

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ПРОГРАМА

навчальної дисципліни
«Технологія виробництва електричних машин і апаратів»
вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого(бакалаврського) рівня вищої освіти

Електромеханіка

Харків 2022

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2022 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 22.08.2022 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2022 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 15.08.2022 № 1.

Розробник: к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Волканін Є.Є.

Рецензенти:

1. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.
2. Професор циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії Гаврилюк Ю.М.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма вибіркової навчальної дисципліни «Технологія виробництва електричних машин і апаратів» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Електромеханіка» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Технологія виробництва електричних машин і апаратів» є технологічні процеси виготовлення деталей, вузлів, виготовлення обмоток та загальне складання електричних машин і апаратів.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення курсу «Технологія виробництва електричних машин і апаратів» базується на таких дисциплінах, як «Електротехнічні матеріали», «Електричні машини і апарати», «Основи енергетики та електропостачання». В той же час дисципліна є базою для наступних дисциплін: «Основи проектування електромеханічних систем», «Технологія експлуатації, ремонту та обслуговування електромеханічних систем», «Надійність і діагностика електромеханічних систем».

Програма навчальної дисципліни складається з таких тем:

1. Особливості технології електромашинобудування.
2. Основи проектування технологічних процесів.
3. Механічна обробка деталей.
4. Штампування деталей електричних машин.
5. Виготовлення сердечників магнітопроводів.
6. Виготовлення колекторів і контактних кілець.
7. Загальні питання обмотувально-ізоляційного виробництва.
8. Виготовлення обмоток якорів, роторів і статорів.
9. Виготовлення котушок.
10. Укладання і з'єднання котушок електричних машин.
11. Виготовлення роторів з короткозамкненою обмоткою.
12. Просочення і сушіння обмоток.
13. Контроль і випробування обмоток.
14. Складання електричних машин.
15. Випробування електричних машин.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Технологія виробництва електричних машин і апаратів» є вивчення організації, технологічної підготовки й технологічних процесів виробництва електричних машин і апаратів.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Технологія виробництва електричних машин і апаратів» є отримання та закріплення інформації здобувачами вищої освіти про технологічні процеси, що мають місце при виготовленні і складанні електричних машин та апаратів, їх складових частин, деталей.

1.3. Згідно з освітньо-професійною програмою здобувачі вищої освіти повинні:

знати:

- ☞ загальні питання технології електромашинобудування, принципи побудови технологічних процесів в одиничному та масовому виробництвах;
- ☞ основні поняття про верстати та інше обладнання, що використовується на промислових підприємствах;
- ☞ основні технологічні процеси, що використовуються на сучасних електромашинобудівних підприємствах, які виготовляють електричні машини та апарати;
- ☞ структуру та особливості обмоточно-ізоляційного виробництва;
- ☞ технологічні процеси виготовлення і укладання обмоток, просочування та його контроль;
- ☞ технологію загального складання й випробування електричних машин і апаратів;
- ☞ перспективи розвитку технологій виготовлення електричних машин та апаратів.

вміти:

- ☞ вміти аналізувати переваги і недоліки конструкцій та технологічних рішень у галузі електромашинобудування;
- ☞ проектувати технологічні процеси механічної обробки деталей електричних машин та апаратів;
- ☞ розробляти технологічні процеси виготовлення та складання електричних машин і апаратів та їх вузлів;
- ☞ виконувати розрахунок припусків та технологічних розмірів на механічну обробку;
- ☞ розробляти технологічну документацію на технологічні процеси електромашинобудування;
- ☞ користуватися нормативно-технічною і довідковою літературою.

1.4. Форма підсумкового контролю – залік.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 годин / 4 кредити ECTS.

1.5. Програмні компетентності:

Програмні компетентності, які формуються при вивченні навчальної дисципліни:		
Інтегральна компетентність		Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, авіоніки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій і методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.
Фахові компетентності (ФК)	ФК-5	Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.
	ФК-9	Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.
	ФК-10	Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

2. Короткий опис змісту навчальної дисципліни**Тема № 1. Особливості технології електромашинобудування.**

Характеристика та особливості технології електромашинобудування. Структура електромашинобудівного підприємства. Виробничий і технологічний процеси. Типи виробництва.

Тема № 2. Основи проектування технологічних процесів.

Технологічна підготовка виробництва. Технологічна документація. Припуски на обробку. Основні поняття про базування деталей. Правило шести точок. Технічне нормування.

Тема № 3. Механічна обробка деталей.

Обробка валів. Обробка станин. Обробка підшипникових щитів. Обробка деталей колектора електричних машин постійного струму. Визначення економічної ефективності обраного варіанта механічної обробки.

Тема № 4. Штампування деталей електричних машин.

Характеристика електротехнічної сталі. Розкрій листів. Зусилля різання при вирубці і пробиванні. Типи штампів. Зазори між матрицею і пуансоном. Стійкість штампів. Обладнання, яке застосовується для штампування листів сердечників. Зняття задилок у штампованих деталей. Питання техніки безпеки в штампувальних цехах.

Тема № 5. Виготовлення сердечників магнітопроводів.

Типи сердечників. Відпал листів сердечників. Ізолювання листів сердечників. Орієнтування листів сердечників по шпоночній канавці і шіхтовочному знаку. Шихтовка сердечників роторів, якорів. Пресовка сердечників. Обробка пазів сердечників. Складання сердечників головних полюсів.

Тема № 6. Виготовлення колекторів і контактних кілець.

Типи колекторів і технічні вимоги до них. Виготовлення колекторних пластин. Виготовлення колекторних прокладок. Виготовлення міканітових манжет. Основні операції складання і обробки колекторів. Виготовлення колекторів на пластмасі. Контроль колекторів. Складання контактних кілець.

Тема № 7. Загальні питання обмотувальної-ізоляційного виробництва.

Вироби, виготовлені в обмотувально-ізоляційних цехах, і особливості їх технології. Класи нагрівостійкості електроізоляційних матеріалів. Матеріали, що застосовуються при виготовленні обмоток. Заготівельні роботи.

Тема № 8. Виготовлення обмоток якорів, роторів і статорів.

Типи обмоток і область застосування. Виготовлення одновиткових котушок якоря. Виготовлення багатовиткових котушок якоря. Виготовлення шаблонних котушок статора і стрижнів ротора. Намотка всипних котушок.

Тема № 9. Виготовлення котушок.

Типи котушок полюсів. Виготовлення котушок полюсів з круглого і прямокутного ізолюваного дроту. Виготовлення котушок з голого мідного дроту, намотуваного плазом. Виготовлення котушок з голого мідного дроту, намотуваного на ребро. Виготовлення полюсних котушок і котушок якоря з ізоляцією типу «моноліт».

Тема № 10. Укладання і з'єднання котушок електричних машин.

Підготовка сердечника до укладання котушок якоря. Укладання котушок в пази сердечника якоря. Бандажування якоря. Оздоблення якоря. Укладання і з'єднання котушок роторів і статорів. Укладання і з'єднання всипних обмоток статорів і роторів. Укладання і з'єднання стрижневої обмотки ротора.

Тема № 11. Виготовлення роторів з короткозамкнутою обмоткою.

Типи короткозамкнутих обмоток і загальні питання їх виготовлення. Заливка короткозамкнутих роторів алюмінієм. Вплив різних способів заливки на якість коротко-замкнутих роторів. Виготовлення короткозамкнутих роторів з обмоткою з мідних і латунних стрижнів.

Тема № 12. Просочення і сушіння обмоток.

Призначення просочення. Методи просочення. Сушка обмоток. Просочувально-сушильні відділення.

Тема № 13. Контроль і випробування обмоток.

Призначення, стадії контролю та випробування обмоток. Перевірка обмоток на відсутність міжвиткового замикання. Перевірка послідовності фаз статора.

Тема № 14. Складання електричних машин.

Основні визначення. Організаційні форми складання. Балансування роторів (якорів). Монтаж підшипників. Загальне складання електричних машин змінного струму. Загальне складання електричних машин постійного струму. Забарвлення і сушка деталей і складених електричних машин.

Тема № 15. Випробування електричних машин.

Загальні питання. Програма контрольних випробувань електричних машин. Методи випробувань. Перевірка установчо-приєднувальних розмірів.

3. Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна література:

1. Юхимчук В.Д. Технологія виробництва електричних машин: Підручник/ В.Д. Юхимчук – Х.: Тім Пабліш Груп, 2014.
2. Чучман Ю. І. Технологія машинобудування для електромеханіків.: Навч. посібник для студ. електромех. спец. ВНЗ України. - Львів: Вид-во Нац. Ун-ту «Львівська політехніка», 2001.- 356 с.
3. Чучман Ю. І. Виготовлення феромагнітних осердь електротехнічних пристроїв.: Навч. посібник для студ. електромех. спец. ВНЗ України. - Львів: Вид-во Нац. Ун-ту «Львівська політехніка», 2003. - 246 с.

Допоміжна література:

1. Електричні машини: підручник / Б.Т. Кононов, Г.І. Лагутін, О.Б. Котов та ін.; за заг. ред. Б.Т. Кононова. – Харків : ХУПС, 2015. – 493 с.
2. Белікова Л.Я. Електричні машини: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Л.Я. Белікова, В.П. Шевченко. – Одеса : Наука і техніка, 2012. – 478 с.
3. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/tehnologiya-i-oborudovanie-proizvodstva-elektricheskikh-mashin.html>
2. <http://web.kpi.kharkov.ua/elmach/wp-content/uploads/sites/108/2017/04/Tehnologiya-proizvodstva-elektricheskikh-mashin-v-2-h-knigah.YUhimchuk-V.D.-2006.pdf>

4. Засоби оцінювання здобувачів вищої освіти

Питання для підсумкового контролю (заліку):

1. Особливості технології електромашинобудування.
2. Типи виробництва та методи роботи.
3. Структура електромашинобудівного підприємства.
4. Загальні положення ЕСКД.
5. Види виробів ЕСКД.

6. Комплектність конструкторських документів.
7. Стадії розробки конструкторської документації.
8. Позначення виробів і конструкторських документів.
9. Загальні положення ЕСТД.
10. Стадії розробки технологічної документації.
11. Технологічні документи.
12. Правила розробки технологічних процесів.
13. Стандартизація, нормалізація і уніфікація.
14. Проектування засобів технологічного оснащення.
15. Припуски.
16. Допуски і посадки.
17. Допуски на відхилення форми, розташування і шорсткості поверхні.
18. Базування деталей.
19. Читання креслень деталей.
20. Читання складальних креслень.
21. Отримання заготовок методом лиття.
22. Заготовки з металокераміки.
23. Заготовки, одержувані обробкою металів тиском.
24. Зварні заготовки.
25. Зварювання станини машини постійного струму.
26. Зварювання корпусу статора великої електричної машини.
27. Зварювання валів з ребрами.
28. Механічна обробка деталей, загальні відомості.
29. Металорізальні верстати.
30. Технологічне оснащення для механічної обробки деталей.
31. Класифікація та технічні вимоги до валів.
32. Матеріали і заготовки для валів.
33. Основні операції обробки валів.
34. Обробка станин, корпусів і підшипникових щитів.
35. Обробка станини машини постійного струму.
36. Обробка корпусів і статорів асинхронних двигунів.
37. Обробка корпусів на агрегатних верстатах.
38. Обробка підшипникових щитів.
39. Технологія штампування, загальні відомості.
40. Операції листового штампування.
41. Основні елементи штампів.
42. Штампи для листового штампування.
43. Зазори між матрицею і пуансоном.
44. Виконавчі (робочі) розміри пуансона і матриці.
45. Стійкість штампа.
46. Особливості листового штампування неметалічних матеріалів.
47. Вибір штампів і пресів.
48. Устаткування, що застосовується для штампування листів сердечників.

49. Технологія автоматичного штампування на листоштампувальних установках.
50. Технологія штампування листів полюсів.
51. Технологія штампування сегментів великих електричних машин.
52. Розкрій електротехнічної сталі.
53. Розрахунок ділянки для технологічного процесу штампування.
54. Вимоги до магнітопроводів.
55. Порядок технологічних операцій при виготовленні магнітопроводів.
56. Зняття задирок, лакування, термообробка і оксидування листів сердечників.
57. Складання сердечників статора і ротора на оправлення.
58. Складання сердечника якоря (ротора) на вал.
59. Складання і кріплення сердечника статора в корпус.
60. Складання і кріплення сердечників статора із сегментів.
61. Складання і кріплення сердечників статора на шпильках.
62. Складання і кріплення сердечника статора на клинах типу хвоста.
63. Складання і кріплення сердечника якоря (ротора) з сегментів.
64. Складання і кріплення сердечників полюсів.
65. Складання і кріплення полюсів машин постійного струму.
66. Складання і кріплення полюсів роторів синхронних машин.
67. Конструкції колекторів і вимоги, що пред'являються до них.
68. Технологія виготовлення колекторних пластин.
69. Технологія виготовлення колекторних прокладок.
70. Технологія виготовлення ізоляційних манжет і циліндрів колекторів.
71. Технологія складання і опресовування циліндра пластин колекторів.
72. Технологія розточення хвоста колектору.
73. Технологія загального складання колектора.
74. Технологія виготовлення колекторів на пластмасі.
75. Класифікація колекторів на пластмасі.
76. Технологія виготовлення колектора з ручним складанням пакета пластин.
77. Технологія виготовлення колектора на пластмасі з механізованої складанням пакета пластин.
78. Технологія виготовлення колекторів для машин малої потужності.
79. Особливості конструкції контактних кілець
80. Технологія виготовлення контактних кілець способом холодної пресування на втулку.
81. Технологія виготовлення контактних кілець способом гарячого пресування на втулку.
82. Технологія виготовлення контактних кілець на пластмасі.
83. Загальні питання обмотувально-ізоляційного виробництва.
84. Вимоги до обмотувально-ізоляційного виробництва.
85. Види і способи нанесення ізоляції обмоток.

86. Обмотувальні дроти.
87. Мідні шини та стрічки.
88. Установчі дроти.
89. Припої та флюси.
90. Електроізоляційні матеріали.
91. Технологія виготовлення обмоток з круглого дроту.
92. Конструкція ізоляції всипних обмоток.
93. Послідовність технологічних операцій при виготовленні всипних обмоток.
94. Укладання обмоток ручним способом.
95. Укладання одношарових і одно-двошарових обмоток механізованим способом.
96. Укладання обмоток на агрегатних верстатах.
97. Укладання обмоток на автоматичних лініях.
98. Капсулювання обмотки статора.
99. Конструктивні особливості шаблонних обмоток з прямокутного проводу.
100. Виготовлення обмоток для напіввідкритих пазів.
101. Укладання обмоток в напіввідкриті пази сердечників.
102. Конструкції високовольтних шаблонних обмоток.
103. Виготовлення високовольтних котушок з безперервною ізоляцією.
104. Виготовлення високовольтних котушок з гільзової ізоляцією.
105. Випробування електричної міцності ізоляції високовольтних котушок.
106. Укладання високовольтних котушок.
107. Конструктивні особливості стрижневих обмоток.
108. Виготовлення стрижнів статорів турбогенераторів.
109. Укладання стрижневих обмоток в пази статора турбогенератора.
110. Виготовлення стрижнів роторів асинхронних двигунів.
111. Укладання і з'єднання стрижневих обмоток роторів асинхронних двигунів.
112. Виготовлення обмоток якорів з круглого дроту.
113. Технологія виготовлення одновиткових котушок якоря.
114. Технологія виготовлення багатовиткових котушок якоря.
115. Технологія укладання обмоток якорів.
116. Бандажування обмоток.
117. Пайка і зварювання колектора.
118. Оздоблення якоря.
119. Технологія виготовлення обмоток полюсів.
120. Типи обмоток полюсів.
121. Технологія виготовлення котушок полюсів з ізолюваного проводу.
122. Технологія виготовлення котушок полюсів з шинної міді, намотуваним плазом.

123. Технологія виготовлення котушок полюсів з шинної міді, намотуваним на ребро.
124. Технологія виготовлення котушок полюсів гідрогенераторів.
125. Технологія виготовлення котушок компенсаційної обмотки.
126. Класифікація лаків і методи просочення.
127. Сушка обмоточного вузла перед просоченням.
128. Просочення зануренням.
129. Просочення у вакуумі і під тиском.
130. Просочення у вакуумі.
131. Просочення струменевим способом.
132. Контроль якості просочення.
133. Вибір способу просочення.
134. Види контролю та випробування обмоток.
135. Вимірювання активного опору обмоток.
136. Вимірювання опору ізоляції обмоток щодо корпусу машини і між обмотками.
137. Випробування електричної міцності ізоляції обмоток.
138. Випробування міжвиткової ізоляції.
139. Випробування обмоток якорів.
140. Сучасні прилади контролю обмоток електричних машин.
141. Автоматизація технологічних процесів контролю обмоток.
142. Типи короткозамкнених обмоток і особливості технології їх виготовлення.
143. Технологія заливки роторів під високим тиском.
144. Технологія заливки роторів під низьким тиском.
145. Технологія заливки роторів статичним способом.
146. Технологія заливки роторів вібраційним і відцентровим способами.
147. Технологія виготовлення обмотки з алюмінієвих шин.
148. Технологія виготовлення обмотки з мідних і латунних стрижнів.
149. Проектування технологічних процесів складання.
150. Складання рухомих і нерухомих з'єднань машин та апаратів.
151. Обертові з'єднання електричних машин та апаратів.
152. Технологія складання короткозамкнених роторів.
153. Способи кріплення сердечника на валу.
154. Кріплення сердечника на валу пресуванням пластмаси.
155. Кріплення сердечника на валу заливанням алюмінію.
156. Кріплення сердечника на валу обжиманням крайніх листів.
157. Кріплення сердечника на валу посадкою з натягом.
158. Кріплення сердечника на валу шпонкою.
159. Технологія балансування.
160. Технологія складання машин змінного струму.
161. Складання сердечника і корпусу посадкою з натягом.
162. Загальне складання машини змінного струму.
163. Технологія складання машин постійного струму.

164. Випробування електричних машин.
165. Програма приймально-здавальних випробувань.
166. Норми і методи контролю та випробувань.
167. Випробувальні станції та автоматизація процесів контролю.
168. Техніка безпеки при випробуванні електричних машин.
169. Оздоблення деталей, вузлів і складених електричних машин.
170. Консервація електричних машин.
171. Упаковка електричних машин.