МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

**В. С. Блінцов, В. А. Надточій,
А. В. Надточий**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**до виконання курсового проєкту з дисципліни
«Суднові автоматизовані електроприводи
та комплекси руху суден»**

**для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
G3 «Електрична інженерія» та G7 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»**

Рекомендовано Методичною радою НУК

ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА
2025

УДК 629.5:621.3(076)
Б69

Автори:
В. С. Блінцов, доктор технічних наук, професор;
В. А. Надточій, кандидат технічних наук, доцент;
А. В. Надточий, кандидат технічних наук, доцент

Рецензент:
О. М. Дудченко, кандидат технічних наук, професор

Рекомендовано Методичною радою НУК

Блінцов В. С.

Б69 Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з дисципліни «Суднові автоматизовані електроприводи та комплекси руху суден» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти G3 «Електрична інженерія» та G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» / В. С. Блінцов, В. А. Надточій, А. В. Надточий. – Миколаїв : НУК, 2025. – 49 с.

Рекомендації призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання. Розглянуто структуру курсового проєкту, порядок його виконання, розрахунок електрогідравлічного рульового приводу, вибір обладнання, перевірку швидкодії та нагрівання, моделювання й оформлення результатів.

Призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво».

УДК 629.5:621.3(076)

© В. С. Блінцов, В. А. Надточій, А. В. Надточий, 2025
© Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2025

ВСТУП

Дисципліна «Суднові автоматизовані електроприводи та комплекси руху суден» формує знання про електромеханічні системи судна, їхні статичні й динамічні характеристики, засоби автоматизації та взаємодію з комплексами керування рухом. Курсовий проєкт спрямовано на розроблення та перевірку електропривода рульового пристрою.

Рекомендації адресовано здобувачам спеціальностей G3 «Електрична інженерія» за освітньо-професійною програмою «Експлуатація суднових автоматизованих систем» та G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» за освітньо-професійною програмою «Автоматизоване управління судновими енергетичними установками».

Метою дисципліни є формування у здобувачів фахових знань з елементів електромеханічних систем автоматизації та електроприводів і відповідних професійних компетенцій.

Завданням – вивчення здобувачами схем, властивостей, функцій елементів електромеханічних систем автоматизації і електроприводів; статичних та динамічних характеристик з цих елементів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Суднові автоматизовані електроприводи та комплекси руху суден» здобувач повинен отримати загальні та спеціальні (фахові) компетентності:

– абстрактне мислення, аналіз та синтез. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу на основі логічних аргументів та достовірної інформації;

– здатність до навчання. Здатність шляхом самостійного навчання освоїти нові розробки та досягнення в професійній сфері;

– навички комп'ютерного проєктування. Здатність використовувати інформаційні технології для проєктування у предметній галузі;

– використання базових знань. Здатність використовувати поглиблені знання в області електротехніки і електромеханіки у професійній діяльності із застосуванням числових, комп'ютерних, аналітичних та технічних навичок;

– здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях. Здатність розробляти технічні проєкти та технологічні умови у своїй предметній галузі на основі отриманих знань;

– обчислювально-проєктувальні навички. Здатність використовувати інформаційні технології, у тому числі сучасні засоби комп'ютерної графіки у своїй предметній галузі, застосовувати методи математичного аналізу і моделювання, теоретичного та експериментального дослідження.

Очікувані програмні результати навчання.

Здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти повинен **знати**:

– структуру суднових електромеханічних систем та суднових електроприводів;

– подавати цю структуру у вигляді окремих блоків (елементів);

– зв'язок елементів суднових електромеханічних систем та суднових електроприводів з ланками теорії автоматичного керування;

– координати елементів суднових електромеханічних систем та суднових електроприводів та передавальні їх коефіцієнти;

– передавальні функції та характеристики керування;

вміти:

– застосовувати сучасні інформаційні технології, управляти інформацією з використанням прикладних програм,

використовувати мережеві комп'ютерні технології, бази даних і пакети прикладних програм у своїй фаховій області;

– використовувати засоби для вимірювання основних параметрів електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем. Уміння працювати над проєктами технічних засобів силової електроніки в складі енергетичних об'єктів та систем;

– розраховувати елементи автоматизованого електропривода, розраховувати конструкцію та склад елементів АЕП, розраховувати режими роботи та робочі параметри елементів АЕП;

– проєктувати електромеханічні установки з заданими параметрами; проводити підбір електротехнічних компонентів електромеханічних установок, які забезпечують оптимальний режим їх роботи; проводити розрахунок режимів роботи електромеханічних установок на основі галузевих рекомендацій;

– проводити електротехнічні розрахунки якісних та кількісних параметрів електромеханічних систем та електроприводів за допомогою комп'ютерних програм, створювати математичні моделі електромеханічних систем з різними конструктивними та електротехнічними параметрами, проводити моделювання роботи динамічних систем.

Вивчення дисципліни «Суднові автоматизовані електроприводи та комплекси руху суден» завершується виконанням курсового проєкту. Здобувачі другого (магістерського) рівня вищої освіти виконують курсовий проєкт у першому семестрі першого року навчання.

Мета курсового проєкту – отримання практичних навичок проєктування основного суднового електроприводу – рульового пристрою. Курсовий проєкт по судновим електроприводам йде за курсовим проєктом по судновим електричним станціям і дозволяє отримати комплексне уявлення про електрообладнання сучасного судна.

Тематика курсового проєктування тісно пов'язана з електроприводами сучасних суден, на яких здобувачі вищої освіти (студенти) проходять експлуатаційну практику на судні. При цьому ставиться завдання поліпшення техніко-економічних показників електроприводів, що знаходяться в експлуатації, модернізація систем управління, перехід до більш сучасним системам електроприводу. Ці ж питання вирішуються при курсовому проєктуванні з дисципліни «Суднові автоматизовані електроприводи та комплекси руху суден» по суднових електроприводах.

1. СУТНІСТЬ І СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Курсовий проєкт є самостійною роботою і комплексним завданням, у ході виконання набуваються, закріплюються, поглиблюються та узагальнюються теоретичні знання з дисципліни «Суднові автоматизовані електроприводи та комплекси руху суден», а також розвиваються навички їхнього практичного застосування для самостійного та комплексного розв'язання конкретних фахових завдань.

Виконання курсового проєкту з дисципліни «Суднові автоматизовані електроприводи та комплекси руху суден» має на меті:

а) залучення здобувачів вищої освіти до практичної професійної діяльності, виховання відповідальності за результати інженерно-технічної або дослідницької роботи, а також розвиток умінь і навичок творчої праці;

б) закріплення, поглиблення й узагальнення здобутих знань, а також їх застосування для комплексного вирішення конкретних інженерних, теоретичних або інших практичних завдань;

в) формування навичок постановки наукових експериментів, проведенні розрахунків, роботи з довідковою літературою, а також оформлення звітної і проєктної документації відповідно до вимог чинних стандартів.

Креслення є графічним відображенням інженерної розробки і мають чітко та зрозуміло виражати технічну думку автора роботи.

Пояснювальна записка містить обґрунтування розглянутого устаткування, опис його конструкції, принципу

роботи та методу візуалізації досліджуваного об'єкта, виконані на основі техніко-економічного аналізу та проведених розрахунків.

Курсові проєкти за своєю структурою можуть складатися з кількох частин залежно від характеру проведеної роботи та змісту навчальної дисципліни. Незалежно від цього, в них має бути відображене наступне:

а) обґрунтування актуальності вибраної теми і досліджуваних питань;

б) аналіз стану вирішення в науці та на практиці питань, які вивчаються;

в) формулювання вихідних положень, гіпотез і завдань дослідження або практичної роботи, що проводиться;

г) методика та зміст дослідження;

д) аналіз отриманих результатів;

є) формулювання висновків і рекомендацій.

До роботи можуть також висуватися специфічні вимоги, зумовлені її характером.

У курсових проєктах, виконаних на основі експерименту, повинно бути вказано:

а) мета експерименту;

б) його зміст і методика;

в) умови, в яких проводилися досліди;

г) кількість досліджуваних об'єктів, поставлених дослідів (або їх тривалість);

д) способи фіксації вимірювань або методика визначення яких-небудь кількісних показників;

є) ступінь точності виконаних вимірювань або обґрунтування достовірності кількісних характеристик;

ж) методика обробки даних з вказівкою погрішності отриманих результатів.

Якщо в ході експерименту були виявлені нові ефекти або явища, то по цим ефектам та явищам може бути поставлено завдання подальшого їх дослідження.

Кількісний матеріал повинен бути представлений у вигляді таблиць, графіків, діаграм з вказівкою розмірностей вимірюваних величин і способів їх вираження (у числах, градусах, відсотках тощо).

Найбільш цінними є реальні (що реалізовуються) роботи, тобто такі, які відповідають сучасним науково-технічним вимогам та використовуються чи можуть бути використані на практиці.

Курсовий проєкт повинен мати таку структуру:

- титульний аркуш;
- реферат;
- зміст;
- вступ;
- основна частина курсового проєкту:
  - перший (теоретичний) розділ;
  - другий (розрахунковий) розділ;
- висновки (до першого і другого розділу окремо);
- список використаних джерел;
- додатки.
- графічна частина курсового проєкту

Титульний аркуш виготовляється друкарським способом і оформлюється за встановленим зразком (додаток).

Анотація – це один із видів скороченої форми подання наукового тексту. Її призначення – привернути увагу читача та викликати його інтерес, лаконічно розкривши суть дослідження за допомогою мінімальної кількості мовних засобів. Основними вимогами до структури та змісту анотації є інформативність та змістовність. Вона повинна мати лаконічну, конкретну форму, але при цьому давати містку характеристику виданню без побічної інформації. Анотацію необхідно оформлювати згідно зі зразком.

Зміст курсового проєкту має займати одну сторінку. Він містить назви та номери початкових сторінок вступу, усіх розділів, підрозділів, пунктів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Зміст повинен відображати сутність проблеми,

її складність і логіку дослідження, тому його оформлюють у вигляді розгорнутого плану.

До формулювання заголовків розділів і підрозділів курсового проєкту висуваються такі основні вимоги: стисліcть, чіткість, синтаксична різноманітність у побудові речень із переважанням загальновживаних слів, а також послідовне й точне відображення внутрішньої логіки змісту роботи. Назви розділів і підрозділів мають бути зрозумілими, літературно грамотними та тісно пов'язаними з темою проєкту, але не повинні повторювати її.

У вступі (2–3 сторінки), який починається з нової сторінки, має бути викладено:

- актуальність обраної теми курсового проєкту;
- мету дослідження (відповідно до теми курсового проєкту);
- завдання дослідження (які є складовими мети дослідження та розкриваються в змісті курсового проєкту);
- об'єкт і предмет дослідження;
- методи дослідження;
- інформаційну базу, що містить перелік джерел і матеріалів, на основі яких виконувався курсовий проєкт.

У вступі треба чітко визначити та обґрунтувати свій вибір теми дослідження. Повідомивши, на якому рівні перебуває розробка цієї проблеми, дослідник робить висновки про актуальність свого дослідження.

Актуальність наукового дослідження – це його соціальна значущість, що складається з нової наукової інформації, узагальнення передового досвіду, вирішення нових теоретичних завдань, розкриття методів використання теорії в конкретних умовах діяльності.

Під актуальністю розуміють ступінь його важливості в момент дослідження даної проблеми, завдання або питання. Важливість дослідження полягає в обґрунтуванні позитивного ефекту, який може бути досягнутий у результаті вирішення поставленої наукової або практичної задачі.

Поняття «актуальність» містить корисність і доцільність розгляду чи розробки теми. Обґрунтовуючи актуальність роботи, важливо зазначити зацікавленість багатьох науковців в обраній темі, наявність у ній недосліджених моментів, існування невивченості певних аспектів проблеми чи різноманітності поглядів на неї. Актуальність дослідження може зумовлюватись також поширеністю певного явища, його типовістю і важливістю для банківської діяльності. Актуальність теми визначає її значення як для конкретного суб'єкта господарювання (банківської установи, видавництва, поліграфічного підприємства), так і для економіки в цілому.

Мета курсового проєкту – це кінцевий результат, який планується отримати за допомогою наукового дослідження. Вона має формулюватись максимально лаконічно, але змістовно.

При написанні вступу здобувач повинен чітко усвідомити мету дослідження.

Відповідно до мети дослідження визначають завдання.

Завдання – це частина мети і вони не можуть бути ширшими за саму мету.

Завдання дослідження можуть містити такі елементи:

- вирішення певних теоретичних питань, які входять до загальної проблеми дослідження (наприклад, виявлення сутності явищ, процесів, подальше вдосконалення їх вирішення, розробка ознак, рівнів функціонування, критеріїв ефективності, принципів і результатів застосування, тощо);
- всебічне вивчення практики вирішення визначеної проблеми, виявлення її типового стану, вад і труднощів, їх причин, типових особливостей передового досвіду (таке вивчення дозволяє уточнити, перевірити ті дані, які опубліковані в спеціальних неперіодичних і періодичних виданнях, підняти їх на рівень наукових фактів, обґрунтованих у процесі спеціального дослідження);
- обґрунтування необхідної системи заходів щодо вирішення даної проблеми;

- розробка методичних рекомендацій і пропозицій щодо використання результатів дослідження в практиці роботи відповідних установ (організацій).

Завдання курсового проєкту, як правило, визначаються в структурі змісту й характеризують кожен етап дослідження для досягнення кінцевої мети. Сформульовані завдання курсового проєкту можуть бути подані з нумерацією і без неї, але бажано кожне положення подавати з абзацу.

Обов'язковим елементом вступу є формулювання об'єкта і предмета дослідження.

Об'єкт дослідження – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для її вивчення.

Предмет дослідження – це не просто частина об'єкта, а така його частина, через яку можна зрозуміти сутність об'єкта дослідження, розуміння цієї частини збагачує характеристики об'єкта в цілому. Предмет дослідження міститься в межах об'єкта.

Об'єкт і предмет дослідження як категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне і часткове. В об'єкті виділяють ту його частину, яка є предметом дослідження. Саме на нього треба спрямувати основну увагу, оскільки предмет дослідження визначає тему курсового проєкту. Наприклад, об'єкт дослідження – це грузове судно, предмет – механізм рульової машини.

При з'ясуванні об'єкта, предмета і мети дослідження необхідно враховувати, що між ними і темою курсового проєкту існують системні логічні зв'язки. Об'єктом дослідження є вся сукупність відносин різних аспектів теорії та практики науки, яка служить джерелом необхідної інформації. Предмет дослідження – це тільки ті істотні зв'язки, які підлягають безпосередньому вивченню в зазначеній роботі, є головними, такими, що визначають для конкретного дослідження.

Важливим елементом вступу є метод наукового дослідження.

Метод наукового дослідження – це спосіб пізнання об'єктивної дійсності. Спосіб є певною послідовністю дій, прийомів, операцій. Спеціальні методи дослідження використовуються тільки в одній галузі наукового знання або їх застосування обмежується декількома вузькими.

Зібраний емпіричний матеріал потрібно узагальнити і проаналізувати. Для цього застосовуються різні методи зведення, угрупування і статистичного аналізу.

В основній частині курсового проєкту слід викласти необхідні відомості про предмет (об'єкт) дослідження, які є необхідними та достатніми для розкриття сутності обраної теми, висновки і рекомендації з проведеного дослідження. Основна частина курсового проєкту має містити два розділи:

1. Теоретичний розділ курсового проєкту за своєю суттю є загальним та оглядовим. У першому розділі викладають найбільш загальні теоретичні та методологічні аспекти вибраної теми дослідження. Цей розділ є основою та передумовою для розгляду проблемних питань вибраної теми. У ньому необхідно подати визначення використаних у роботі понять і термінів, їх систематизацію і класифікацію, сформулювати проблематику дослідження, критично розглянути різні точки зору щодо досліджуваної теми, розглянути історичний аспект стосовно розвитку поставленої проблеми.

Теоретичний розділ (20–25 сторінок) структурно складається з 2–3 підрозділів. Перший розділ курсового проєкту певною мірою має реферативний характер, тому слід звернути увагу на необхідність посилання на використані джерела інформації.

У кінці першого розділу необхідно сформулювати невеликі за обсягом (до 2 сторінок) **висновки**.

Виконання цього розділу є найвідповідальнішим, оскільки в ньому визначається рівень вирішення досліджуваної проблеми.

2. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

У цьому розділі на основі вихідних даних (довжини, осадки, швидкості судна тощо) проводиться розрахунок геометричних характеристик і гідродинамічний розрахунок керма; визначаються основні параметри електрогідравлічної рульової машини і попередній розрахунок потужності приводного електродвигуна; розрахунок і побудова механічної та електромеханічної характеристик виконавчого електродвигуна; перевірка електропривода на тривалість перекладки; перевірка виконавчого електродвигуна насоса на нагрівання.

У процесі проєктування будується навантажувальна діаграма, вибирається потужність приводного електродвигуна, розраховуються статичні й динамічні характеристики, а також проводиться вибір системи керування електроприводом.

Розрахунковий розділ виконується в одиницях міжнародної системи одиниць СІ.

Розділ закінчується **висновками**.

Список використаних джерел складається з літературних джерел і подається відповідно до чинних бібліографічних стандартів. Список відображає обсяг використаних джерел і ступінь вивченої досліджуваної теми, є візитною карткою автора проєкту, його професійним обличчям, свідчить про рівень оволодіння навичками роботи з науковою літературою. Список повинен містити бібліографічний опис джерел, використаних здобувачем під час роботи.

Додатки до курсового проєкту повинні містити:

- ілюстрації та таблиці допоміжного характеру;

- проміжні матеріали, які через великий обсяг або форму подання не можна внести до основної частини (розрахунки, звітність, інструкції, методики, допоміжні математичні докази, фотографії тощо).

Зміст графічної частини

Графічна частина курсового проєкту складається з трьох схем:

1. Електрична принципова схема управління електроприводом рульового пристрою.
2. Електрична схема підключень.
3. Електрична схема з'єднань.

Усі три схеми виконують на аркушах паперу формату А1 (594 × 841 мм).

Графічну частину виконують відповідно до вимог стандартів систем ЄСКД та ЄСТД.

Примітка: за погодженням з керівником проєкту замість електричних схем підключень і з'єднань може виконуватися електрична об'єднана схема. У цьому випадку обидві схеми розміщують на одному аркуші паперу формату А1 (594 × 841 мм).

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Процес виконання курсового проєкту містить такі етапи:

1. Ознайомлення зі змістом розрахунково-пояснювальної записки, представленої в методичних вказівках у відповідності з варіантом.
2. Складання плану виконання курсового проєкту.
3. Підбір відповідної літератури.
4. Виконання розрахункових завдань з використанням вихідних даних у відповідності до номеру варіанту.
5. Оформлення пояснювальної записки.
6. Написання відповідних висновків.

Виконання курсового проєкту починається з обрання теми, її осмислення й обґрунтування; з переліку тем здобувач вищої освіти обирає ту, яка найбільше відповідає його інтересам.

Кожному здобувачу вищої освіти призначається керівник, який видає індивідуальні завдання відповідно до теми проєкту, контролює хід виконання і проводить консультації. У тих випадках, коли курсові проєкти виконуються за завданням або тематикою конкретного підприємства, наукової установи, керівником може бути працівник відповідної організації; він здійснює керівництво самостійно або спільно з викладачем кафедри.

На підставі індивідуального завдання слід скласти індивідуальний план-графік підготовки курсового проєкту, перерахувавши у ньому все, що повинне бути зроблене для виконання завдання, вказавши терміни. Індивідуальний план затверджується керівником і для здобувача вищої освіти є основним регламентуючим документом при виконанні курсового проєкту.

У всіх випадках, коли з будь-яких причин зривається виконання індивідуального плану або виникають певні труднощі чи неясності, слід одразу ж звертатися до керівника або завідувача відповідної кафедри, не залишаючи питання невирішеними.

При виконанні курсового проєкту практично перевіряються знання, отримані в ході курсового проєктування по дисциплінам: «Електричні машинам», «суднова електроніка» та «Теорія автоматичного управління». Крім того, тематика випускних кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності G3 «Електрична інженерія» за освітньо-професійною програмою «Експлуатація суднових автоматизованих систем», G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» за освітньо-професійною програмою «Автоматизоване управління судновими енергетичними установками» широко охоплює питання, пов'язані з проєктуванням суднових електроприводів.

Підготовлені курсові проєкти мають бути оформлені належним чином. Текстовий матеріал охайно, без виправлень, пишеться від руки або друкується з одного боку стандартного аркуша формату А4. Разом із титульним аркушем, змістом, індивідуальним завданням і списком використаної літератури він має бути зброшурований або переплетений. Креслення, що додаються, схеми, програми для комп'ютера тощо виконуються відповідно до вимог стандартів.

Курсові проєкти здобувачі вищої освіти захищають перед спеціальними комісіями у складі двох-трьох викладачів кафедри за участю керівників, які надають письмові відгуки. При цьому можуть бути присутніми також представники підприємств чи наукових та інших установ, за замовленням або на базі яких виконувався проєкт.

Захист курсового проєкту складається з короткої доповіді (в межах 10 хвилин) і відповідей на питання. У доповіді повинні бути названі прізвище, учені ступінь і звання керівника, тема, аналіз та обґрунтування технічних рішень,

викладено характер проведеного дослідження або розробки і сформульовано висновки. Доповідь прийнято ілюструвати спеціально підготовленими кресленнями, схемами, діаграмами та іншим. Можуть також демонструватися розроблені і виготовлені прилади, механізми та ін. Відповіді даються як на поставлені присутніми питання, так і на критичні зауваження, якщо вони є у відгуку керівника або висловлюються під час захисту.

4. ВИМОГИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Результати захисту оцінюють за стобальною шкалою, яка складається з двох частин: оцінки за виконання курсового проєкту (до 50 балів) та оцінки за сам захист (до 50 балів).

Основними критеріями для винесення оцінки за курсового проєкту є:

– актуальність проблеми в сучасних умовах, складність її розробки;

– повнота використання джерел, вітчизняної та іноземної літератури з розглянутих питань;

– повнота та якість зібраних фактичних даних за об'єктом дослідження;

– творчий характер аналізу й узагальнення фактичних даних на основі сучасних методів і наукових досягнень;

– наукове та практичне значення пропозицій, висновків і рекомендацій, ступінь їхньої обґрунтованості;

– навички лаконічного, чіткого і грамотного викладу матеріалу, оформлення проєкту відповідно до методичних вказівок;

– уміння вести полеміку з теоретичних і практичних питань курсового проєкту, глибина та правильність відповідей на зауваження і запитання.

Оцінка «**відмінно**» (90–100 балів) ставиться, якщо здобувач вищої освіти:

1) показав глибокі теоретичні знання тієї дисципліни, з якої виконаний курсовий проєкт;

2) оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, творчо осмислювати, формулювати висновки;

3) дає свої пропозиції та рекомендації з предмету дослідження;

4) виконав роботу вміло літературною українською мовою;

5) оформив роботу у відповідності до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін;

6) на захисті продемонстрував глибокі знання теми дослідження, твердо та впевнено відповів на запитання членів комісії.

Оцінка «**добре**» (74–89 балів) ставиться, якщо здобувач вищої освіти:

1) показав досить високі теоретичні знання дисципліни, з якої виконана курсова робота;

2) оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, але не завжди критично ставиться до використаних джерел та літератури;

3) дає свої пропозиції і рекомендації з предмету дослідження, однак відчуває труднощі щодо їх обґрунтування;

4) виконав роботу вміло літературною українською мовою, але допустив нечисленні граматичні та стилістичні помилки;

5) оформив роботу у відповідності до вимог і подав її до захисту у визначений кафедрою термін;

6) на захисті продемонстрував добрі знання з теми дослідження, відповів на запитання членів комісії.

Оцінка «**задовільно**» (60–73 бали) ставиться, якщо здобувач вищої освіти:

1) показав достатні теоретичні знання з тієї дисципліни (дисциплін), з якої виконується дана робота;

2) в основному оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх,

формулювати висновки, однак допускає в роботі порушення принципів логічного та послідовного викладу матеріалу, мають місце окремі фактичні помилки та неточності;

3) не може сформулювати пропозиції та рекомендації з теми дослідження, або обґрунтувати їх;

4) допускає помилки в оформленні проєкту та її науково-довідкового апарату;

5) допускає численні граматичні та стилістичні помилки;

6) на захисті продемонстрував задовільні знання з теми дослідження, але не зумів впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії.

Оцінка «**незадовільно**» (1–59 балів) ставиться в тому разі, якщо на захисті здобувач вищої освіти проявив повне незнання досліджуваної проблеми, не зумів задовільно відповісти на поставлені питання, що свідчить про несамостійне виконання курсового проєкту.

Загальне оцінювання знань здобувачів вищої освіти і виконаних ними наукових робіт здійснюється за кредитно-трансферною системою, згідно якої максимальний рейтинг кожного здобувача вищої освіти складається з оцінювання в балах за всіма критеріями, що виставляються під час захисту і переводиться в оцінку за такими критеріями за схемою нарахування рейтингу:

Таблиця 1 – Оцінка ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	**Оцінка ECTS**	**Оцінка за національною шкалою**	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	**для заліку**
1	2	3	4
90–100	**A**	відмінно	зараховано
82–89	**B**	добре	
74–81	**C**		

Продовження таблиці 1

1	2	3	4
64–73	**D**	задовільно	
60–63	**E**		
35–59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	**F**	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

5. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА РУЛЬОВОГО ПРИСТРОЮ

5.1. Основні відомості про рульовий пристрій

Рульовий пристрій – один із найважливіших на судні. Його вихід із ладу призводить до втрати керованості, а іноді й до загибелі судна. Безаварійна робота рульового пристрою багато в чому залежить від надійності рульового приводу, до якого висувають суворі вимоги.

Згідно з Правилами Регістру судновий рульовий електропривод повинен забезпечувати:

– перекладку керма з борта на борт (від -35 (+35)° до +30 (-30)°) на повному передньому ходу судна за час, який не перевищує 28 с;

– безперервну роботу в зазначеному режимі протягом 0,5 год;

– тривалу роботу під час ходу судна заданим курсом у режимі не менше ніж 350 перекладань за годину;

– зміну обертального моменту електродвигуна в межах від 0 до 2 Мн;

– стоянку двигуна під струмом (у режимі короткого замикання) протягом 1 хвилини в нагрітому стані.

Сьогодні найбільшого поширення набули електрогідравлічні передачі. Зростання водотоннажності та швидкості суден комерційного флоту призводить до збільшення моменту на балері керма. Електромеханічні передачі при цьому стають громіздкими і малонадійними, і тому на споруджуваних суднах застосовуються електрогідравлічні передачі, що мають

такі переваги, як можливість передачі значно більших моментів і більш високий ККД. Крім того, ці передачі більш компактні і надійно працюють при затопленні.

Сучасні судна в залежності від їхніх розмірів і призначення комплектуються гідравлічними кермовими машинами типізованого ряду Р.

5.2. Розрахунок геометричних характеристик і гідродинамічний розрахунок керма

Для забезпечення керованості судна перо керма має мати певну площу, яку можна обчислити за формулою:

$$S_p = \mu L T, \text{ м}^2, \tag{1}$$

де L – довжина судна між перпендикулярами, м;
T – осад судна, м;
μ – коефіцієнт, що залежить від типу судна:
– для суден далекого плавання – 0,0166...0,025;
– для суден каботажного плавання і морських буксирів – 0,02...0,0335.

Висота пера керма вибирається відповідно до теоретичного креслення судна й орієнтовно може бути розрахована за формулою:

$$h = \frac{T - 0,25}{1,25}, \text{ м.} \tag{2}$$

Ширина пера керма

$$b = \frac{S_p}{h}, \text{ м.} \tag{3}$$

Відносний розмах керма

$$\lambda = \frac{h}{b} \text{ зазвичай } \lambda = 1{,}5 \div 2{,}5 .$$

Площа балансирної частини керма

$$S_x = kS_p \text{, м}^2. \tag{4}$$

де $k = \frac{S_x}{S_p}$ – коефіцієнт компенсації для керма балансирного і напівбалансирного типів. Значення коефіцієнта компенсації лежить у межах $0{,}15 < k < 0{,}35$.

Для профільного керма прямокутної форми величина нормальної сили тиску води на кермо виражається формулою:

$$P_\alpha = C_N \frac{\rho V^2}{2} S_p \text{, Н}, \tag{5}$$

де C_N – безрозмірний коефіцієнт нормальної сили, що визначається за графіками на рис. 1. (див. додаток) залежно від значення відносного подовження пера керма і кута перекладки;

$\rho = 1025$ кг/м^3 – щільність морської води;

V – швидкість руху судна, м/с, ($V_{\text{м/с}} = 0{,}447 \cdot V_{\text{вуз}}$).

За формулою (1.5) знаходяться моменти у функції кута для простого керма, задаючись кутом α від 0° до 35° з градацією кута α = 5°.

Для балансирного керма гідродинамічний момент на балері визначається, задаючись кутом α від 0° до 35° з градацією кута α = 5° за формулою:

$$M_б = C_M \frac{\rho V^2}{2} S_p b - p_\alpha X \text{, Нм}, \tag{6}$$

де C_M – безрозмірний коефіцієнт моменту визначається за графіками на рис. 1 (див. додаток).

Результати розрахунків за формулами (1.5), (1.6) оформлюють у таблицю 2. За даними таблиці 1 будують залежності $P_\alpha = f(\alpha)$ і $M_б = f(\alpha)$.

Таблиця 2 – Результати розрахунків сили тиску води на кермо та гідродинамічного моменту на балері з градацією кута $\alpha = 5°$

α	P_α	$M_б$
0		
5		
10		
15		
20		
25		
30		
35		

5.3. Визначення основних параметрів електрогідравлічної рульової машини і попередній розрахунок потужності приводного електродвигуна

Вихідними даними до розрахунку є: заданий час перекладки керма з борту на борт Т; максимальний момент на балері M_δ^{max}; залежність $M_б = f(\alpha)$.

На першому етапі здійснюється вибір стандартної рульової машини за найбільшим обертальним моментом на балері на передньому ходу при $\alpha = 35°$. Для цього використовують таблицю «Основні технічні характеристики рульових гідравлічних машин типізованого ряду «$P_{01} – P_{22}$» [1].

Виписати тип і основні технічні дані рульової машини.

Визначаємо діаметр циліндрів рульової машини:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi p}\frac{1{,}27M_{б}^{max}}{mR_0}(\cos^2\alpha_{max} + 1{,}5f\sin 2\alpha_{max})}\text{, м,} \qquad (7)$$

де $f = 0{,}1$ – коефіцієнт тертя;

m – число пар циліндрів рульової машини;

p – тиск у циліндрах рульової машини, Па;

$R_0 = 0{,}25 \div 0{,}35$ – радіус румпеля в середньому положенні, м;

M_{δ}^{max} – максимальний момент на балері керма.

Насос чотирициліндрової рульової машини за час перекладки керма з борту на борт повинен спорожнити два циліндри і два заповнити гідравлічним мастилом.

Звідси визначається обсяг мастила, що перекачується:

$$V_{max} = m\frac{\pi D^2}{4}2H_{max}\text{, м}^3\text{,} \qquad (8)$$

де H_{max} – повний хід плунжерів;

$$H_{max} = \text{tg}\left(35^{\circ}\right)\cdot R_0\text{, м.} \qquad (9)$$

Тоді теоретична продуктивність насоса визначається як:

$$Q_r = \frac{V_{max}}{(T - t_0)\eta_v^{cp}}\text{, м}^3\text{/с,} \qquad (10)$$

де t_0 – час напоготові системи до дії, $t_0 = 2 \ldots 3$ с;

η_v^{cp} – середній об'ємний ККД насоса, що враховує зворотний перепуск мастила, $\eta_v^{cp} = 0{,}75...0{,}85$.

Номінальна розрахункова продуктивність насоса визначається як:

$$Q_H = K_Q\frac{Q_T}{K_{CK}}\text{, м}^3\text{/с,} \qquad (11)$$

де K_Q – коефіцієнт, що враховує поступове наростання і зниження продуктивності насоса на початку і в кінці його роботи, K_Q = 1,11…1,25;

K_{CK} – швидкісний коефіцієнт, K_{CK}=1,3÷1,4 (рекомендується зменшувати частоту обертання насоса на 30…40 % для збільшення ресурсу).

Визначається максимальний тиск у циліндрах:

$$P_{\max} = \frac{1,27 M_{б}}{2 V_{\max} \eta_{ср}}, \text{ Н/м}^2, \qquad (12)$$

де $\eta_{ср}$ = 0,8 ÷ 0,85 – середній ККД насосів.

Відповідно до таблиці «Основні технічні характеристики насосів типу ПД» [1], за значеннями $P_{\max}$ і Q_H обирається насос змінної продуктивності. При цьому необхідно забезпечити умови:

$$P_{\max кат} > P_{\max}; \; Q_{T кат} > Q_H .$$

Виписати марку і дані обраного насоса.

Для приводу насоса обирається виконавчий електродвигун (ВД) – трифазний асинхронний з короткозамкнутим ротором, одношвидкісний, тривалого режиму роботи [1].

Номінальна частота обертання електродвигуна обирається відповідно до номінальної частоти обертання насоса з урахуванням прийнятого запасу для підвищення його ресурсу:

$$n_H = (0,7 \div 0,85) n_{H нас}, \text{ об/хв}^{-1}. \qquad (13)$$

Потужність електродвигуна, необхідна для обертання насоса при номінальному тиску $P_{H кат}$ визначається за виразом:

$$P_{ВД} = \frac{Q_H P_{H кат}}{\eta_{мех}}, \text{ Вт}, \qquad (14)$$

де η_{mex} – механічний ККД, що враховує механічні втрати на тертя в обертових частинах насоса, η_{mex} = 0,9...0,95.

Вибрати і виписати дані електродвигуна (асинхронний з короткозамкненим ротором, одношвидкісний, для тривалого режиму роботи).

5.4. Розрахунок і побудова механічної та електромеханічної характеристик виконавчого електродвигуна

Розрахувати номінальне і критичне ковзання за формулами:

$$s_{\text{ном}} = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \tag{15}$$

$$s_{\text{кр}} = s_{\text{ном}}(k_{\max} + \sqrt{k_{\max}{}^2 - 1}), \tag{16}$$

де n_1 – синхронна швидкість обертання поля статора;
n_2 – швидкість (номінальна) обертання ротора;
$k_{\max}$ – кратність максимального моменту.

Задатися кількома значеннями ковзання S від 0 до $S_{кр}$.

Розрахувати значення моментів для даних ковзань за формулами:

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s}}, \text{ Н·м.} \tag{17}$$

Задатися кількома значеннями ковзання S від $S_{кр}$ до 1.

Розрахувати значення моментів для даних ковзань за формулою:

$$M = \sqrt{M_{\text{пуск.}}{}^2 + \frac{0{,}93M_{\max}{}^2 - M_{\text{пуск.}}{}^2}{\left(1 - 1{,}3 \cdot s_{\text{кр}}\right)^2}\left(1 - s\right)^2}, \text{ Н·м.} \tag{18}$$

Розрахувати значення струму холостого ходу двигуна I_0 за формулою:

$$I_0 = I_{\text{ном}} \cdot (\sin\varphi_{\text{ном}} - \left(\frac{s_{\text{ном}}}{s_{\text{кр}}}\right) \cdot \cos\varphi_{\text{ном}}), \text{ А.} \qquad (19)$$

Для значень S і M з формул (1.17) і (1.18) розрахувати значення струмів статора за формулою:

$$I_1 = \sqrt{(I_{\text{ном}}{}^2 - I_0{}^2)\frac{M \cdot s}{M_{\text{ном}} \cdot s_{\text{ном}}} + I_0{}^2}, \text{ А.} \qquad (20)$$

Отримані результати звести в таблицю 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунку характеристик

S	M, Н·м	I_1, А	n_2, хв$^{-1}$
0			
..			
$S_{\text{ном}}$			
..			
$S_{\text{кр}}$			
..			
1			

5.5. Перевірка електроприводу на тривалість перекладки

Так як виконавчий електродвигун вибирається з багатьма припущеннями, використовуючи наближені емпіричні коефіцієнти, то його необхідно перевірити на відповідність дійсним умовам роботи.

Тривалість перекладки керма залежить від фактичної продуктивності насоса, тому зазначена перевірка зводиться до

побудови діаграми дійсної продуктивності, що відповідає куту перекладки $\alpha : Q_Д = f(\alpha)$.

Для цього додатково вводиться наступна величина: $Q_{уст}$ – встановлена продуктивність насоса, яку він забезпечує при номінальній частоті обертання виконавчого електродвигуна ω_H, при заданому куті нахилу люльки (для насосів типу ПД) і без урахування втрат на зворотній перепуск мастила в системі.

Графік $Q_{уст} = f(\alpha)$, при перекладці керма з борту на борт наведено на рис. 2 (див. додаток). За початок відліку прийнято положення керма, повернутого на кут α_{max} в сторону одного з бортів. Поворот штурвала поста управління в напрямку протилежного борту призводить до того, що в міру збільшення нахилу люльки насоса продуктивність прямолінійно зростає до $Q_{уст}$. За цей час кермо встигає повернутися на кут (2…5)°. З поверненням керма в ДП і подальшим його поворотом на кут 35°, починається зменшення продуктивності насоса до нуля.

Для побудови графіка $Q_Д = f(\alpha)$ необхідно попередньо розрахувати:

1. Криву зміни робочого тиску насоса

$$p_p = f(\alpha) : p_p = p_c + p_{тр},\ \text{Н/м}^2, \qquad (21)$$

де $p_{тр}$ – втрати тиску на тертя мастила в трубопроводах,

$$p_{тр} = (0{,}1...0{,}15)P_{Н\,кат},\ \text{Н/м}^2,$$

p_c – величина основного тиску,

$$p_c = \frac{4}{\pi D^2} \cdot \frac{1{,}27M_б}{mR_0}(\cos^2\alpha + 1{,}5\sin 2\alpha),\ \text{Н/м}^2. \qquad (22)$$

Результати розрахунку заносять до таблиці 3. Необхідно відзначити, що негативні моменти на балері в період зворотної перекладки керма та створюваний ними тиск у циліндрах у напрямку перекладки забезпечують природне перетікання мастила з циліндрів одного преса в інший. Насос робочого

тиску не створює. Електродвигун працює в режимі холостого ходу.

Графік $p_p = f(\alpha)$ наведено на рис. 3 (див. додаток).

2. Визначається момент опору на валу виконавчого електродвигуна $M_c = f(\alpha)$:

$$M_c = \frac{Q_{\text{уст}} p_p}{\omega_H \eta_{MEX}}, \text{ Нм}, \tag{23}$$

де для номінального кута нахилу люльки $Q_{\text{уст}}$ приймається рівною $Q_{T\,кат}$ м^3/с;

η_{MEX} – механічний ККД насоса, $\eta_{MEX} \approx 0{,}9$.

3. За механічною характеристикою $\omega = f(M)$ визначають дійсні оберти виконавчого електродвигуна і заносять до таблиці 3.

4. Визначається дійсна продуктивність насоса

$$Q_{\text{Д}} = Q_{\text{УСТ}} \frac{\omega}{\omega_H} \eta_V, \text{ м}^3/\text{с}, \tag{24}$$

де η_V – об'ємний ККД насоса, $\eta_V \approx 0{,}95$.

Дані заносять до таблиці 4. За даними таблиці 3 будують залежність на $Q_{\text{Д}} = f(\alpha)$ рис. 2.

5. Крива $Q_{\text{Д}} = f(\alpha)$ розбивається на зони, де продуктивність насоса незмінна або змінюється прямолінійно. Розрахунок зводиться в таблицю 5. У таблиці 5 прийняті наступні позначення:

H_i – шлях, прохідний плунжерами в межах i-ї зони (рис. 4). Наприклад;

$$H_i = R_0(tg\alpha_0 - tg\alpha_1), \text{ м}, \tag{25}$$

V_i – обсяг мастила, що перекачується в межах i-ї зони:

$$V_i = m\frac{\pi D^2}{4} H_i, \text{ м}^3, \tag{26}$$

Q_{cpi} – середня продуктивність в межах i-ї зони:

– якщо продуктивність у межах зони постійна, то $Q_{cpi} = Q$;

– якщо продуктивність на ділянці лінійно змінюється, то $Q_{cpi} = \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2}$.

Тривалість перекладки керма в межах i-ї зони – t_i:

$$t_i = \frac{V_i}{Q_{cp\,i}}, \text{ с.} \qquad (27)$$

Обраний електропривод відповідає умовам тривалості перекладання керма, якщо сумарний час роботи привода в усіх зонах та час підготовки системи до дії не перевищують допустимого Регістром часу перекладання:

$$\sum T_i = \sum_{i=1}^{n} t_i + t_0 < T_{\text{ДОП}} = 28 .$$

Таблиця 4 – Результати розрахунків для побудови графіка $Q_{\text{Д}} = f(\alpha)$

α	P_p, **Н/м²**	M_c, **Н*м**	**ω, с⁻¹**	$Q_{\text{Д}}$, **м³/с**
-35°				
-30°				
-20°				
-10°				
-5°				
0°				
5°				
10°				
15°				
20°				
25°				
30°				
35°				

Таблиця 5 – Результати розрахунків для визначення двигуна

Зона	Граничні кути	H_i, м	V_i, м^3	$Q_{ср}$, м^3/с	t_i, с
i	-35° – __				
i + 1					
..					
..					
..					
..	__ – 35°				

5.6. Перевірка виконавчого електродвигуна насоса на нагрів

Під час проходження судна, за курсом кермо перекладають на невеликі кути (середній кут перекладки $\alpha_{ср} \approx 5°$). При цьому електродвигун насоса працює в режимі, близькому до холостого ходу. Якщо взяти до уваги також відсутність частих пусків і зупинок ВД, то можна стверджувати, що обраний електродвигун у даному режимі перегріватися не буде. Тому ВД насоса перевіряють на нагрівання тільки в режимі безперервних перекладань керма з борту на борт протягом 0,5 год при повному передньому ході. Вибирається найважчий режим $\alpha_{ср} = \alpha_{max}$. Використовується метод В. І. Полонського. Згідно з цим методом має виконуватися співвідношення:

$$3600\Delta P_H > A_{XX} + mA_{РАБ} = m\int_0^{t_\alpha} \Delta P_{РАБ}dt + (3600 - mt_{\alpha_{ср}})\Delta P_{XX}\,, \quad (28)$$

де ΔP_H – номінальні втрати потужності,
або

$$\Delta P_H = \frac{1-\eta_H}{\eta_H} P_H\,, \text{ Вт}, \quad (29)$$

A_{XX} – втрати енергії ВД за 1 годину холостого ходу

$$A_{XX} = (3600 - mt_{\alpha_{ср}})\Delta P_{XX}, \text{ Дж}, \tag{30}$$

m – число перекладань керма за 1 годину,

$$m = \frac{3600}{\sum T_i},$$

$t_{\alpha_{ср}}$ – тривалість прямого перекладання керма на кут $\alpha_{ср}$, с, (визначається за табл. 4 для кутів, при яких $M\delta > 0$);

ΔP_{XX} – втрати потужності в двигуні при зворотному перекладанні керма (втрати ХХ), Вт:

$$\Delta P_{XX} = \frac{1 - \eta_{XX}}{\eta_{XX}} P_{XX}, \text{ Вт}, \tag{31}$$

де $P_{XX} = (0{,}2 \div 0{,}3)P_H$;

η_{XX} – ККД двигуна на холостому ходу, визначається за рівнянням

$$\eta_{xx} = \frac{1}{1 + (\frac{1}{\eta_н} - 1)\frac{\left(\frac{P_{xx}}{P_н} + \frac{P_н}{P_{xx}}\right)}{2}}. \tag{32}$$

Втрати енергії, які супроводжують корисну роботу за період прямого перекладання керма $A_{раб}$ (для кутів, при яких $M\delta > 0$):

$$A_{раб} = \int_0^{t_\alpha} \Delta P_{раб} dt, \text{ Дж},$$

$\Delta P_{раб}$ – втрати потужності при прямому перекладанні керма, Вт.

Для позитивних кутів визначаємо потужність ВД (табл. 3):

$$P_i = M_{ci}\ \omega_i, \text{ Вт}. \tag{33}$$

Визначаються втрати потужності ВД:

$$\Delta P_i = \frac{1-\eta_i}{\eta_i} P_i, \text{ Вт}, \tag{34}$$

де η_i – ККД при потужності ВД P_i

$$\eta_i = \frac{1}{1+\left(\frac{1}{\eta_н}-1\right)\frac{\left(\frac{P_i}{P_н}+\frac{P_н}{P_i}\right)}{2}}. \tag{35}$$

Результати заносимо в таблицю 6.

Таблиця 6 – Результати розрахунків потужності ВД, втрати потужності ВД, ККД потужності ВД

α	P_i, **Вт**	η_i	ΔP_i, **Вт**
$\alpha_{пач}$			
5°			
10°			
15°			
20°			
25°			
30°			
35°			

Розбиваємо діапазон позитивних кутів на ділянки (таблиця 7) і визначаємо час t_j перекладки на кожній дільниці за таблицею 5.

Таблиця 7 – Вихідні дані для визначення втрати енергії

Зона	**Граничні кути**	t_j, **с**	ΔP_{cpj}, **Вт**	A_j, **Дж**
j	**α** нач – __			
j + 1				
..				
..				
..	__ – 35°			

Визначаємо середні втрати потужності на ділянках:

$$\Delta P_{cpj} = \frac{P_i + P_{i+1}}{2}, \text{ Вт.} \quad (36)$$

Визначаємо середні втрати енергії на ділянках:

$$A_j = \Delta P_{cpj} \cdot t_j, \text{ Дж.} \quad (37)$$

Визначаємо втрати енергії, які супроводжують корисну роботу за один період прямого перекладання керма $A_{\text{роб}}$:

$$A_{роб} = \sum A_j, \text{ Дж.} \quad (38)$$

Підставивши отримані значення в (1.28), зробити висновок про виконання умови перевірки ВД на нагрів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Красношапка Н. Д. Автоматизований електропривод. Розділ 1. Теорія електропривода : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 101 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57270.

2. Теряєв В. І., Желінський М. М. Автоматизований електропривод. Синтез систем підпорядкованого регулювання : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 54 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/73973.

3. Красношапка Н. Д., Теряєв В. І., Пушкар М. В., Сергієнко О. В. Автоматизований електропривод. Лабораторний практикум : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 188 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65803.

4. Тукалов І. О., Кунченко Т. Ю. Елементи автоматизованого електропривода. Ч. 2. Елементи керуючої частини електроприводів : навч.-метод. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2023. 124 с. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/74184.

5. Kutovyi Yu. M., Kunchenko T. Yu., Obruch I. V. Electric drive : study guide. Kharkiv : NTU «KhPI», 2024. 112 p. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/81785.

6. Hughes A., Drury B. Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications. 5th ed. Newnes, 2019. ISBN 978-0-08-102615-1. DOI: https://doi.org/10.1016/C2017-0-03226-3.

7. Fossen T. I. Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control. 2nd ed. Wiley, 2021. ISBN 978-1-119-57505-4. DOI: https://doi.org/10.1002/9781119575016.

8. Molland A. F., Turnock S. R., Hudson D. A. Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power. 2nd ed. Cambridge University Press, 2017. DOI: https://doi.org/10.1017/9781316494196.

9. Quang N. P., Dittrich J.-A. Vector Control of Three-Phase AC Machines: System Development in the Practice. 2nd ed. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2015. XIX, 364 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-46915-6.

10. IEC 60092-501:2025. Electrical installations in ships – Part 501: Special features – Electric propulsion plant. Ed. 6.0. Geneva : IEC, 2025. URL: https://webstore.iec.ch/en/publication/92837.

11. IEC 60092-504:2016. Electrical installations in ships – Part 504: Automation, control and instrumentation. Geneva : IEC, 2016. URL: https://webstore.iec.ch/en/publication/25904.

12. International Maritime Organization. Survey Guidelines under the Harmonized System of Survey and Certification (HSSC), 2021 : Resolution A.1156(32), adopted on 15 December 2021. London : IMO, 2021. Annex, item 5.1.3.36. Вимоги SOLAS II-1/29 до рульового пристрою.

ДОДАТОК

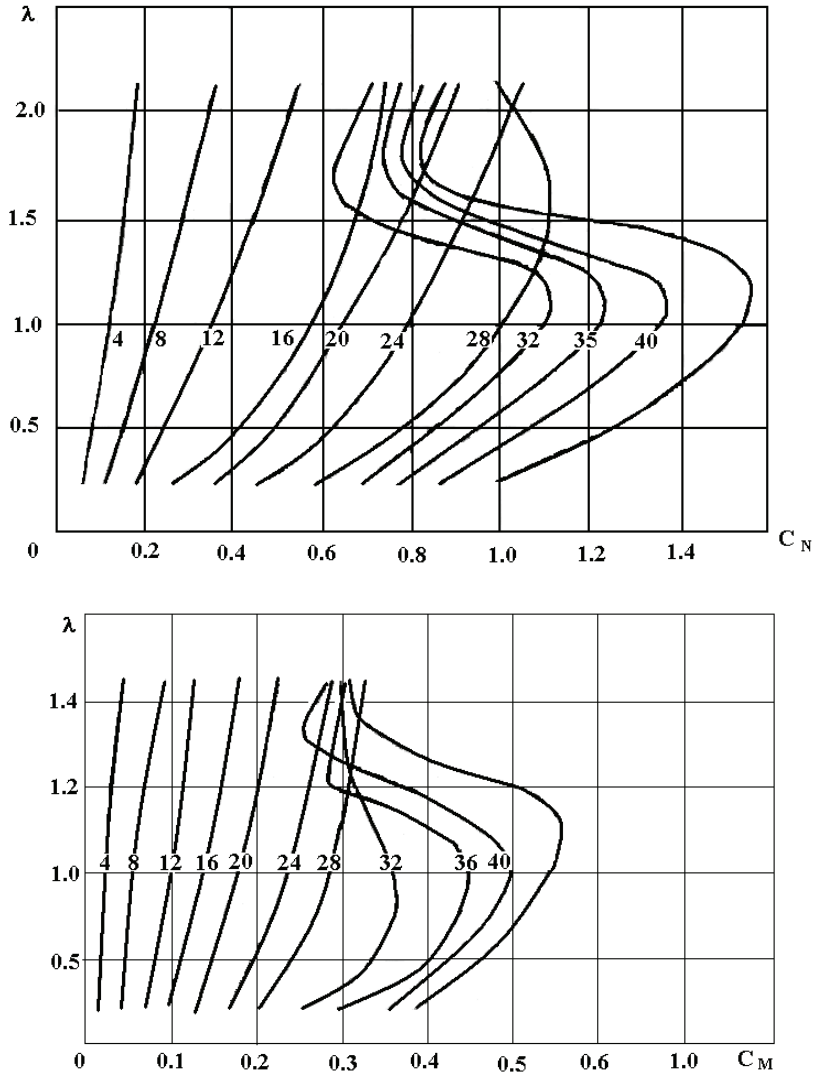


Рисунок 1 – Гідродинамічні характеристики керма обтічних профілю (δ_{OT} = 20 %) для переднього ходу судна

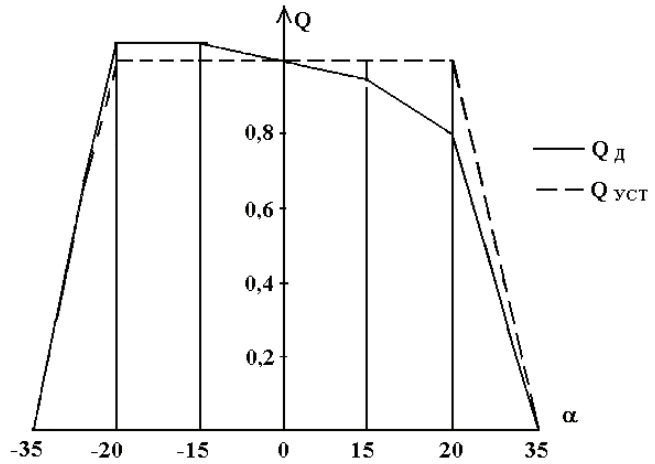


Рисунок 2 – Діаграма встановленої $Q_{УСТ}$ і дійсної $Q_Д$ продуктивності насоса змінної продуктивності

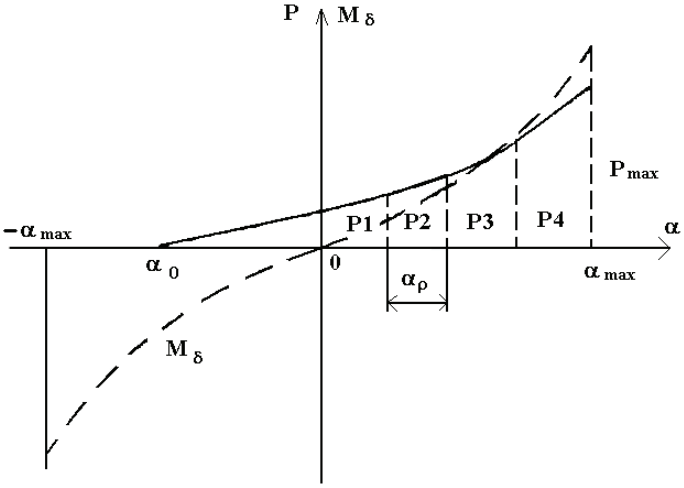


Рисунок 3 – Середнє робочого тиску насоса звичайного керма

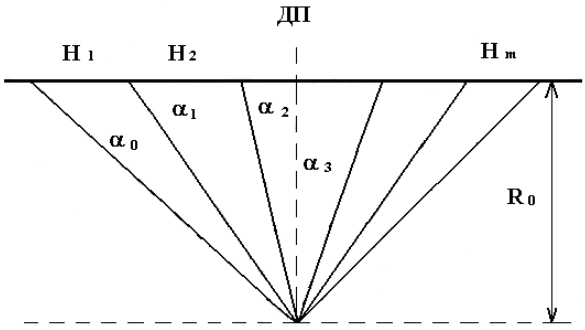


Рисунок 4 – Шлях балера під час перекладання керма

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Енерготехнічний факультет
Кафедра автоматики та електроустаткування

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ
з дисципліни «Суднові автоматизовані електроприводи та комплекси руху суден»

на тему: «Розрахунок автоматизованого електроприводу якірно-швартовного пристрою»

Виконав: здобувач __ курсу, групи _____
спеціальність G3 «Електрична інженерія»
(шифр і назва спеціальності)
_____
(прізвище та ініціали)
Керівник _____.
(прізвище та ініціали)
Національна шкала _____
Кількість балів____Оцінка: ECST_____

Члени комісії _____
(прізвище та ініціали)
_____
(прізвище та ініціали)
_____
(прізвище та ініціали)

Херсон 2025

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Факультет _____
Кафедра _____
Спеціальність _____
Дисципліна _____
Курс _____ Група _____ Семестр _____

ЗАВДАННЯ

на курсовий проєкт здобувача

_____

1. Тема проєкту (роботи) _____
_____
_____

2. Строк здачі здобувачом закінченого проєкту (роботи)
_____

3. Вихідні дані до роботи _____
_____
_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці) _____
_____
_____
_____
_____
_____

_____

_____

_____

5. Перелік графічного матеріалу (із вказівкою обов'язкових креслень) _____

_____

_____

_____

_____

_____

6. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Найменування етапів курсової роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Здобувач _____

Керівник _____

« ___ » _____ 2025 р.

Варіанти вихідних даних для індивідуальних завдань курсового проєкту

№	Довжина	Осадка	Швидкість
	***L*, м**	***T*, м**	***V*, вуз**
1	75	5,8	14,5
2	85	6,1	14
3	90	5,5	13,7
4	100	6,5	13,5
5	110	7	15
6	120	6,7	16
7	130	7,2	15,5
8	140	5,9	16,5
9	150	6,3	15
10	160	6,5	15,5
11	175	6,7	16
12	185	6,8	14
13	195	7,4	13
14	205	8,5	13,7
15	215	9	14
16	225	10	14
17	235	10.5	15
18	50	4	9
19	60	4,5	10
20	80	5	9
21	95	5,5	11
22	105	6	10
23	115	6,5	12
24	125	7	13
25	135	7,5	13

ЗМІСТ

Вступ.....3

1. Сутність і структура курсового проєкту.....7

2. Розрахунковий розділ курсового проєкту 14

3. Порядок виконання курсового проєкту.....16

4. Вимоги та критерії оцінювання курсового проєкту.....19

5. Методика розрахунку електропривода рульового пристрою.....23

5.1. Основні відомості про рульовий пристрій.....23

5.2. Розрахунок геометричних характеристик і гідродинамічний розрахунок керма.....24

5.3. Визначення основних параметрів електрогідравлічної рульової машини і попередній розрахунок потужності приводного електродвигуна.....26

5.4. Розрахунок і побудова механічної та електромеханічної характеристик виконавчого електродвигуна.....29

5.5. Перевірка електроприводу на тривалість перекладки.....30

5.6. Перевірка виконавчого електродвигуна насоса на нагрів.....34

Список літератури.....38

Додаток.....40

Навчальне видання

БЛІНЦОВ Володимир Степанович
НАДТОЧІЙ Віктор Анатолійович
НАДТОЧИЙ Анатолій Вікторович

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсового проєкту з дисципліни «Суднові автоматизовані електроприводи та комплекси руху суден»

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти G3 «Електрична інженерія» та G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Комп'ютерне верстання *Н. М. Ковальчук*
Коректор *О. Є. Вакула*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 2,85. Вид. № 57. Зам. № 2910-98.
Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007
E-mail : publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.