцінювання.

Політика та контроль

5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали:

Заохочувальні бали	Штрафні бали
---------------------------	---------------------

Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Виконання практичних робіт	4 бали	Порушення термінів виконання практичних робіт	1 бал
Своєчасне написання МКР	0 балів	Несвоєчасне написання ДКР або МКР	- 5 балів
Своєчасна здача іспиту	0 бали	Перездача іспиту	- 5 балів

Відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних та візних занять не оцінюється, за відсутність на них нараховуються штрафні бали. Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи можна перескласти до завершення атестаційного тижня.

Тематичне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання – не оцінюється.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами ³.

Критерій		Перша атестація
Термін атестації ⁴		8-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг ⁵	≥ 13 балів
	Виконання практичних робіт	Практична робота

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із

наперед

визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Дистанційне навчання (необов'язковий пункт)

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів за певною тематикою допускається за умови погодження зі студентами. У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, які передбачені у навчальній дисципліні. Може здійснюватися виставлення оцінки за контрольні заходи шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів. Можливе здійснення контрольних заходів і атестації дистанційно в онлайн режимі, за умови персональної ідентифікації студентів.

³ Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

⁴ Там само.

⁵ Там само.

Навчання іноземною мовою (необов'язковий пункт)

Використання іноземної літератури, вивчення навчального матеріалу, термінів, стандартів, документів тощо на іноземних мовах можливе при вивченні новітніх технологій, а також відео і *.ppt демонстраціях у тих випадках, коли відсутні вітчизняні інформаційні джерела.

Англомовним групам іноземних студентів можливе викладання англійською мовою.

Позааудиторні заняття (необов'язковий пункт)

В межах вивчення дисципліни обов'язковим є проведення 50% практичних занять на клінічних базах серцево-судинної хірургії міста Києва, згідно угод про академічну співпрацю.

6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Модульна контрольна робота є поточним контрольним заходом, який охоплює практичні навички застосування інструментів точних наук для кількісного визначення, аналізу і оцінки функціональних систем і процесів взаємодіючих природних і штучних систем, що дозволить: досліджувати, розробляти, застосовувати, вдосконалювати та впроваджувати рішення, засоби та методи інженерних і точних наук, а також методи та технології медичної та біоінженерії для вирішення проблем, пов'язаних зі здоров'ям та якістю життя людини.

7. Система оцінювання

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кількість	Всього
1.	Практична робота	32	4	8	32
2.	Тематичні завдання	8	2	4	8
3.	Дистанційне навчання/Наукова діяльність	20	20	1	20
5.	Залік	40	40	1	40
	Всього				100

Система оцінювання МКР

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кількість	Всього
1.	Своєчасне оформлення	10	10	1	10
2.	Вірна відповідь на кожне запитання (рішення)	10	10	9	90
	Всього				≤100

Залік є фінальним контрольним заходом, який охоплює всі програмні результати навчання.

Семестрова атестація студентів

Обов'язкова умова допуску заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	$RD \geq 20$
2	Написання модульної контрольної роботи	$RD \geq 60$
	Всього	$RD \geq 80$

Додаткові умови допуску до екзамену/заліку:

(окрім обов'язкових умов можна вказати додаткові та/або необов'язкові умови допуску до екзамену/заліку).

- Немає.

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою ²

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою	Можливість отримання оцінки «автоматом»
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре	Добре

$65 \leq RD \leq 74$	<i>Задовільно</i>	-
$60 \leq RD \leq 64$	<i>Достатньо</i>	-
$RD < 60$	<i>Незадовільно</i>	-
<i>Невиконання умов допуску</i>	<i>Не допущено</i>	-

² Оцінювання результатів навчання здійснюється за рейтинговою системою оцінювання відповідно до рекомендацій Методичної ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, ухвалених протоколом №7 від 29.03.2018 року.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор кафедри БМІ, д.т.наук., проф., Лебедев Олексій Володимирович

Ухвалено кафедрою _____ (протокол № __ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету² (протокол № __ від _____)

*Додаток до силябусу дисципліни
«Аналіз і проектування електронної медичної техніки»*

**Перелік запитань для підготовки до модульної контрольної роботи,
а також для підготовки до екзамену**

1. Загальні відомості з проектування та аналіза електронних систем
2. Основні можливості САПР Proteus та COMSOL для аналіза і проектування
3. Визначення статичних та динамічних характеристик напівпровідникових приладів і мікросхем в середовищі Proteus
4. Проектування пристроїв вимірювання і первісної обробки біологічних сигналів
5. Проектування систем з мікропроцесорами в середовищі Proteus
6. Проектування пристроїв вимірювання температури, тиску, вологості, швидкості руху і прискорення.
7. Проектування електроприводу.
8. Проектування систем з ультразвуковими пристроями в середовищі Proteus.
9. Проектування електронних утрьство з використанням Wi-Fi
10. Стабілізатори напруги на основі дискретних напівпровідникових приладів і мікросхем.
11. Імпульсні стабілізатори напруги.
12. Автоматизоване проектування імпульсних стабілізаторів напруги в середовищі PEEpert.
13. Високочастотні джерела живлення.
14. Високовольтні джерела живлення.
15. Призначення, типи та технологія виготовлення друкованих плат.
16. Проектування друкованих плат в середовищі Proteus

- 17.** *Залежність надійності роботи компонентів електронної техніки від температури.*
- 18.** *Типи і пристрої систем охолодження*
- 19.** *Теплофізика процесів охолодження*
- 20.** *Проектування систем охолодження в середовищах Solid Works Fusion 360*