

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора
Василіва Карла Миколайовича

на дисертаційну роботу Шевченко Валентини Володимирівни
„Науково-технічні засади підтримки конкурентоспроможності турбогенераторів і забезпечення їхньої ефективної роботи при тривалій експлуатації”, подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини і апарати

Актуальність теми дисертації. Загально відомо, що електрична енергія, на відміну від відомих інших, характерна низкою критично важливих особливостей в багатьох принципово важливих аспектах: можливість її генерування та споживання в практично не обмеженому діапазоні одиничних потужностей, перетворення як механічної в електричну, так і навпаки, а також в теплову та світлову. Особливо варто наголосити на можливості її відносно дешевого та зручного транспортування. Саме ці особливі властивості спонукають до тотального використання електроенергії в світовому масштабі.

В Україні основні обсяги електроенергії виробляється тепловими (ТЕС) та атомними електричними станціями (АЕС) за допомогою турбогенераторів (ТГ). Значний відсоток ТГ, які в теперішній час експлуатуються на електростанціях України вичерпали свій ресурс, а тому потребують модернізації або заміни новими. Вирішення проблеми забезпечення електроенергією українських промислових підприємств, транспорту, соціальної та побутової інфраструктури в обидвох цих варіантах можливе лише через використання науково-технічних рішень, що потребує наукового підходу до розробки новітніх методів в науці, які, своєю чергою, дадуть новітні технології у виробництво, що зможе забезпечити можливість отримання надійних і ефективних генерувальних агрегатів для теплових та атомних електричних станцій, якими слугують турбогенератори.

Сильним аргументом стосовно актуальності дисертаційної роботи слугує наведена статистика: *“До 40% інцидентів на АЕС України, які призвели до незапланованих відключень енергоблоків або до примусового зниження навантаження, викликано зношенням електротехнічного обладнання” та “Встановлено, що до 70% аварійних зупинок блоків відбувається через відмови турбогенераторів”*.

В обґрунтуванні актуальності дисертаційної роботи здобувачка грамотно опирається як на досвід експлуатації та виробництва турбогенераторів, так і на відповідні наукові праці, що безперечно також слугує вагомим аргументом.

Ступінь обґрунтованості наукових положень та достовірність отриманих результатів. Дисертаційна робота спрямована на вирішення науково-прикладної проблеми дослідження особливостей роботи турбогенераторів, які експлуатуються на блоках ТЕС та АЕС довготривалий час, включно з істотним перевищенням проектних термінів експлуатації, підвищення їхньої енергоефективності, забезпечення стійкої роботи на сучасну енергосистему, вирішення проблеми продовження терміну експлуатації. В цьому контексті виконано великий обсяг роботи з аналізу стану електроенергетики України, загалом, стану ТГ енергоблоків теплових та атомних електростанцій, зокрема, з метою вивчення закономірностей фізичних явищ і процесів різноманітної природи (теплових, електромагнітних і т. ін.), які відбуваються в ТГ та їх впливу на роботопридатність ТГ.

Свої міркування, висновки та наукові концепції здобувачка достатньо повно обґрунтовувала базовими положеннями, відомими в електроенергетиці, електромеханіці та в інших фундаментальних та прикладних науках. Так, аналіз проблем та прогнозування розвитку електроенергетики ґрунтується на засадах теорії «довгих хвиль» Кондратьєва М. Д. – теорія циклічного розвитку.

В питаннях вирішення проблем зменшення масогабаритних показників розроблені в дисертаційній роботі методики також ґрунтуються на класичних законах (зокрема, електротехніки, електродинаміки, механіки, матеріалознавства, гідродинаміки та теплотехніки). В питаннях проектування та вдосконалення систем охолодження ТГ використано багатолітній досвід вітчизняного і світового турбогенераторобудування, який також ґрунтується як на прикладних теоріях, так і на теоріях фундаментальних наук.

Особисті наукові напрацювання, які є предметом дисертаційної роботи також достатньо повно обґрунтовані і коректні, адже вони спираються не лише на визнані в науковому світі теорії, але й на логічні особисті висновки і результати експериментальних досліджень. Результати наукових досліджень добре простежуються в розділах роботи, які стосуються вдосконалення конструкційних елементів (магнітопроводу статора та конструкцій корпусу) і системи охолодження ТГ.

В роботі значну вагу мають питання, пов'язані з математичним моделюванням. Використано такі класичні методи як метод кінцевих елементів, що забезпечує достатньо високий рівень адекватності математичних моделей та гарантує отримання науковообґрунтованих та достовірних наукових результатів. Крім цього, достовірних наукових результатів підтверджена фізичними експериментами.

Викладене вище однозначно дає підставу стверджувати, що базові наукові положення дисертаційної роботи достатньо обґрунтовані, а отримані результати достовірні.

Наукова новизна дисертаційної роботи. Наукова новизна дисертаційної роботи, як і будь-якої іншої наукової праці, визначається її основними науковими положеннями та отриманими результатами дослідження. Загалом, наукова новизна поданої дисертаційної роботи сформульована у 13-ти пунктах. Такий доволі довгий список пунктів наукової новизни (на думку опонента) є логічним наслідком специфічності дисертаційної роботи, в якій розв'язується низка окремих задач та вирішується низка окремих питань, пов'язаних вирішенням загальної проблеми.

Виглядає, що на думку здобувачки, з погляду значимості всі 13 пунктів наукової новизни поділені на дві групи, до першої з яких входять пункти під номерами з послідовності списку: 1-5; 7; 9; 11, 12, а до другої – всі решта: 6, 8, 10, 13. Перша група за її ідентифікацією здобувачем “*вперше...*” сприймаються такою, що становить основний зміст в сенсі отриманих в дисертаційній роботі нових знань, які кваліфікуються як абсолютно нові наукові результати, а значить сприймається науковою новизною з вищим пріоритетом на фоні другої групи. Наукова новизна першої групи сформульована у 9-ти пунктах, в яких очікувано окреслені універсальні (стосовно певного класу задач) алгоритми та, які в готовому вигляді, можуть використовуватися для розв'язування певного класу підзадач в межах предметної, або які розкривають закономірності процесів чи явищ. Якщо такі окремі універсальні алгоритми мають ознаки категорії методу, то це дає підставу кваліфікувати їх як таким, а отже новим науковим результатом.

Друга група пунктів наукової новизни кваліфікується такою, що надає подальшого розвитку відомим методам, розширюючи їх функційні можливості або область застосування, або надає більш глибоке пояснення закономірностей процесів і явищ.

Стосовно формулювання пунктів наукової новизни першої групи логічно зазначити таке. Зміст окремих пунктів значною мірою охоплює простір, що виходить за межі спеціальності. Так пункт 1 охоплює питання стратегії макроекономіки, а друга половина пункту 2 – має елементи бізнес-плану, а в пункті 3 теза про АЕС самоочевидна та не є предметом наукової новизни. Пункт 4 надмірно насичений змістом інженерного рішення.

Пункт 6, який належить до другої групи переобтяжений обсягом тексту (18 рядків), а також має місце суперечливе твердження: в першому реченні “*Отримали подальший розвиток...*”, а в другому реченні: “*Вперше виконано порівняння*”.

Важливо зазначити, що наукова новизна дисертаційної роботи відображена також безпосередньо у розділах під час викладу матеріалу дисертації, зокрема, в дослідженні впливу потоків розсіювання на стан магнітопроводу статора, дослідженні впливу вихрових струмів, які виникають в роторі під час несиметричних режимів на температурний режим пазових клинів і т. ін.

З врахуванням викладеного вище, загалом, та останньої тези, зокрема, вважаю, що є достатньо підстав визнати наявність наукової новизни в дисертаційній роботі, що й визначає будь-яку працю як наукову, а тут як дисертаційну роботу рівня наукового ступеня доктора технічних наук.

Практичне значення одержаних результатів. Вже формулювання теми дисертаційної роботи вказує на те, що отримані в ній результати дослідження орієнтовані на практичне використання, адже робота спрямована на вирішення науково-прикладної проблеми дослідження особливостей роботи турбогенераторів, які експлуатуються на блоках ТЕС та АЕС довготривалий час, підвищення їхньої енергоефективності, забезпечення стійкої роботи на енергосистему, вирішення проблеми продовження терміну експлуатації.

Позитивним і принципово важливим доробком, отриманим в дисертаційній роботі є те, що практична значимість її результатів аргументовано ґрунтується на наукових положеннях, а не просто є інженерним рішенням. Це означає, що закладені базові засади технологій розробки нових досконаліших турбогенераторів широкого спектру потужностей з різними системами охолодження, а також технологій реконструкції наявних ТГ, які тривалий час експлуатуються на електричних станціях України.

Практична значимість результатів, отриманих в дисертаційній роботі, достатньо виразно простежується в основному матеріалі, який викладений в у 4-х розділах, але крім цього, вона достатньо вдало сформульована ще й окремо у вигляді списку пунктів, який складається з восьми одиниць. В останньому з них наведена інформація щодо підприємств і установ, в яких впроваджені результати досліджень, отриманих в дисертаційній роботі.

Вагомим підтвердженням практичної значимості результатів дослідження дисертаційної роботи слугують 10 актів впровадження, які представлені в дисертаційній роботі, з таких важливих об'єктів електроенергетики як ЗАЕС, ХАЕС, Зміївська ТЕС, Харківська ТЕЦ-5, завод "Електроважмаш", а також з вищих навчальних закладів України.

Оцінка структури та змісту дисертації, її завершеності. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (317 бібліографічних найменувань). Загальний обсяг дисертації становить 409 сторінок та включає 282 сторінки основного тексту, 163 ілюстрації, 75 таблиць, список літературних джерел на 34 сторінках та додатки на 55 сторінках.

У вступі наведена титульна інформація про дисертаційну роботу, до якої входить: обґрунтування актуальності та доцільності, формулювання мети та задачі наукового дослідження; сформульовано визначення об'єкту та предмету дослідження, а також окремими пунктами сформульовано наукову новизну та практичне значення; наведено перелік установ впровадження результатів дисертаційної

роботи; наведена інформація про особистий внесок здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві: надано відомості про апробацію дисертації.

У першому розділі “Аналіз і прогнозування напрямків розвитку теорії та практики турбогенераторобудування з урахуванням світових і національних тенденцій розвитку“ дисертаційної роботи зроблено аналіз стану вітчизняної і світової електроенергетики в загальних рисах. В цьому контексті зазначено чітко виражену тенденцію до збільшення потреби споживання електроенергії, що спричинено інтенсивним збільшенням потужностей споживачів електроенергії і ростом населення планети, з одного боку, та зростання обсягу вироблення електроенергії, що забезпечує сучасний науково-технічний прогрес, з другого.

За результатами ретельного аналізу стану електроенергетики в Україні встановлено, що в енергосистемі України (як і в усіх інших технічно розвинених країн світу) актуальною є проблема підтримки номінальних значень найважливіших параметрів режимів електроенергетичних систем (ЕЕС), до яких належать амплітуда та частота напруги. Це досягається підтриманням балансу повних потужностей в енергосистемі. В цьому питанні здобувачкою зроблено науково обґрунтований висновок, який вказує на те, що в умовах України регулювання параметрів ЕЕС можливе тільки за допомогою енергоблоків ТЕС, шляхом періодичного переведу їх турбогенераторів у режим розвантаження в доволі широкому діапазоні потужності. Наголошується, що для енергоблоків вітчизняних АЕС змінювати навантаження енергоблоків практично не можливо.

Для забезпечення можливості підтримання балансу потужності, заданої напруги та частоти в ЕЕС України необхідна не лише достатня кількість генерувальних агрегатів електроенергії, але й надійна їх робота. В цьому контексті здобувачкою зроблено аналіз сучасного стану та запропоновано напрямки вдосконалення турбогенераторів з урахуванням світових і вітчизняних тенденцій в розвитку турбогенераторобудування, доведена необхідність виконання робіт з вдосконалення ТГ теплових і атомних електростанцій, які на сьогодні є основними джерелами електроенергії в Україні. Встановлені напрямки подальшого вдосконалення ТГ, як стосовно підвищення надійності їхньої роботи в умовах тривалої експлуатації, так і стосовно забезпечення конкурентоспроможності нових.

Акцентовано увагу на тому, що згідно з світовою тенденцією запропоновано виводити в ремонт ТГ за їхнім реальним станом, а не за графіком планово-попереджувальних ремонтів. Показано, що в умовах довготривалого використання ТГ та відмовлення від планово-попереджувальних ремонтів, необхідно посилювати контроль стану ТГ включно в режимі on-line, що потребує оптимального (з погляду психологічного навантаження на оператора) збільшення кількості каналів контролю. Запропоновано вважати найбільш інформативним показником

стану ТГ значення вібрації та обмежити кількість додаткових каналів контролю стану ТГ додатковим встановленням тільки вібродавачів.

Розглянуті проблеми, пов'язані з людським чинником, визначені напрямки їхнього вирішення шляхом вдосконалення системи освіти, підготовки та перепідготовки персоналу станцій. Вказано, що через значний термін експлуатації ТГ необхідне вміння операторів блоків ТЕС і АЕС грамотно оцінювати ситуацію, адекватно реагувати на аварійні ситуації та мати сформовані професійні навички.

У другому розділі роботи “Дослідження конструкцій турбогенераторів з метою зниження масо-габаритних показників“ зроблено дослідження на предмет створення нових ТГ та модернізації наявних в експлуатації на енергоблоках українських електростанцій з вирішенням проблеми зниження питомої маси конструкцій та одночасним підвищенням потужності за умови збереження попередніх габаритів, а для ТГ потужністю 200÷300 МВт ще й з одночасною заміною охолоджувального агента (водню на повітря).

Для вирішення проблеми зниження масогабаритних показників ТГ проведено низку наукових теоретичних і експериментальних досліджень, в рамках яких розроблено методи і алгоритми розрахунку базових деталей конструкційних елементів турбогенераторів на предмет мінімізування їх геометричних розмірів та маси з забезпеченням необхідної міцності. Зокрема, запропоновано методи і алгоритми розрахунку межі зменшення перетинів конструкційних елементів для зниженої питомої маси ТГ. Зроблено розрахунки механічної міцності неактивних елементів (корпусу, торцевих щитів ТГ з повітряним охолодженням і т. ін.), а також зроблено порівняння конструкцій підшипникових вузлів.

Напрацьовано способи збільшення потужності ТГ без зміни габаритів, що необхідно для збереження допоміжного обладнання і фундаментів на блоках станцій. Доведено, що для ТГ зв'язок між потужністю та вагою є нелінійним: площа пазів змінюється пропорційно діаметру осердя статора в другому степені, а потужність пропорційна діаметру осердя статора в третьому степені, тому питома вага ТГ більшої одиничної потужності менша від питомої ваги ТГ меншої потужності. Розроблено методику визначення зв'язку маси з втратами потужності ТГ. Встановлено, що сумарні маса і втрати потужності декількох ТГ значно більша від маси і втрат потужності одного ТГ тієї ж сумарної потужності.

Акцентовано увагу на необхідності вдосконалення технологій виготовлення як окремих конструкційних деталей ТГ, так ТГ загалом включно з технологією зборки, а також на необхідності використання в конструкціях сучасних ТГ нових композиційних матеріалів, які перевершують сталь за питомою міцністю в 2÷8 рази, а за модулем пружності – в 5÷6 разів.

Проведено порівняння масогабаритних показників ТГ з різними системами

охолодження. Встановлено зв'язок між видом холодоагенту і масогабаритними показниками ТГ. Отримана залежність питомої ваги ТГ від зміни лінійного навантаження, тобто від зміни потужності ТГ. Встановлено рекомендовану величину повітряного проміжку для ТГ із зменшеними масогабаритними показниками з врахування забезпечення необхідних значень електромагнітних параметрів ТГ, які мають критичний вплив на характеристики ТГ.

З метою зниження масогабаритних показників виконано розрахунки для одночасного збільшення потужності ТГ на 40 % (з 120 до 200 МВт). Доведено, що в цьому разі масу корпусу ТГ можна зменшити на 22 %.

У третьому розділі роботи “Вдосконалення систем охолодження сучасних турбогенераторів” розглянуті проблеми та напрямки вдосконалення систем охолодження сучасних ТГ.

Проведено дослідження теплового стану елементів конструкції ТГ потужністю 200–300 МВт та встановлено, що він визначається такими основними чинниками: вихровими струмами, які індукуються на поверхні ротора в перехідних режимах; вихровими струмами, які виникають в роторі в несиметричних режимах роботи ТГ; наростанням навантаження ТГ з безпосереднім охолодженням; неномінальним навантаженням; нерівномірністю нагріву по довжині турбогенератора охолоджувального агента (газу або води) в каналах його подачі.

Зроблено аналіз природи цих чинників та встановлено прояви їх впливу, які полягають в такому. Вихрові струми, які індукуються на поверхні ротора в перехідних режимах створюють додаткові втрати потужності, близькі до номінальних магнітних втрат в роторі для струму ротора, починаючи, з 0,22 від номінального. Вихрові струми, які виникають в роторі в несиметричних режимах роботи ТГ замикаються поблизу торцевих зон ротора контуром “зубці-клини-бандажні кільця”. Внаслідок того, що пазові клини мають більшу теплопровідність ніж сталь ротора, теплові потоки спрямовані до них, що, своєю сергою, через значно нижчу температуру розтоплення матеріалу клинів роблять найвразливішим місцем ротора саме його клини під час роботи ТГ в режимі перевантаження. На підставі аналізу результатів експериментів встановлено, що перевищення температури ротора у віддаленій від торцевої зони області швидко спадає і вже на віддалі 120÷130 мм від торця воно не значне. Встановлено, що часті пуски та зупинки ТГ (30÷40 разів на рік), призводять до *циклічних змін температури ТГ в діапазоні 50÷70°C, а також, що до* циклічних змін температури активних частин ТГ в діапазоні 25÷35°C призводить робота ТГ в неномінальному режимі. Зазначені обставини спричиняють зниження надійності і довговічності ТГ. Нерівномірність нагріву по довжині турбогенератора охолоджувального агента (газу або води) в каналах його подачі спричиняє деформацію каналів охолодження.

На підставі аналізу фізики процесів основних чинників, які впливають на тепловий стан ТГ напрацьовано низку рекомендацій та заходів, спрямованих на обмеження дії цих чинників та забезпечення нормального теплового режиму ТГ. Серед них такі. Розрахована допустима тривалість роботи ТГ з різним значенням перевантаження (в 1,5 і 2 рази). Отримано емпіричні формули для розрахунку допустимої швидкості відносного подовження стрижня без можливої деформації і порушень ізоляції в разі поступового та раптового збільшення навантаження. Розглянуто різні варіанти компоновки теплообмінників, вплив компоновання та кількості ходів газу на теплові напруги, на розподіл температури та на її перепад на поверхні трубок охолоджувача. Розроблена математична модель для розрахунку та вибору площі відбору тепла залежно від виду охолоджувального агента в разі зміни навантаження з дотриманням умови збереження габаритів охолоджувача. Для врахування ступеня завантаженості ТГ введено загальний режимний параметр R , значення якого визначається видом, довжиною та діаметром трубок в теплообміннику, кількістю ходів газу, видом течії охолоджувального агента (турбулентна або ламінарна), температурою і витратами теплоносія, а також тиском на вході в охолоджувачі. Встановлено зв'язок кількості ходів охолоджувального газу в теплообміннику ТГ з експлуатаційною тепловою напругою з розподілом максимальної температури та її перепадом на поверхні трубок.

Визначено розподіл температури по висоті зубця, встановлено, що для зниження нагріву осердя статора (на прикладі підвищення потужності ТГВ-200-2 на 50 МВт) до межі, яка визначаються заводом-виробником ($+90^{\circ}\text{C}$), необхідно збільшити швидкість проходження повітря в ТГ від 3,75 м/с до 5,0 м/с.

У ТГ з повітряним охолодження переважно використовується оребрені мідні трубки охолодження з мідною дровою обвивкою. Для оребреної циліндричної трубки розрахована та побудована графічна залежність коефіцієнта теплопередачі і швидкості течії води, яка протікає трубками охолоджувача, від не обхідного її об'єму та визначено рекомендований діапазон використання охолоджувачів. Для вертикального розташування охолоджувачів враховано, що плин рідини відбувається під дією сили тяжіння.

Оцінка теплового стану ТГ, який тривалий час перебуває в експлуатації, зроблена з використанням пакету SolidWorks, що дало змогу отримати результати розрахунків без фізичного експерименту та моделювання. Дослідження зроблено для турбогенератора ТГВ-200-2М з наскрізною вентиляцією зубців перших трьох пакетів та скосом зубців на чотири позиції.

Зібрано дані, проведено аналіз та систематизовані неполадки систем охолодження ТГ, складено схему проведення діагностики та здійснення ремонту систем охолодження ТГ, що необхідно для своєчасної діагностики та усунення дефектів.

Четвертий розділ „Дослідження особливостей обслуговування турбогенераторів, які довгий час знаходяться в експлуатації, та пропозиції щодо продовження терміну їхньої роботи” спрямований на вирішення актуальних проблем, пов’язаних з довготривалою (яка істотно перевищує проектні терміни) експлуатацією ТГ. За результатами дослідження зроблено предметні висновки та напрацьовано низку науково обґрунтованих рекомендацій щодо продовження терміну роботи ТГ.

Виявлено, що характерним для довготривалої експлуатації ТГ є частіша поява дефектів, спричинених природнім зносом деталей чи іншими впливами та встановлено, що такі дефекти першочергово проявляються в руйнуванні шихтованих пакетів осердь статорів і елементів їх кріплення до корпусу, пошкодженні ізоляції обмоток, деформації провідників обмоток з безпосереднім охолодженням.

З метою прогнозування ризиків появи конкретних дефектів на базі теореми Бернуллі розроблено алгоритми розрахунку кількісних ймовірних показників. Встановлено, що ймовірність появи дефектів ТГ 10 разів з 10-ти можливих дорівнює 11 %. Доведено, що, якщо відношення кількості виявлених дефектів і пошкоджень до загальної кількості можливих дефектів і пошкоджень перевищує 50 %, то будь-який вид ремонту недоцільний, і рекомендується повна заміна ТГ або його основних елементів (статора або ротора).

Докладно опрацьовано технологію виготовлення шихтованого магнітопроводу та вивчено процеси і явища, які відбуваються в цих конструкціях, на предмет забезпечення їх фізичної міцності та надійності. Встановлено, що технологія виготовлення шихтованого магнітопроводу та його експлуатаційні зміни (зміна тиску опресування) мають істотний вплив на тривалість експлуатації всього ТГ, а її порушення призводить до збільшення вібрації, нагріву та втрати потужності ТГ.

З використанням теорії деформації багатошарових структур розроблено модель, яка дає змогу оцінювати вплив склеювання, схеми складання і відносного ковзання листів на згинальну жорсткість осердя як на показник його надійності.

Вивчено дію електромагнітних сил (ЕМС), які створюються потоками розсіювання в спинці осердя статора та в елементах його кріплення до корпусу, на шихтований магнітопровід статора. Встановлено, що в неномінальних режимах роботи ТГ величина ЕМС, від потоків розсіювання, мало залежить від зміни активної P та реактивної потужності Q (зміна P та Q на 10% змінює ЕМС лише на 1–2%). Залежність ЕМС від напруги більш дієва та має квадратичний характер.

Розраховано аксіальні зусилля в осерді, які виникають від дії потоків розсіювання, що замикаються через елементи конструкційної частини ТГ. Встановлено, що в середині пакету дією сил від поверхневих струмів можна знехтувати, але вони є значними для крайніх листів та підсилюють руйнування зубцевої зони не

тільки в торцевих, але й в центральних пакетах осердя біля вентиляційних каналів.

Сформульовано перелік вимог, яким повинна задовольняти конструкція лобових частин ТГ для забезпечення синхронізації вібрацій окремих елементів в «кошику», зниження температурних напружень, збереження робочих властивостей під час тривалої експлуатації, а також – технологічності та ремонтпридатності. На підставі результатів досліджень встановлено основні дефекти працюючих і нових охолоджувачів, запропоновано методи діагностики та усунення їх дефектів.

В кінці кожного розділу наведені висновки, в яких сформульовані основні тези матеріалу відповідних розділів, а після четвертого розділу сформульовані загальні висновки дисертаційної роботи.

Далі наведено список використаних літературних джерел, в якому налічується 317 найменувань, що охоплює вітчизняні та зарубіжні публікації за тематикою дисертаційної роботи.

В кінці рукопису дисертаційної роботи представлено 6 додатків, в яких наведено порівняння характеристик різних типів електростанцій України; наведений механічний розрахунок конструкції зовнішнього щита турбогенератора зі зниженими масогабаритними показниками; механічні розрахунки корпусу турбогенератора зі зниженими масогабаритними показниками; тепловий і аеродинамічний розрахунок модернізованої конструкції газоохолоджувачів для ТГВ-200-2; 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 «ХПІ», НУ цивільного захисту України, Харківського Регіонального інституту проблем громадської охорони здоров'я, Кременчуцького НУ ім. М. Остроградського.

Повнота опублікування матеріалів дисертації у наукових фахових виданнях. Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковані в 4-х монографіях (3 – у співавторстві), 88-ти статтях, серед яких 2 статті, які опубліковані у наукових виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, 4 статті, які опубліковані у наукових виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Web of Science, 79 статей – у фахових і закордонних журналах, 3 статті – в Міжнародних промислових журналах, 17 праць – в матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій. Окрім цього результати дисертаційної роботи опубліковані в одному авторському свідоцтві та 5-ти патентах України.

Дисертаційна робота пройшла всебічне і повноцінне апробування. Основні результати роботи доповідались на таких Міжнародних науково-технічних конференціях і симпозиумах:

- 1) «ІНТЕРСЕД–Україна» (Дніпропетровськ, 2007);
- 2) «Електромеханічні і енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації» (МНТК "ЕС-МО'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, «SIEMA–2011-2019»);
- 8) «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, MicroCAD-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 ТОіР. 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).

Аналіз списку наукових праць, в яких опубліковані результати дисертаційної роботи, дає підставу стверджувати, що результати дисертаційної роботи опубліковані у фахових наукових виданнях достатньо повно. Важливо зазначити, що в списку публікацій є статті, які опубліковані у наукових виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science, а матеріал кожного з 4-х розділів дисертації також достатньо повно опублікований.

Відповідність змісту автореферату дисертації. Зміст автореферату в усіх його компонентах повною мірою відповідає дисертаційній роботі, що дає змогу отримати з автореферату (неофіційним опонентам, зокрема) повноцінну та предметну інформацію про дисертаційну роботу.

Відповідність дисертації вимогам ДАК України. Матеріал дисертаційної роботи добре обґрунтований, вдало систематизований та логічно послідовно викладений. Загалом, дисертаційна робота написана в доброму стилі та оформлена з дотриманням всіх чинних вимог.

Результати ретельного аналізу дисертаційної роботи та викладене вище дають предметні і об'єктивні підстави стверджувати, що подана дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в якій отримано нові наукові результати, що достатньо повно опубліковані в фахових наукових виданнях, а її зміст повністю відповідає паспорту спеціальності 05.09.01 – електричні машини і апарати та вимогам ДАК України в частині присудження наукового ступеня доктора технічних наук.

Запитання та зауваження

1. Деякі пункти загальних висновків переобтяжені обсягом інформації загального характеру та змісту, яка слабо корелюється з задекларованими метою і завданнями (пункт 1). Дослівно: “*В період світової економічної кризи при проектуванні ТГ всі його параметри слід міняти з урахуванням забезпечення економічних показників ...*”. Не логічно проектувати та виготовляти ТГ спеціально для роботи в умовах світової кризи, адже кризи перманентне явище, а питання надійності, ефективності та економічності ТГ актуальні завжди. Певною мірою це стосується пунктів 2 та 5.

2. Тенденція до збільшення одиничної потужності ТГ давно обґрунтована і є загальновідомим фактом (пункт 2 висновків).

3. Перший пункт наукової новизни містить самозрозумілі положення, доводити які немає потреби. Це очевидно з елементарної статистики – основні обсяги електроенергії в Україні виробляються турбогенераторами атомних і теплових електростанцій.

4. З 5-го пункт наукової новизни, дослівно: “... запропонована методика розрахунку показників динаміки приросту комплексного показника уніфікації” не

зрозумілі дефініції – “показник динаміки приросту” та “комплексний показник уніфікації”. Потребує уточнення тавтологія (показників...показника).

5. Не надто вдале систематизування наукової новизни. Довгий перелік її пунктів (13) очевидно пояснюється специфікою дисертаційної роботи та сприймається зрозумілим. Проблемним є те, що формулювання деяких пунктів наукової новизни на перший план виставляють інженерні рішення, а наявна наукова новизна губиться в глибині змісту самого формулювання, що істотно ускладнює розуміння викладених положень і стверджень.

6. Під час розробки математичної моделі критично важливим є формулювання вихідних допущень, якими визначається рівень адекватності моделі, а також відповідного моделі алгоритму розрахунку процесів чи чогось іншого, чого в роботі немає.

7. В роботі певною мірою бракує виразності стосовно особистого наукового результату, наприклад, не зрозуміле походження формул (3.6)-(3.10) та (3.12)-(3.17). Варто було б під час викладу матеріалу підкреслити та наголосити на тому які методи, математичні моделі чи технології розроблені особисто в повному обсязі, які розвинуті або вдосконалені, а які відомі та запозичені в інших авторів.

8. В таблиці 3.22 наведені дані про витрату води на один охолоджувач турбогенератора, числові значення яких обмежені діапазоном 400÷490 в м³/с, що сприймається абсолютно не реалістичним.

9. Зауваження стосовно написання та оформлення дисертаційної роботи.

9.1 Розшифрування формул виконано з абзацу включно зі словом “де”, а номери деяких формул не вирівняні за правим краєм сторінки.

9.2. Допущені неточності у виразах та термінах – не коректними сприймаються вирази: “*можна: запропонувати, зробити, розрахувати, записати...*”, адже термін “*можна*” не означає наявності підстави чи коректності.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Шевченко Валентини Володимирівни

”Науково-технічні засади підтримки конкурентоспроможності турбогенераторів і забезпечення їхньої ефективної роботи при тривалій експлуатації” спрямована на вирішення науково-прикладної проблеми дослідження особливостей роботи турбогенераторів, які довготривало експлуатуються на блоках ТЕС та АЕС, на предмет продовження терміну їх експлуатації та проектування і виробництва нових конкурентоспроможних турбогенераторів.

Вирішення здобувачкою складних наукових проблем, пов’язаних з всебічним

дослідженням закономірностей перебігу процесів різної природи (механічних, електромагнітних, теплових і т. ін.) на предмет зносу та забезпечення роботопридатності турбогенераторів в умовах довготривалої їх експлуатації вказує на її високий рівень підготовки як в теоретичному, так і в практичному аспекті.

Дисертаційна робота Шевченко Валентини Володимирівни "Науково-технічні засади підтримки конкурентоспроможності турбогенераторів і забезпечення їхньої ефективної роботи при тривалій експлуатації" є завершеною науковою працею, в якій отримано нові, науково обґрунтовані та достовірні результати, а її зміст відповідає паспорту спеціальності 05.09.01 - електричні машини і апарати.

Зроблені зауваження лише декларують потребу в уточненні окремих нюансів, а тому не є критичними в оцінці наукового рівня дисертації.

Викладене вище дає підстави констатувати, що дисертаційна робота „Науково-технічні засади підтримки конкурентоспроможності турбогенераторів і забезпечення їхньої ефективної роботи при тривалій експлуатації” повною мірою відповідає вимогам пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо докторських дисертацій, а її авторка Шевченко Валентина Володимирівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.01 – електричні машини і апарати.

Офіційний опонент

професор кафедри „Електроенергетика і системи управління”

Національного університету „Львівська політехніка”

доктор технічних наук, професор

Підпис затверджую:

проректор з наукової роботи НУ „ЛП”

доктор техн. наук, доц.

22.12. 2020 р.



Карл Василів

І. В. Демидов