

ВІДГУК

офіційного опонента

ПЛЮГІНА ВЛАДИСЛАВА ЄВГЕНОВИЧА

на дисертаційну роботу *Шевченко Валентини Володимирівни*

**«Науково-технічні засади підтримки конкурентоспроможності
турбогенераторів і забезпечення їхньої ефективної роботи
при тривалій експлуатації»,**

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.09.01 - електричні машини і апарати

Дисертаційна робота виконана в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 6 додатків. Повний обсяг роботи складає 409 сторінок, у тому числі 282 сторінки основної частини. Зміст дисертації повністю відповідає паспорту спеціальності 05.09.01 – Електричні машини і апарати. Оформлення дисертації якісне, логіка побудови і структура роботи є достатньо чіткими, викладення матеріалу з точки зору загальної і науково-технічної мови також добрий. Список використаних джерел (317 найменувань) достатньо повний щодо вітчизняних та закордонних публікацій за темою роботи.

Зміст автореферату повністю відповідає дисертації, дає достатнє уявлення про її структуру, нові наукові результати і їхнє практичне значення, про суть проведених досліджень, розробок та зроблених висновків.

1. Актуальність теми дисертації і мета і завдання роботи

Необхідність проведення робіт по оцінці перспективності використання і вдосконалення вітчизняних турбогенераторів викликана особливостями сучасного періоду, появою в загальній енергосистемі України нових типів електроенергетичних джерел: отримання енергії від поновлюваних джерел енергії, розвиток газотурбінних електростанцій і електростанцій, що працюють на газах металургійних виробництв, - які користуються активною державною підтримкою.

Відповідно до положень «Енергетичної стратегії України на період до 2035 р.» важливим завданням забезпечення безпеки електроенергетичних систем України є підвищення техніко-економічних характеристик ТЕС і АЕС.

Для цього необхідно забезпечити вдосконалення техніко-економічних характеристик основного електрогенеруючого обладнання станцій – турбогенераторів: розширення їх допустимого діапазону експлуатації, підвищення надійності на етапі створення за рахунок вдосконалення технологій виготовлення, використання нових матеріалів і конструкційних рішень, а під час експлуатації – використанням сучасні прийоми монтажу, обслуговування, ремонтів і контролю стану.

У зв'язку з цим важливим науково-прикладним напрямком вдосконалення турбогенераторів є втілення сучасних прийомів проектування і дослідження для нових турбогенераторів, вибору напрямків модернізації, програм обслуговування та виконання ремонтів для турбогенераторів, що довгий час знаходяться в експлуатації.

Для цього необхідно, по-перше, визначати перспективні напрямки розвитку електроенергетики для підтвердження перспективності дослідження турбогенераторів і, по-друге, встановлення напрямків вдосконалення турбогенераторів з ціллю забезпечення максимально високих потужностей в одиниці виконання, забезпечення статичної та динамічної стійкості, допустимих теплових режимів за рахунок вибору сучасних систем охолодження і більш досконалих активних, конструкційних, ізоляційних матеріалів. Підтвердженням правильності вибору напрямків розвитку вітчизняного турбогенераторобудування і результатом роботи по їх вдосконаленню слід вважати підвищення їх енергоефективності і забезпечення конкурентоспроможності на світовому ринку. Додаткові дослідження необхідні для визначення особливостей експлуатації та обслуговування турбогенераторів, які працюють над встановленим заводом-виробником термін.

Всі ці задачі знайшли відображення і знайшли вирішення в представленій дисертаційній роботі, що визначає її актуальність і перспективність для подальших наукових досліджень. Відповідно виправдані та актуальні тема та мета дисертаційної роботи, які спрямовані на розвиток наукових основ проектування турбогенераторів, обслуговування і модернізації турбогенераторів, що працюють понад терміном, встановленим заводом-виробником.

Важливо, що виконана робота пов'язана з тематичними планами науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України, планами науково-дослідних робіт Національного технічного університету «ХПІ», які пройшли державну реєстрацію: ДР № 011Ш002269 «Розвиток теорії і методів проектування на основі чисельно-польових методів для вдосконалення існуючих і створення нових електричних машин»; ДР № 011312000433 «Розробка науково-методичних основ вдосконалення турбогенераторів для підвищення їх технічного рівня і надійності в умовах електроенергетичних систем»; ДР № 011512000528 «Розвиток теорії та науково-методичних основ для створення і модернізації турбогенераторів, що задовольняють сучасним вимогам електроенергетичної системи України», в яких Шевченко В.В. була співвиконавцем; ДР № 011612000877 «Розвиток теорії та науково-методичних основ щодо удосконалення високовикористованих електричних машин», в якій вона була відповідальним виконавцем.

2. Достовірність результатів досліджень підтверджені експериментальними даними, зібраними під час виконання ремонтних робіт і сервісного обслуговування ТГ на блоках теплових та атомних електростанцій України, Росії та інших країн; забезпечується використанням положень теорії електричних машин і електромагнітний полів, ТОЕ, теорії теплообміну і опору матеріалів; використанням необхідного і достатнього математичного апарату і прийомів моделювання, відповідністю математи-

чних моделей фізичній суті розглянутих процесів. Вибір рішень здійснювався з використанням варіантного проектування конструкцій ТГ, запропонованих в методах зниження ваги електричних машин Муценека К.Я. і зниження маси конструкцій Журавльова В.Н., з використанням геометричне моделювання. Це дозволило аналізувати різні по конструкції і потужності турбогенератори за єдиним алгоритмом з урахуванням особливостей конструкції і зміну навантажень.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Шевченко В.В. достатня, базується на аналізі літературних джерел вітчизняних та закордонних вчених та на аналізі фактів, отриманих з інших джерел. Обґрунтованість висновків і рекомендацій підтверджується встановленою метою і постановкою задач дослідження, використанням сучасних методів дослідження, в зіставленні і критичному аналізі отриманих результатів, в якісному формулюванні отриманих висновків.

4. До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

1) всі дослідження в роботі щодо визначення перспективних напрямків розвитку турбогенераторобудування базуються на зв'язку між турбогенератором і електроенергетичної системи, з врахуванням перспективного і можливого сценарію розвитку електроенергетики, який був визначений з використанням теорії циклічного розвитку (теорії «довгих хвиль» Кондратьєва М.Д.). З використанням цієї теорії доведено, що дослідження і вдосконалення турбогенераторів перспективне, тому що теплова та атомна енергетика ще тривалий час буде основною і, відповідно, турбогенератори є і залишаться основними джерелами електроенергії;

2) визначені шляхи підтримки конкурентоспроможності вітчизняних турбогенераторів, визначені позиції, в яких визначено відставання від інших світових фірм: відсутність проведення робіт щодо підвищення потужності нових турбогенераторів та впровадження повітряного охолодження замість водневого, більша питома вага і габарити вітчизняних машин. Практичний інтерес має складена структурно-логічна схема виконання робіт для підтримки науково-технічної конкурентоспроможності вітчизняних ТГ з урахуванням технічного рівня заводу - виробника. Важливим є те, що при цьому враховувались можливості супутніх з електромашинобудівною галуззю;

3) для турбогенераторів, що значний час в експлуатації, визначені особливості обслуговування, проведення ремонтів, можливості проводити під час модернізації підвищення потужності без зміни установчих та приєднувальних розмірів. Визначена необхідність враховувати технічний стан турбогенераторів під час встановлення їх черговості включення в енергомережу, вказана можливість підтримки параметрів енергосистеми тільки турбогенераторами, що встановлені на ТЕС;

4) запропоноване використовувати загальний і частковий коефіцієнти технологічної оснащеності виробництва для порівняння технічного рівню вітчизняного підприємства турбогенераторобудування з підприємствами інших країн. Вперше для визначення дієвості запропонованих технічних рішень щодо зниження питомої маси турбогенератора запропоноване використовувати значення динаміки приросту комплексного показника уніфікації. Для турбогенераторів, в яких можливе повітряне охолодження, розраховано цей показник та об'ємний показник уніфікації, обрані кращі рішення;

5) з урахуванням даних світових фірм, в роботі запропоноване при визначенні питомої маси не враховувати елементи, що використовують тільки для транспортування, виконане дослідження елементів неактивній зони турбогенератора (корпус, внутрішній і зовнішній щити, лапи, натискні фланці, охолоджувачі, приставні короби) з ціллю зменшення їхньої ваги. Для них запропоновані і розрахунками підтверджені конструкційні зміни. Новим і важливим є підтвердження можливості підвищення потужності турбогенераторів без зміни габаритів; встановлено, що один великий турбогенератор має в $\sqrt[4]{m}$ менші масу, вартість і втрати, ніж m менших турбогенераторів, що мають сумарну потужність як один великий;

6) виконане детальне дослідження можливості заміни водню в об'ємі турбогенераторів потужністю 200-300 МВт на повітря. Визначені можливі і необхідні зміни конструкції «повітряних» турбогенераторів, компонування та підвищення ефективності повітроохолоджувачів. Всі рішення підтверджувались механічними розрахунками охолоджувача з врахуванням дії на них різних навантажень. Науковий і практичний інтерес мають розрахунки розподілу температури по теплообмінній поверхні трубок охолоджувача та інтенсивності тепловідведення залежно від кількості трубок, їхнього виду, компонування та кількості ходів. Особливо слід відмітити складені рекомендації щодо здійснення ремонту системи охолодження турбогенератора;

7) для турбогенераторів, що довгий час в експлуатації і потребують встановлення додаткових датчиків контролю стану, аргументоване вибраний найбільш інформативний показник – вібрація, що дозволяє скоротити кількість каналів контролю. Таке рішення підвищує їх надійність, зменшує навантаження на операторів енергоблоків;

8) проведено детальний аналіз причин зниження опресування осердя, впливу цього явища на характеристики турбогенератора. Новим є запропонований розрахунок додаткових зусиль, що діють в аксіальному напрямку між листами шихтованого осердя турбогенератора і можуть стати причиною зниження пресування («розпушування») як крайніх, так і центральних пакетів осердя статора;

9) новим є виконані дослідження впливу людського фактору на надійність роботи турбогенераторів. Практичний інтерес має запропоноване розширення програми професійної підготовки та перепідготовки персоналу станцій, визначення причин уходу кваліфікованих робітників із атомної галузі.

5. Практичне значення отриманих в роботі результатів:

1. Обґрунтовано підтверджена перспективність дослідження турбогенераторів, як основних джерел електроенергії натеper і достатньо довго в майбутньому, що може стати аргументом для звернення за державною підтримкою підприємств, що зв'язані з турбогенераторобудуванням.

2. Запропоновано вважати критерієм, що визначає черговість включення турбогенераторів різних станцій в мережу, реальний стан машини; відмовитись від використання графіка планово-попереджувальних ремонтів і виконувати ремонти згідно оцінки стану турбогенератора; використовувати для підтримки балансу активної та реактивної потужності в мережі турбогенератори ТЕС і не використовувати для цього турбогенератори атомних станцій. Вказано, що перспективним для вирішення цієї задачі є встановлення на станціях асинхронізованих турбогенераторів паралельно з синхронними турбогенераторами.

3. Встановлено, що загальний коефіцієнт технологічної оснащеності виробництва можна вважати показником визначення технічного рівня заводу-виробника.

4. Для кожного діапазону потужності запропоновані нові технічні і технологічні рішення по створенню нових і модернізації існуючих турбогенераторів, вказані допустимі межі зміни їх масогабаритних і теплових параметрів, запропоновано використовувати стандартні профілі, нові матеріали, зміни конструкції турбогенераторів під час переходу к повітряному охолодженню внутрішнього об'єму турбогенераторів. Запропонована методика розрахунку механічної надійності цих профілів і оцінки економічності різних варіантів конструкцій. В процесі експлуатації запропоноване вводити обмеження швидкості наростання навантаження, особливе для ТГ з безпосереднім охолодженням обмоток статора, вказані допустимі значення цієї швидкості. Обґрунтовано запропоновано вважати температуру торцевої зони ротора і клинів критерієм для визначення допустимої тривалості роботи з перевантаженням, а вібрацію – найбільш інформаційним показником стану турбогенератора.

5. Визначена роль рівня професійної підготовки персоналу станцій на безаварійність роботи електрообладнання станцій, турбогенераторів, вказана необхідність і шляхи утримання спеціалістів в атомній енергетиці;

6. Робота може мати практичне використання як на станціях і промислових підприємствах, так і в начальному процесі підготовки спеціалістів для електротехнічної промисловості, що підтверджується актами впровадження на ДП «Завод «Електроважмаш» (Харків); на Запорізькій та Хмельницький АЕС; на Зміївський ТЕС; на Харківський ТЕЦ-5, та в навчальному процесі підготовки фахівців за спеціальністю 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» в НТУ «ХП» та в Кременчуцькому НУ ім. М. Остроградського, та під час підготовки фахівців інших спеціальностей: в Національному університеті цивільного захисту України під час підготовки магістрів за спеціальністю 053 - «Психологія» та під час підвищенні професійної кваліфікації та перепідготовки персоналу станцій в питаннях зменшення їх психологічного навантаження в Регіональному інституті проблем громадянської охорони здоров'я.

6. Повнота викладання наукових положень у опублікованих роботах

Найважливіші результати виконаних досліджень достатньо повно відображені у 115 наукових працях: 4 монографії (3 – у співавторстві), 88 статей в профільних наукових журналах (2 – в журналах, які мають індексацію в базі Scopus, 4 – в базі Web of Science, 79 – в фахових і закордонних журналах, 3 – в Міжнародних промислових журналах), в 1 авторському свідоцтві та в 5 патентах України, 17 – в матеріалах міжнародних конференцій.

Також основні результати роботи доповідались на 58 Міжнародних конференціях і симпозіумах:

1) «ІНТЕРСЕД-Україна» (Дніпропетровськ, 2007); 2) «Електромеханічні і енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації» (МНТК "ЕСМО'2013,2014", КНУ ім. М. Остроградського, м. Кременчук); 3) «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» (Харків, 2008, 2019); 4) «Якість технологій – якість життя», (м. Судак, 2010); 5) «Застосування інноваційних технологій в наукових дослідженнях», (м. Курськ, 2011); 6) «Сучасні проблеми ступеневої освіти» (м. Ростов-на-Дону, 2011); 7) «Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика», (Харків, «8ІЕМА-2011- 2019»); 8) «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, МісгоСАП-2012-2019); 9) Міжнародні науково-практичні конференції аспірантів (Харків, 2016-2019); 10) «Проблеми підвищення ефективності електромеханічних перетворювачів в електроенергетичних системах», (м. Севастополь, 2013); 11) «Проблеми енергозбереження та шляхи їх вирішення» (м. Харків, 2013, 2014); 12) «Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації» (м. Кременчук, 2013, 2014); 13) «Управління режимами роботи об'єктів електричних і електромеханічних систем» (м. Донецьк, 2013); 14) «Сучасні тенденції ТООР. Діагностика обладнання гірничо-металургійного та енергетичного комплексів» (м. Маріуполь, 2013); 15) «Інноваційні технології в електроенергетиці і електротехніці» (м. Курськ, 2013, 2014); 16) «Електроенергетика та електромеханіка» (м. Воронеж, 2014, 2015); 17) «Електротехнічні та комп'ютерні системи: Теорія і практика (ЕЛТЕКС-2016)» (м. Одеса, 2016); 18) "Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування, (теорія, практика, історія, освіта)" (м. Київ, 2016); 19) "Енергетичні та теплоенергетичні процеси і обладнання" (м. Харків, 2017); 20) «Economy, science, education and synergy» (Bratislava, Slovakia, 2016); 21) Modern Electrical and Energy Systems (MEES-2017), (Kremenchug, 2017); 22) «Актуальні наукові дослідження в сучасному світі» (м. Переяслав-Хмельницький, 2018); 23) «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта)» (м. Київ, 2018, 2019); 24) «Сучасний рух науки» (м. Дніпро, 2018-2020); 25) «Новітні технології в освіті, науці і виробництві» (м. Покровськ, 2019, 2020); 26) «Innovative Technologies in Science and Education. European Experience» (Netherlands, Amsterdam, 2019); 27) «Science and Society» (Canada, Hamilton, 2019); 28) "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" (м. Харків, 2019); 29) «Медична наука та практика в умовах сучасних трансформаційних процесів» (м. Львів, 2020).

7. Структура дисертації. Дисертаційна робота Шевченко В.В. складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку з 317 джерел інформації, 6 додатків, містить 409 сторінок: 282 сторінки основного тексту, 163 ілюстрації, 75 таблиць, список літературних джерел на 34 сторінках і додатки на 55 сторінках.

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета і завдання роботи, визначено проблеми та питання, що підлягають вирішенню; наведені дані про зв'язок роботи з науковими програмами та темами, визначена наукова новизна та практичне значення отриманих результатів; наведено відомості про їх апробацію, відображено особистий внесок здобувачки, представлена інформація про публікації результатів роботи.

В першому розділі наведено стан і проблеми сучасної електроенергетики та турбогенераторобудування, проведено порівняння вітчизняних турбогенераторів з турбогенераторами світових фірм. Вказана їх роль в підтримці балансу активної та реактивної потужності в енергосистемі. З використанням теорії циклічного розвитку (теорій «довгих хвиль» М.Д. Кондратьєва) виконано прогнозування перспектив розвитку електроенергетики і роль турбогенераторів в надійному забезпеченні електроенергією споживачів. Виконана оцінка технічного стану електростанцій України, запропоновані напрямки вдосконалення конструкцій турбогенераторів і забезпечення їх конкурентоспроможності. Розглянуті основні положення особливостей роботи турбогенераторів, що працюють зверх встановленого строку експлуатації. Запропоновані положення системного підходу до оцінки технічного стану турбогенераторів, встановлені типові дефекти турбогенераторів і розроблені пропозиції щодо зниження ймовірності їх появи і розвитку. Розглянуті питання необхідності врахування «людського фактору» при оцінці надійності працюючого електрообладнання на блоках ТЕС і АЕС.

У другому розділі виконано дослідження конструкцій турбогенераторів з метою зниження їх масогабаритних показників, створення нових турбогенераторів та модернізації турбогенераторів на блоках станцій з одночасною вимогою підвищення потужності та заміни водневої системи охолодження внутрішнього об'єму на повітряну, зниження питомої маси конструкцій. Для мінімізованих елементів конструкції виконані механічні розрахунки при дії різних типів навантажень. Запропонований алгоритм визначення рівня встановлення лап корпусу турбогенератора із забезпеченням мінімальних навантажень на конструкцію. Розглянуті сучасні методи оцінки параметрів електромашинобудівних конструкцій, вказано, що під час проектуванні нових турбогенераторів слід орієнтуватися на світові аналоги з одночасним врахуванням технологічних можливостей вітчизняного виробництва, використовувати системний підхід. Запропоновані критерії оцінки технологічної досконалості конструкцій турбогенераторів для підтвердження можливості зниження масогабаритних показників неактивної зони турбогенераторів (корпусу, приставних коробів, захисних щитів, опорних підшипників та елементів кріплення осердя статора до корпусу). Виконана еко-

номічна оцінка запропонованих конструкційних рішень неактивної зони турбогенераторів за умови зниження масогабаритних показників. Розглянуті значення собівартості та трудомісткості модифікованих турбогенераторів, як показник їх конкурентоспроможності.

В третьому розділі розглянуті стан, проблеми та напрямки вдосконалення систем охолодження сучасних турбогенераторів, наведена кратка історія розвитку системи охолодження турбогенераторів, створення серій від 1924 р. Вказано, що саме досконалість систем охолодження є основною вимогою при збільшенні потужності турбогенераторів. Запропоновані рішення компоновки охолоджувачів при збільшенні теплового навантаження від підвищення потужності та заміни охолодного середовища. Розглянуто різні варіанти їх компоновки, вплив компоновання та кількості ходів газу на теплові напруги, на розподіл температури і на її перепад на поверхні трубок охолоджувача. Встановлено зв'язок кількості ходів охолодного газу в теплообміннику турбогенератора з експлуатаційною тепловою напругою, з розподілом максимальної температури і її перепадом на поверхні трубок охолоджувача, розрахована і побудована графічна залежність коефіцієнта теплопередачі і швидкості течії води в трубках охолоджувача від необхідного об'єму води, що проходить через ці трубки та визначений можливий діапазон використання охолоджувачів. Для цього (з використанням програмного комплексу SolidWork) виконано дослідження розподілу температурних полів в осерді статора, розроблені пропозиції по модернізації охолоджувачів, складена програма діагностики та проведення ремонтів систем охолодження турбогенераторів. Встановлена допустима швидкість поступового та раптового збільшення навантаження для виключення деформації та порушення стрижнів і ізоляції обмотки.

В четвертому розділі досліджені особливості експлуатації, сервісного обслуговування та ремонтів ТГ, які експлуатуються тривалий час, розроблено пропозиції щодо продовження терміну їх роботи. Запропонована класифікація ушкоджень ТГ, які довго перебували в експлуатації, з метою визначення можливості продовження їх роботи. Виконано прогнозування експлуатаційного ресурсу турбогенераторів за даними віброконтролю, оцінка впливу експлуатаційних факторів на стан конструкції турбогенератора, технології складання, опресування шихтованих осердь та експлуатаційних змін тиску на надійність і тривалість експлуатації турбогенераторів. Визначені додаткові сили, які раніш не враховувались, що діють в аксіальному напрямку. Зроблено висновок, що дія цих сил може бути причиною зниження опресування і руйнування торцевих і центральних шихтованих пакетів осердя. Розглянуті і проаналізовані існуючі конструкції кріплення лобових частин обмотки статора, запропоновані рішення забезпечення однакової вібрації всіх елементів «кошику» лобових частин для підвищення механічної надійності.

Висновки за результатами роботи сформульовані достатньо чітко і відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних в роботі літературних джерел досить повний, складається з 317 найменувань і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації з розглянутих в роботі питань.

У додатках наведені дані щодо характеристик електростанцій України; наведений механічний розрахунок конструкції зовнішнього щита турбогенератора зі зменшеними масогабаритними показниками; механічний розрахунок корпусу турбогенератора зі зменшеними масогабаритними показниками; тепловий і аеродинамічний розрахунок модернізованої конструкції газоохолоджувача для ТГВ- 200-2-УЗ. Представлено список публікацій здобувачки; акти впровадження та використання результатів роботи (на ВП «Запорізька АЕС», на ВП «Хмельницька АЕС», на ДП «Завод «Електроважмаш», на Зміївський ТЕС, на ПрАТ «Харківська ТЕЦ-5»; в навчальному процесі НТУ «ХП», НУ цивільного захисту України, Харківського Регіонального інституту проблем громадської охорони здоров'я, Кременчуцького НУ ім. М. Остроградського.

Автореферат в достатньому об'ємі відображає основний зміст дисертації і розкриває вирішені питання і внесок здобувачки в отриманні наукові результати, встановлює практичну цінність роботи.

8. Відповідність дисертації вимогам ДАК України. Матеріал дисертації наданий послідовно і обґрунтовано. Кожен з розділів має свою направленість, присвячений вирішенню конкретного питання, що у сукупності свідчить про цілісність та завершеність роботи. Таким чином, представлена дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, яка написана науковою мовою і повністю відповідає паспорту спеціальності 05.09.01 - електричні машини і апарати. Зміст дисертації, структура, послідовність та повнота розв'язаних задач цілком відповідають темі дисертаційної роботи.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1) Пункт 1.12 *«Роль турбогенераторів в підтримці балансу активної та реактивної потужності в енергосистемі»* містить мало інформації стосовно своєї назви, на томість більшою частиною наводяться відомості про перспективи розвитку енергетики, споживання палива та оцінка затребуваності конкретних типів турбогенераторів тощо.

2) У підрозділі 1.3 *«Показники надійності, що впливають на вибір електрообладнання»* наведено велику кількість як окремих, так і комплексних показників надійності турбогенераторів. В цьому разі було б доцільним, спираючись на положення теорії надійності, скласти структурну та логічні схеми системи і, наразі, визначити параметри розподілу, обґрунтувати стратегію забезпечення надійності тощо.

3) В цілому 1 розділ дисертації містить багато числових даних, яким бракує статистичного аналізу та прогнозної оцінки у форматі математичної обробки інформації.

4) У підрозділі 2.1 *«Сучасні підходи до оцінки параметрів електромашинобудівних конструкцій»* значну увагу приділено огляду методів оптимізації, а підходи щодо оцінки параметрів електромашинобудівних конструкцій складно назвати сучасними через посилання на джерела давністю більшою за 10 років. Саме сучасні методи вирішення задач з оптимізації не розглянуто взагалі.

5) У підрозділі 2.3 *«Вибір геометрії елементів, розрахунок матеріаломісткості і*

коефіцієнта використання металу в конструкціях турбогенераторів» розрахунки на міцність деформацій доцільно було б представити у вигляді диференційних рівнянь з урахуванням конфігурації конструкції, динамічних змін параметрів системи, застосуванням методу скінченних елементів та тривимірної сітки з адаптивним кроком для визначення слабких місць конструкції, як це робиться при проектуванні сучасних турбогенераторів.

б) Матеріал підрозділу 2.4 «Вибір головних розмірів турбогенератора за умови мінімізації масогабаритних параметрів» базується на аналітичних співвідношеннях, які мали місце у час відсутності комп'ютерної техніки або коли потужність комп'ютерів була занадто мала для «важких» розрахунків. З огляду на сучасні підходи у вирішенні задач мінімізації, слід було б застосувати чисельні методи та просунуті алгоритми оптимізації.

7) Кількість висновків до другого розділу занадто велика і складає 13 пунктів. Окрім того, вміст кожного пункту висновків доволі розгорнутий. Висновки за розділом варто було б лаконічно сформулювати та виділити тільки головні результати, які було отримано в ході досліджень.

8) У 3 розділі для оцінки втрат в турбогенераторі використано інтегральні показники, а оцінка тепловіддачі та системи охолодження вирішується за допомогою алгебраїчних співвідношень. Варто було б застосувати складну модель з визначення втрат в турбогенераторі та використати нелінійні рівняння термо- та гідродинаміки для вирішення поставлених задач.

9) На рис. 4.14 показано розподіл аксіальної деформації ребра $\varepsilon_p(x)$ за результатами експериментів та розрахунків, проте аналітичні співвідношення для розрахунку деформації $\varepsilon_p(x)$ не надано.

10) У 4 розділі розглянуто вплив факторів різного характеру на надійність роботи турбогенераторів. Варто було б виконати математичне узагальнення отриманих результатів у вигляді статистичного розподілу відмов та прогнозування терміну безвідмовної роботи і т. ін.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

Висновок

Дисертаційна робота Шевченко Валентини Володимирівни на тему «Науково-технічні засади підтримки конкурентоспроможності турбогенераторів і забезпечення їхньої ефективної роботи при тривалій експлуатації», за змістом відповідає паспорту спеціальності 05.09.01 - електричні машини і апарати, є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну проблему підтримки конкурентоспроможності вітчизняних турбогенераторів та забезпечення ефективної роботи турбогенераторів при тривалій експлуатації на блоках ТЕС і АЕС.

Оформлення роботи відповідає вимогам, які пред'являються до докторських дисертацій, а автореферат повністю відображає основні положення дисертації. Зроблені

зауваження не знижують високого наукового і практичного рівня дисертаційної роботи, яка в повній мірі відповідає вимогам пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо докторських дисертацій, а її автор Шевченко Валентина Володимирівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.01 - електричні машини і апарати.

Офіційний опонент
 професор кафедри систем електропостачання
 та електроспоживання міст
 Харківського Національного університету
 міського господарства ім. О.М. Бекетова
 доктор технічних наук, професор

23.12.2020 р.



Владислав ПЛЮГІН

