

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова робота
на правах рукопису

ШЕВЧЕНКО Валентина Володимирівна

УДК 621.313.322

ДИСЕРТАЦІЯ

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ЗАСАДИ
ПІДТРИМКИ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ
І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХНЬОЇ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ
ПРИ ТРИВАЛІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Спеціальність 05.09.01 – електричні машини і апарати
14 – «Електрична інженерія»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



В. В. Шевченко

(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий консультант доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електричних машин Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міліх В. І.

Харків – 2020

АНОТАЦІЯ

Шевченко В.В. Науково-технічні засади підтримки конкурентоспроможності турбогенераторів і забезпечення їхньої ефективної роботи при тривалій експлуатації. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.01 «Електричні машини і апарати» – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2020.

Дисертація присвячена науково-прикладній проблемі дослідження особливостей роботи турбогенераторів (ТГ), що довгий час знаходяться в експлуатації на блоках ТЕС і АЕС, підвищенню їхньої енергоефективності, забезпеченню стійкої роботи на сучасну енергосистему, вирішенню питань продовження терміну експлуатації і підвищенню науково-технічної конкурентоспроможності нових ТГ на світовому ринку. Актуальність дослідження визначається особливістю сучасного періоду: екологічні проблеми, зростання населення планети, підвищення його енергетичної активності потребують подальшого збільшення вироблення електроенергії. В загальній енергосистемі України появились нові джерела, які мають активну державну підтримку, в той час, як класична електроенергетика (ТЕС і АЕС) не отримує достатнього державного фінансування для проведення науково-технічних робіт по вдосконаленню і оновленню електрообладнання. Тому було проведено прогнозування перспективних напрямків розвитку електроенергетики для підтвердження перспективності і необхідності виконання робіт по дослідженню і вдосконаленню ТГ як основних джерел електроенергії, по встановленню їхньої ролі в забезпеченні країни електроенергією, по вибору напрямків проведення робіт по створенню нових ТГ та модернізації ТГ, що довгий строк знаходяться в експлуатації, і заміна яких на нові неможлива через загальносвітову (і відповідно, вітчизняну) економічну кризу. Прогнозування подальшого розвитку електроенергетики та турбогенераторобудування виконане з використанням теорії циклічного розвитку (теорії «довгих хвиль» Кондратьєва М.Д.), яка дозволяє більш точно прогнозувати напрямки розвитку електроенергетики, знижує помилковість прийняття рішень. Проведено порівняння можливих сценаріїв розвитку сучасної електроенергетики України, з використанням теорії циклічного розвитку вибране найбільш доцільний

сценарій, згідно з яким встановлені перспективні напрямки створення нових та модернізації ТГ, що тривалий стан знаходяться в експлуатації. Запропоноване вважати, що перспективним для України є стабілізаційно-стагнаційний сценарій розвитку з вибором сприятливого (помірного) шляху розвитку. Доказано, що майбутнє української електроенергетики, як і електроенергетики інших країн, пов'язане з роботою ТЕС і АЕС, тобто з досконалістю роботи ТГ. При будь-якому сценарії розвитку роботи по вдосконаленню ТГ повинні вестися безперервно, тому що їх характеристики і якість визначають енергетичну безпеку країни та конкурентоспроможність вітчизняної продукції. Для цього вибирались рішення, які повинні забезпечити стійку роботу ТГ в широкому діапазоні зміни параметрів, при роботі в різних режимах; вказані напрямки підвищення енергоефективності ТГ шляхом вдосконалення якості виготовлення, монтажу, обслуговування і ремонтів. Запропоноване при виготовленні і проведенні модернізації ТГ використовувати нові технології, матеріали, розрахункові і конструктивні рішення. При розробці нових ТГ орієнтувались на світові стандарти в галузі турбогенераторобудування, розглядали поліпшення параметрів ТГ при модернізації спираючись на ці стандарти. Для визначення можливості підтримки науково-технічної конкурентоспроможності вітчизняних ТГ на світовому ринку встановлені напрямки, в яких зазначено відставання від світових фірм: слід підвищувати потужність в одиниці виконання, знижувати масогабаритні показники (в першу чергу, питому масу), удосконалювати діагностику стану ТГ і систем охолодження, вирішувати питання переведення ТГ потужністю 200-300 МВт з водневого на повітряне охолодження і т.ін.

Для цього були вирішені питання розширення діапазону надійної експлуатації ТГ в різному технічному стані та при роботі в неномінальних режимах шляхом вдосконалення виробництва і монтажу, підвищення якості обслуговування та ремонтів; створення комплексних програм діагностики. Запропонована методика комплексного системного контролю стану ТГ в період довгої експлуатації з урахуванням особливостей режимів роботи енергетичних мереж та при переході до проведення ремонтів по фактичному стану, а не по графіку планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Розроблені практичні пропозиції щодо використання нових конструкцій, технологій і матеріалів. При цьому враховували економічну доцільність рішень, що пропонуються.

В роботі встановлена можливість і доцільність підвищення потужності ТГ в одиниці виконання. Показане, що сумарні маса, вартість і втрати потужності декількох ТГ завжди більші маси, вартості та втрат потужності однієї машини тієї ж сумарної потужності: при застосуванні одного ТГ, замість m ТГ такий же в сумі потужності, маса, вартість і втрати зменшуються приблизно в $\sqrt[4]{m}$. Отримані залежності дозволяють визначити загальну тенденцію зміни маси і втрат ТГ і можуть бути використані для практичних розрахунків. Запропоновані напрямки зниження масогабаритних показників (в першу чергу, питомої маси) ТГ, напрямки вдосконалення системи їх охолодження з урахуванням вимог одночасного підвищення потужності без зміни габаритів і за умови заміни водневої системи охолодження внутрішнього об'єму ТГ маневрового діапазону потужності (200-300 МВт) на повітряну. Встановлено, що вітчизняні ТГ поступаються за масогабаритними параметрами практично всім фірмам, що вони в середньому на 30 % важче зарубіжних аналогів. Особливо це стосується параметрів неактивної зони ТГ. Порівняння питомих витрат матеріалів на одиницю потужності ТГ показали, що вага неактивної зони вітчизняних ТГ з водневою і повітряною системами охолодження досягає 38 % від загальної ваги ТГ, тоді як у світовій практиці це значення не перевищує 30 %, що значно знижує конкурентоспроможність вітчизняних ТГ. До причин, що визначають відставання від зарубіжних фірм, слід віднести застарілі технології, недостатню профільну кваліфікацію інженерних кадрів; відсутність фінансування досліджень і робіт з освоєння нової техніки. Розроблена методика розрахунку механічної надійності модернізованих елементів і вузлів ТГ зі зниженими масогабаритними показниками. Запропоновані і обґрунтовані напрями зниження масогабаритних показників ТГ за рахунок вдосконалення їх неактивної зони шляхом використання більш перспективних технологій, стандартних профілів і нових матеріалів. При проведенні робіт по зниженню масогабаритних показників ТГ запропоновано проводити розрахунок технологічної оснащеності виробництва шляхом розрахунку загального та часткових коефіцієнтів технологічної оснащеності (КТО) по різним видам технологічної оснастки, що дозволяє порівняти технологічну оснащеність процесу виготовлення ТГ на вітчизняних підприємствах з підприємствами світу. Загальний КТО дозволяє пов'язувати технологічні процеси з діючими на заводах класифікаторами. Запропоновано для виготовлення ТГ підбирати технологі-

чне обладнання як для умовно-дрібносерійного виробництва, використовувати уніфіковані пристосування, штампи, допоміжний інструмент і нормалізоване оснащення, що дозволить підвищити коефіцієнт технологічної оснащеності (КТО) на 30-50%. Проаналізоване стан і шляхи підвищення надійності систем охолодження, напрямки створення і діагностики сучасних охолоджувачів, розроблена методика компоновання теплообмінників ТГ з урахуванням типу охолодного середовища і величини втрат при роботі в різних режимах. Встановлено зв'язки між агентами охолодження і масогабаритними показниками ТГ. Для оцінки проектних, експлуатаційних і економічних рішень, обраних під час проектування ТГ з повним повітряним охолодженням за умовою зниження масогабаритних показників, розроблена класифікація за чотирма основними напрямками: технічне, управлінське-кадрове, матеріально-постачальницьке та технологічне. Виконано порівняння масогабаритних показників конструктивних елементів ТГ з водневим і повітряним охолодженням. Вказані переваги і конструктивні відмінності конструкцій ТГ з повітряним охолодженням. Запропоновано конкретні зміни в конструкціях ТГ з повітряним охолодженням, що дозволяють без зміни їх габаритів забезпечити надійність і навіть підвищити потужність. Проведено економічне порівняння цих варіантів.

Зібрано дані, проведено аналіз і запропоновані способи діагностики дефектів систем охолодження ТГ та засоби їх усунення в станційних умовах, встановлено вплив компоновання числа ходів охолоджуючого газу в теплообміннику ТГ на експлуатаційні теплові напруги, на розподіл максимальної температури і її перепад по поверхні трубок, що дозволяє своєчасно діагностувати і усувати причини несправності охолоджувачів, розробляти рекомендації щодо проведення їхнього ремонту. Розроблено пропозиції щодо усунення причин руйнування охолоджувачів, визначені можливі причини незадовільної роботи нових охолоджувачів.

Проведене дослідження особливостей роботи, діагностики, обслуговування і ремонтів ТГ, які мають тривалий термін експлуатації. Запропоновані алгоритм розрахунку гранично допустимого спрацювання елементів ТГ та форма таблиць для реєстрації їх фактичного стану в режимі *on-line*. Оцінка технічного стану ТГ та його елементів проводилась з метою визначення можливості їх подальшої експлуатації, встановлення об'єму необхідного ремонту, можливості реабілітації або повної

заміни.

Встановлене вплив швидкості наростання навантаження на деформацію стрижнів обмоток, на стан ізоляції і шихтованих осердь; визначене вплив «старіння» металів на надійність ТГ і довговічність їх експлуатації; проаналізоване і вибране найбільш доцільну конструкцію кріплення лобових частин обмоток статора. Визначено вплив якості складання шихтованого осердя на надійність і довговічність експлуатації ТГ, запропоновані причини руйнування осердь статорів ТГ, які тривалий час знаходяться в експлуатації. При роботі ТГ в неномінальних режимах враховували дію додаткових електромагнітних сил (ЕМС), створених потоками розсіювання в елементах кріплення осердя до корпусу. Величина цієї додаткової ЕМС мало залежить від змін активної і реактивної потужності, але її залежність від зміни напруги значна, що пояснює посилення вібрації осердя. Тому, якщо ТГ часто працює в неномінальних режимах, це посилення вібрації слід враховувати при складанні графіків проведення ремонтних робіт і визначення їх об'ємів. У стані зносу з'являються додаткові причини появи підвищеної вібрації в елементах конструкцій ТГ. В результаті досліджень шихтованих осердь ТГ, з використанням теорії деформації багатошарових об'єктів, розроблена модель, що дозволяє розрахунковим шляхом оцінювати вплив склейки пакетів шихтованих осердь, схеми укладання і відносного ковзання листів активної сталі на згинальну жорсткість і надійність осердя. Запропонована методика розрахунку взаємного переміщення шихтованих листів в пакетах з різними схемами укладання листів. Виконана оцінка впливу «старіння» на жорсткість і міцність осердь статора. Підтримка постійного тиску пресування в шихтованому осерді ТГ збільшує його надійність і тривалість експлуатації. Складено модель дії сил, що діють між листами шихтованого осердя статора ТГ. Встановлено, що дія цих сил значна для крайніх листів пакетів осердь статорів і що добавка цих сил може бути однією з причин руйнування зубцевої зони: після відгинання крайнього листа умовно крайнім стає наступний лист, на нього діють сили, як і на перший лист, і так далі – ефект «доміно». Руйнуючий дії цих сил сприяє їх висока частота (100 Гц) і фактор старіння. Вважаємо, що ці сили пояснюють «розпушування» не тільки торцевих, але і центральних пакетів, а також пакетів, розташованих безпосередньо після крайніх склеєних пакетів. Запропоноване вважати, що вібрація є найбільш результативним показником стану ТГ, що

важливо при виборі типу додаткових датчиків, які слід встановлювати при можливій відмові від системи ППР і переході до ремонтів за фактичним станом. Обмеження числа каналів контролю необхідно для зниження навантаження на операторів блоків електростанцій. Проведено огляд конструкцій лобових частин обмоток статорів ТГ («кошика»), сформульовані пропозиції щодо виконання цього вузла для забезпечення допустимого рівня вібрацій і температурних напружень, синхронізації вібрацій з'єднаних елементів, стабілізації властивостей при тривалій експлуатації, для забезпечення технологічності і ремонтпридатності. Встановлено, що необхідно виконувати пружну стяжку лобових частин; застосовувати для фіксації лобових дуг в «кошику» ізоляційну мастику холодного затвердіння; використовувати для з'єднання зовнішнього конічного кільця з натискним кільцем осердя пружинні елементи, що допускають рух в аксіальному напрямку і обмежують – в радіальному.

Розглянуті проблеми і запропоновані шляхи поліпшення професійної підготовки робітників ТЕС і АЕС, визначені напрямки підвищення їх економічної зацікавленості для утримання в національній електроенергетиці. Запропоноване підтримувати на державному рівні наукові дослідження щодо створення нової техніки і модернізації діючого устаткування в електроенергетичній галузі, показана необхідність удосконалювати систему освіти.

Ключові слова: турбогенератор, електроенергетика, циклічність розвитку, тривала експлуатація, конкурентоспроможність, енерго- та ресурсозбереження, малозатратні технології виготовлення турбогенераторів, підвищення потужності, масогабаритні показники, екологічна безпека, людський фактор

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Шевченко ВВ, Барсов ВИ, Фурман ИА, Малиновский МЛ. Модели и методы параллельной реализации логических операций в АСУ ТП: монография. Харьков: Издательство «НТМТ», УИПА; 2009. 140 с. DOI: 10.5281/zenodo.2529088
2. Шевченко ВВ, Кузьмин ВВ, Минко АН. Оптимизация массогабаритных параметров неактивных частей турбогенераторов: монография (ISBN 978-966-8766-25-1). Харьков: СПДФЛ Чальцев АВ, 2012. 246 с.

DOI: 10.5281/zenodo.2536960.

3. Шевченко ВВ, Минко АН. Развитие систем охлаждения и оптимизация конструкций турбогенераторов: монография (ISBN 978-617-7033-20-1). Харьков: Изд. Иванченко ИС, 2013. 242 с. DOI: 10.5281/zenodo.2550832.

4. Шевченко ВВ. Перспективы создания конкурентоспособных турбогенераторов ТЭС и АЭС. Германия, Саарбрюккен: Издательство Ламберт (LAP Lambert Academic Publishing), 2016. 144 с. ISBN 978-3-330-01879-2.

DOI: 10.5281/zenodo.2593466

5. Shevchenko VV. Influence of manufacturing quality of laminated core on a turbogenerator exploitation term. *Electrical Engineering & Electromechanics* (Kharkov, NTU "KhPI"), 2016;(4):28-33. DOI: 10.20998/2074-272X.2016.4.04

6. Shevchenko VV. Proposals for improving the technical state of turbogenerators in excess of the service life. *Proceedings of International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES-2017)*, November 15-17, 2017, Kremenchuk Mikhailo Ostrogradskyi National University, Ukraine, Track 1 "Electromechanics". Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE.org). USA, New Jersey, Piscataway: IEEE, 2017:156-9. DOI: 10.1109/MEES.2017.8248876

7. Shevchenko VV, Milykh VI, Pototskyi DV. Technical and economic aspects of electric machine industry development with account of electric power development directions. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 2014;(2):60-3.

DOI: 10.20998/2074-272X.2014.2.14.

8. Shevchenko VV, Minko AN, Strokous AV. Analysis of electromagnetic vibration forces in the elements of the stator mounting of the turbogenerator to the case under non-nominal modes of operation. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 2018;(5):29-33. DOI: 10.20998/2074-272X.2018.5.05

9. Shevchenko VV. The reform of the higher education of Ukraine in the conditions of the military-political crisis. *International Journal of Educational Development*, 2018;65:237-53. DOI: 10.1016/j.ijedudev.2018.08.009

10. Shevchenko V.V, Minko AN. Improving Heat Exchange Systems of Turbogenerators for Increase of their Efficiency. *Problemele Energeticii Regionale*, Moldova, Kishinev), 2019;1(39):80-9. DOI: 10.5281/zenodo.2650425

11. Шевченко ВВ, Шевченко СЕ. Направления и перспективы использования специальных типов генераторов для энергетических установок с возобновляемыми

источниками энергии. Системы обработки информации (ХУВС им. И. Кожедуба), 2004;9(37):213-7. DOI: 10.5281/zenodo.2526359

12. Шевченко ВВ, Соловьев МВ. Проблемы и перспективы создания высоковольтных генераторов. Системы обработки информации (ХУВС им. И. Кожедуба), 2005;6(46):177-86. DOI: 10.5281/zenodo.2527045

13. Шевченко ВВ, Гавриш АЮ. Современное состояние и перспективы использования сверхпроводников в электроэнергетике. Системы обработки информации (ХУВС им. И. Кожедуба), 2005;5(45):194-203.

DOI: 10.5281/zenodo.2527039

14. Шевченко ВВ, Богма СА. Проблемы работы ядерных энергетических установок АЭС в неноминальных режимах. Системы обработки информации (ХУВС им. И. Кожедуба), 2007;1(59):134-40. DOI: 10.5281/zenodo.2527175

15. Шевченко ВВ. Проблемы и основные направления развития электроэнергетики в Украине. Энергетика и электрификация (Министерство топлива и энергетики Украины, Научно-технический союз энергетиков и электротехников Украины, Киев), 2007;7(287):11-6. DOI: 10.5281/zenodo.2527618

16. Шевченко ВВ, Шевченко СЕ, Шуджан РЯ. Предложения по использованию сверхпроводников в электротехнических устройствах. Сборник научных трудов Харьковского университета воздушных сил им. И. Кожедуба), 2007;1(13):96-101. DOI: 10.5281/zenodo.2527127

17. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ, Шевченко СЕ. Атомная энергетика: способы и проблемы хранения отработанного ядерного топлива. Сборник научных трудов Харьковского университета воздушных сил им. И. Кожедуба, 2007;9(67):147-153. DOI: 10.5281/zenodo.2527127.

18. Шевченко ВВ, Баженов АС, Лавриненко ТА. Конструкции ветроэнергетических установок при решении проблем промышленной энергетики. Системы обработки информации (ХУВС им. И. Кожедуба), 2008; 3(70):151-6.

DOI: 10.5281/zenodo.2527901

19. Шевченко ВВ, Омельченко ЛН, Назаров ВА. Повышение мощности гидрогенераторов при модернизации без изменения их габаритных размеров. Системы обработки информации (ХУВС им. И. Кожедуба), 2008;5(72):136-42.

DOI: 10.5281/zenodo.2528881

20. Шевченко ВВ, Омельченко ЛН. Энергосбережение в энергосистемах. Анализ, проблемы, перспективы. Вестник Кременчугского государственного политехнического университета им. М. Остроградского, 2009;3/2009(56)-1:161-6. DOI: 10.5281/zenodo.2529093

21. Шевченко ВВ, Омельченко ЛН, Заныхайло ЕА. Анализ особенностей работы материалов при криогенных температурах и выбор материалов для энергетических установок ТЭС и АЭС. Системы управления, навигации и связи (ХУВС им. И. Кожедуба), 2009; 4(12):135-42. DOI: 10.5281/zenodo.2529538

22. Шевченко ВВ., Омельченко ЛН., Назаров ВА. Повышение мощности гидротурбин при модернизации без изменения их габаритных размеров. Системи обробки інформації. Збір. наукових праць. (Харків: ХУПС ім. І. Кожедуба), 2008; 5(72):136-46. DOI: 10.5281/zenodo.2528881

23. Шевченко ВВ., Лизан ИЯ. Проблемы и способы передачи электроэнергии при полной выдаче мощности электростанциями. Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-електромеханічна. Донецьк, ДВНЗ (ДонНТУ), 2008, 16(142): 284-8.

DOI:10.5281/zenodo.2528894

24. Шевченко ВВ., Лизан ИЯ. Обзор перспективных направлений энергосбережения в электромашиностроении. Праці Луганського відділення міжнародної академії інформатизації. Луганськ: Наук. журнал, 2009, № 2/(19); 104-9. DOI: 10.5281/zenodo.2528910

25. Шевченко ВВ., Омельченко ЛМ. Інноваційні підходи до формування у студентів компетентності енергозбереження при вивченні технічних дисциплін. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського, 2009; 3/2009(56), част. 1:13-6.

DOI: 10.5281/zenodo.2529099

26. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ, Бирюков ВВ. Широотно-импульсное преобразование напряжений как фактор повышения ресурса электронагревателей парогенераторного цикла блока АЭС. Научные труды ДонНТУ. Серия «Вычисл. техника и автоматизация», 2010;18(169):121-5. DOI: 10.5281/zenodo.2530957

27. Шевченко ВВ, Минко АН. Сравнительная оценка массогабаритных параметров турбогенераторов с воздушной и водородной системами охлаждения. (Вестник НТУ «ХПИ»). 2010;(3):108-12. DOI: 10.5281/zenodo.2529586

28. Шевченко ВВ, Пидкивка СВ, Шевченко СЕ. Анализ особенностей работы материалов при криогенных температурах и выбор материалов для сверхпроводниковых турбогенераторов. Сборник научных трудов ХУВС им. И. Кожедуба, 2010;1(23):164-9. DOI: 10.5281/zenodo.2529569

29. Шевченко ВВ, Минко АН. Сравнительная оценка массогабаритных параметров турбогенераторов с воздушной и водородной системами охлаждения. Вестник НТУ «ХПИ». Серия «Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование», 2010;(3):108-12. DOI: 10.5281/zenodo.2529586

30. Шевченко ВВ, Омельченко ЛН. Вопросы энергосбережения на основе использования на ТЭС низкосортных топлив. Системы управления, навигации и связи (Київ: Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління), 2010; 3(15):149-54. DOI: 10.5281/zenodo.2529937

31. Шевченко ВВ. Особенности пуска и самозапуска электродвигателей собственных нужд атомных электростанций. Вестник НТУ «ХПИ», 2010;(46):226-34. DOI: 10.5281/zenodo.2529911

32. Шевченко ВВ, Космин СН. Особенности работы приводных двигателей технологических насосов реакторной зоны АЭС. Вестник Кременчугского государственного политехнического университета им. М. Остроградского, 2010;4/2010(63)-2:79-83. DOI: 10.5281/zenodo.2529574

33. Шевченко ВВ, Пидкивка СВ. Разработка предложений по использованию генераторов с постоянными магнитами в энергетических установках. Сборник научных трудов (ХУВС им. И. Кожедуба), 2010;4(26):188-92. DOI: 10.5281/zenodo.2530417

34. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ, Михальченко АГ. Основы построения комплексной системы обучения и подготовки специалистов по основам энергосбережения. Ростов-на-Дону: Современные проблемы многоуровневого образования, 2011; 3(13):34-40. DOI: 10.5281/zenodo.2532861

35. Шевченко ВВ, Кузьмин ВВ, Минко АН. Об оптимальном использовании материалов и снижении массогабаритных показателей торцевой зоны неактивных частей турбогенераторов. Вестник НТУ «ХПИ», 2011;(6):106-12. DOI: 10.5281/zenodo.2530993

36. Шевченко ВВ. Оценка технической и экологической перспективы развития энергетики Украины. Качество технологий и образования, 2011;(2):19-25.

DOI: 10.5281/zenodo.2532870

37. Шевченко ВВ, Кузьмин ВВ, Минко АН. Оптимизация массы и размеров элементов неактивной зоны турбогенераторов с воздушной системой охлаждения. Вестник Кременчугского национального университета им. М. Остроградского, 2011;6/2011(71)-1:100-4. DOI: 10.5281/zenodo.2535836

38. Шевченко ВВ, Кузьмин ВВ, Минко АН. Эффективная компоновка неактивной части турбогенератора – основное средство оптимизации массогабаритных параметров турбогенератора. Проблемы машиностроения, 2011;1(14):3-8. DOI: 10.5281/zenodo.2531060

39. Шевченко ВВ, Пикалов АА. Режимы и особенности конструкций синхронных гидрогенераторов-двигателей для ГАЭС. Электромеханические и энергосберегающие системы (Кременчугский гос. университет им. М. Остроградского), 2011;1/2011(13):80-5. DOI: 10.5281/zenodo.2531075

40. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ, Шевченко СЕ. Определение риска и вероятности возникновения пожара на АЭС. Системы управления, навигации и связи, 2011;1(17):259-64. DOI: 10.5281/zenodo.2532045

41. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ. Проблемы, перспективы и основные направления развития экологически чистых источников электроэнергии в Украине. Качество технологий и образования, 2011;(1):77-88. DOI: 10.5281/zenodo.2532073

42. Шевченко ВВ, Пикалов АА. Режимы и особенности конструкций синхронных гидрогенераторов-двигателей для ГАЭС. Вісник Кременчуцького держ. університету ім. М. Остроградського; Електромеханічні і енергозберігаючі системи; 2011; 1/(13):80-85. DOI: 10.5281/zenodo.2531066

43. Шевченко В.В. Пути преодоления возможного энергокризиса в энергосистеме Украины. Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта, 2012;(29):77-81. DOI: 10.5281/zenodo.2536755

44. Шевченко ВВ. Пути повышения мощности турбогенераторов при проведении работ по их реабилитации. Системы обработки информации (ХУВС им. И. Кожедуба), 2012;7(105):152-5. DOI: 10.5281/zenodo.2542017

45. Шевченко ВВ, Дубяга РВ. Роль атомных электростанций в электроснабжении Украины и безопасность их эксплуатации. Электрика (Москва: Из-во: ООО Наука и технологии), 2012;(7):34-9. DOI: 10.5281/zenodo.2538505

46. Шевченко ВВ. Основные задачи, проблемы и направления развития отечественного турбогенераторостроения. Энергетика и электрификация, 2012;10(350):33-9. DOI: 10.5281/zenodo.2541833

47. Шевченко ВВ, Кузьмин ВВ. Роль человеческого фактора в обеспечении надежности работы АЭС в Украине. Электрика (Москва: Из-во: ООО Наука и технологии ISSN 1684-2472), 2012;(3):38-43. DOI: 10.5281/zenodo.2536815

48. Шевченко ВВ, Минко АН, Кузьмин ВВ. Оценка параметрических связей массогабаритных параметров турбогенераторов с уровнем трудоемкости их производства. Вестник НТУ «ХПИ». Серия «Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование», 2012;(7):165-9. DOI: 10.5281/zenodo.2542901

49. Шевченко ВВ. Перспективная оценка совершенствования энергетической системы Украины. Электрика (Москва: Изд-во: ООО Наука и технологии), 2012;(9):10-5. DOI: 10.5281/zenodo.2538718

50. Шевченко ВВ, Минко АН, Кузьмин ВВ. Оценка параметрических связей массогабаритных параметров турбогенераторов с уровнем трудоемкости их производства. Вестник НТУ «ХПИ». 2012;7:165-9. DOI: 10.5281/zenodo.2542901

51. Шевченко ВВ, Лутай СН. Системный подход к развитию энергетики Украины. Вестник Кременчугского нац. университета им. М. Остроградского, 2012;3/2012(74):28-32. DOI: 10.5281/zenodo.2538647

52. Шевченко ВВ. Системный подход к вопросам оценки технического состояния электрооборудования энергосистем Украины. Электрика (Москва: Изд-во: ООО Наука и технологии), 2013;(1):6-10. DOI: 10.5281/zenodo.2544208

53. Шевченко ВВ. Сценарии развития электроэнергетики Украины. Системы управления, навигации и связи (ХУВС им. И. Кожедуба), 2012;3(23):151-5. DOI: 10.5281/zenodo.2542841

54. Шевченко ВВ, Кузьмин ВВ. К вопросу анализа нагрузочных режимов синхронных компенсаторов. Гидроэнергетика Украины, 2013;(1):48-53. DOI: 10.5281/zenodo.2549722

55. Шевченко ВВ, Дубяга РВ. Роль атомных электростанций в электроснабжении Украины и безопасность их эксплуатации. Электрика. (Москва: Издательство: ООО Наука и технологии); 2012;(7): 34–9.

DOI: 10.5281/zenodo.2538505

56. Шевченко ВВ, Минко АН, Гордиенко ВЮ. Результаты испытаний теплообменного устройства с улучшенными эксплуатационными характеристиками для турбогенераторов с воздушной системой охлаждения. Вестник НТУ «ХПИ», 2013;14(988):102-7. DOI: 10.5281/zenodo.2545473

57. Шевченко ВВ, Дубяга СВ. Роль энергетических комплексов в решении вопроса развития энергосистем Украины. Системы обработки информации (ХУВС им. И. Кожедуба), 2013;2(109):94-102. DOI: 10.5281/zenodo.2543706.

58. Шевченко ВВ. Определение критериев оценки состояния турбогенераторов для установления необходимости их замены или реабилитации. Вісник НТУ «ХПИ», серія «Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика»: 2012; 61(967):44-50. DOI: 10.5281/zenodo.2542877

59. Шевченко ВВ, Лутай СН. Роль кризисов в динамике развития мировой энергетики и теория цикличного развития. Научные труды Донецкого нац. технического университета, 2013;2(15):266-72. DOI: 10.5281/zenodo.2549796

60. Шевченко ВВ, Матвеевко ПИ. О целесообразности перевода турбогенераторов в режим синхронных компенсаторов. Вестник НТУ «ХПИ», 2013;51(1024):76-81. DOI: 10.5281/zenodo.2553589

61. Шевченко ВВ, Минко АН, Фомина ЕМ. Тепловое состояние турбогенераторов малой и средней мощности с полным воздушным охлаждением. Сборник научных трудов ХУВС им. И. Кожедуба, 2013;3(36):173-6.

DOI: 10.5281/zenodo.2550372

62. Шевченко ВВ, Кошевой ОП. Конструктивные особенности турбогенераторов с воздушным охлаждением. Вестник НТУ «ХПИ», 2013;65(1038):99-106. DOI: 10.5281/zenodo.2552909

63. Шевченко ВВ, Павленко ТП. Особенности выбора электродвигателей для технологических объектов энергоблоков АЭС. Электротехника и электромеханика, 2013;(3):36-41. DOI: 10.5281/zenodo.2544893

64. Шевченко ВВ, Минко АН. Анализ взаимосвязи тепловых и аэродинамических показателей охлаждающей среды с показателями массы и габаритов неактивной части конструкции турбогенератора. Вестник НТУ «ХПИ», 2013;51(10-24): 59-

65. DOI: 10.5281/zenodo.2553676

65. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ. Концепция выбора двигателей технологических процессов блока АЭС для обеспечения их надежности. Сборник научных трудов ХУВС им. И. Кожедуба, 2013;2(35):161-5. DOI: 10.5281/zenodo.2544496

66. Шевченко ВВ, Минко АН, Гордиенко ВЮ. Определение геометрических параметров уплотнительных узлов турбогенераторов с водородным охлаждением. Вестник НТУ «ХПИ». 2014;12(1055):127-30. DOI: 10.5281/zenodo.2557219

67. Шевченко ВВ, Потоцкий ДВ. Оценка перспектив использования нанотехнологий в энергетическом электромашиностроении. Электрика (Москва: Изд-во ООО Наука и технологии), 2014;(2):13-6. DOI: 10.5281/zenodo.2557000

68. Шевченко ВВ. Развитие систем охлаждения турбогенераторов и теория длинных волн Кондратьева. Электрика (Москва: Изд-во: ООО Наука и технологии), 2014;(8):12-5. DOI: 10.5281/zenodo.2561427

69. Шевченко ВВ, Минко АН. Модернизация конструкций отечественных турбогенераторов с учетом требований поддержания их конкурентоспособности. Вестник НТУ «ХПИ», 2014;38(1081):146-55. DOI: 10.5281/zenodo.2561562

70. Шевченко ВВ, Милых ВИ. Неисправности электрооборудования АЭС и действия оперативного персонала по их ликвидации. Электрика (Москва: Изд-во: ООО Наука и технологии, 2014;(1):2-5. DOI: 10.5281/zenodo.2556400

71. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ. Оценка технических параметров турбогенераторов для определения работ по их восстановлению или установления необходимости замены. Системы вооружения и военная техника (ХУВС им. И. Кожедуба), 2015;2(42):145-50. DOI: 10.5281/zenodo.2567462

72. Шевченко ВВ, Масленников АМ. Структурно-логическая схема снижения массогабаритных параметров турбогенераторов. Вестник Приазовского госуд. технического университета. Серия «Технические науки», 2015;30(2):137-44. DOI: 10.5281/zenodo.2573121

73. Шевченко ВВ. Прогнозирование эксплуатационного состояния турбогенераторов. Электрика (Москва: Изд-во ООО Наука и технологии), 2015;1:3-7. DOI: 10.5281/zenodo.2567274

74. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ. Предложения по предотвращению и ликвидации повреждений сердечников статоров турбогенераторов. Наукові праці ДонНТУ. Се-

рія: Електротехніка та енергетика: 2015;1(17): 138-43.

DOI: 10.5281/zenodo.2592007

75. Шевченко ВВ, Минко АН, Лукьянчикова СА. Предложения по модернизации конструкций турбогенераторов, отработавших технический ресурс. Электрика (Москва: Изд-во ООО Наука и технологии), 2015;(3):8-13.

DOI: 10.5281/zenodo.2571999

76. Shevchenko VV. To issue of ensuring of competitiveness of domestic turbogenerators. Electrotechnical and computer systems. Special issue "Electrical and computer systems: theory and practice", Odessa, 2016;22(98):226-31.

DOI: 10.5281/zenodo.2597120

77. Шевченко ВВ, Минко АН. Оптимизация массогабаритных размеров газоохладителей турбогенераторов при реконструкции и техническом перевооружении электростанций. Энергетик, 2016;(2):52-5.

DOI: 10.5281/zenodo.2593848

78. Шевченко ВВ. К вопросу обеспечения конкурентоспособности отечественных турбогенераторов. Электротехнические и компьютерные системы, спец. выпуск, 2016;22(98):226-31. DOI: 10.5281/zenodo.2597120

79. Шевченко ВВ, Строкоус АВ. Режимы эксплуатации турбогенераторов с учетом требований устойчивости работы энергосистемы. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит; Харьков; 2016;02(145):33-42.

DOI: 10.5281/zenodo.2595892

80. Шевченко ВВ, Минко АН. Комплексная структура разработки турбогенераторной установки блочно-модульного исполнения. Вестник НТУ «ХПИ». 2017;9(1231):86-9. DOI: 10.20998/2078-774X.2017.09.14

81. Шевченко ВВ, Минко АН, Потоцкий ДВ. Рекомендации по компоновке и выбору основного энергетического оборудования теплоутилизационных электрических станций блочно-модульного исполнения. Одеський НТУ: Електротехнічні та комп'ютерні системи; 2017; 26(102):18-24.

DOI: 10.5281/zenodo.2233302

82. Шевченко ВВ, Шайда ВП, Зубань ЕС. Особенности выбора материалов магнитных систем электродвигателей для авиации. Наука и техника Воздушных Вооруженных сил Украины, 2017;2(27):59-64. DOI: 10.30748/nitps.2017.27.11

83. Шевченко ВВ, Потоцкий ДВ, Строкоус АВ. Особенности эксплуатации и диагностики турбогенераторов в состоянии износа. *Fundamentalis scientiam (Spain, Madrid)*, 2017;2(3):87-94. DOI: 10.5281/zenodo.2599756

84. Шевченко ВВ, Потоцкий ДВ. Использование асинхронизированных турбогенераторов для стабилизации напряжения в энергосистеме. Системы вооружения и военная техника (ХУВС им. И. Кожедуба), 2017;1(49):181-4.

DOI: 10.5281/zenodo.2602013

85. Шевченко ВВ, Строкоус АВ. Прогнозирование эксплуатационного ресурса турбогенераторов по данным вибрационного контроля. *Norwegian: Oslo. – Norwegian Journal of development of the International Science*, 2017;(10)-2:78-83. DOI: 10.5281/zenodo.2602132

86. Шевченко ВВ. Визначення впливу поздовжніх коливань турбогенераторів на їх надійність. Вісник Харківського НТУ сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки. (Харків: ХНТУСГ), 2019, вип. 203:85-7.

DOI: 10.5281/zenodo.3526670

87. Шевченко ВВ, Петренко НЯ. О повышении надежности работы автоматических установок пожаротушения на блоках АЭС. Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии, 2019;45(1):181-7.

DOI: 10.5281/zenodo.3605150

88. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ. Обзор перспективных направлений энергосбережения в электромашиностроении. Труды Луганского отделения международной академии информатизации, 2009;1(18):104-9.

DOI: 10.5281/zenodo.2528910

89. Шевченко ВВ, Кузьмін ВВ, Мінко ОМ, Гордієнко ВЮ. Свідectво про реєстрацію авторського права на твір «Комп'ютерна програма «Fahrenheit v.0.1» № 39709 від 16 Сер 2011. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України. DOI: 10.5281/zenodo.2532938

90. Шевченко ВВ, Мінко ОМ, Кобзар КО, Гордієнко ВЮ, Кузьмін ВВ. Теплообмінник потужних електричних машин: Патент на корисну модель № 73346 від 25 Вер 2012. Патенти і винаходи (Державна служба інтелектуальної власності України, Укрпатент), 2012;(8). 7 с. DOI: 10.5281/zenodo.2536048

91. Шевченко ВВ, Мінко ОМ, Гордієнко ВЮ, Грубой ОП. Вузол еластичного

кріплення зовнішніх опорних лап: Патент на корисну модель № 86743 від 10 Січ 2014, заяв. № u 2013 08457 від 05 Лип 2013. Патенти і винаходи (Державна служба інтелектуальної власності України, ДП «Український інститут промислової власності»), 2014;(1). 6 с. DOI: 10.5281/zenodo.2557032

92. Шевченко В.В, Мінко О.М, Гордієнко В.Ю, Грубой О.П. Маслоуловлювач потужних електричних машин. – Патент на винахід № 113647. Видано відповідно Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі». Зареєстроване в Держ. реєстрі патентів України на винаходи 27.02.2017 р., № заяви а 2014 13100. Публікація відомостей про видачу патенту 27.02.2017, бюл. № 4. 6 с.

93. Шевченко ВВ, Мінко ОМ. Рекуператор: Патент на корисну модель № 127443 від 25 Лип 2018, заявка № u 2018 03534 від 02 Кві 2018. Патенти і винаходи (Державна служба інтелектуальної власності України, ДП "Український інститут промислової власності"), 2018;(14). 6 с. DOI: 10.5281/zenodo.2636354.

94. Шевченко ВВ, Мінко ОМ. Теплоутилізаційна електрична станція: Патент на корисну модель № 135396 від 25 Чер 2019, заявка № u 2019 01105 від 04 Лют 2019 (власник НТУ «ХПІ», Україна). Патенти і винаходи (Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, ДП «Український інститут промислової власності»), 2019;(12). 4 с. DOI: 10.5281/zenodo.3605638. 7 с.

95. Шевченко ВВ, Лизан ИЯ, Зиновьев СН. Ядерная энергетика Украины и экологическая безопасность: проблемы и перспективы. Сборник материалов 1-й Международной НПК «Современные аспекты механизации и автоматизации энергоемких производств» (ДонНТУ, 28 Апр 2011), 2011:288-96.

DOI: 10.5281/zenodo.2530962

96. Шевченко ВВ, Омельченко ЛН. Энергосбережение в энергосистемах. Харьков: Мир Техники и Технологий. Международный промышленный журнал; 2012;5(126):52-55. DOI: 10.5281/zenodo.2538496

97. Шевченко ВВ. Экология и атомная энергетика Украины. Мир Техники и Технологий. Международный промышленный журнал; 2012;7(128):30-3.

DOI: 10.5281/zenodo.2538639

98. Шевченко ВВ. Управляемые источники реактивной мощности, как способ повышения надежности работы энергосистем. Сборник тезисов международной научно-практической конференции "Современные тенденции ТОиР. Диагностика

оборудования горно-металлургического и энергетического комплексов" (Мариуполь, 9-10 Сен 2013):60-2. DOI: 10.5281/zenodo.2551556

99. Шевченко ВВ. Направления деятельности по обеспечению энергоэффективности энергетики. Мир Техники и Технологий. Международный промышленный журнал, 2013; 5(138):26-35. DOI: 10.5281/zenodo.2549844

100. Шевченко ВВ. Определение сил, действующих в сердечнике статора турбогенератора. Сборник научно-технических трудов Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика и электромеханика». Воронеж, НОУ ВПО «Международный институт компьютерных технологий», 22 Апр 2015):52-6. DOI: 10.5281/zenodo.2579270

101. Шевченко ВВ, Минко АН. Критерий оптимизации массогабаритных параметров конструкций турбогенераторов. Сборник научно-технических трудов международной конференции «Инновационные технологии в электроэнергетике и электромеханике». РФ, Воронеж: НОУ ВПО «Международный институт компьютерных технологий», 2013:138-42. DOI: 10.5281/zenodo.2545647

102. Шевченко ВВ, Потоцкий ДВ. Использование сверхпроводников в электромашиностроении как фактор энергосбережения. Сборник научно-технических трудов международной конференции «Электроэнергетика и электромеханика». Воронеж: 2014;1:142-6. DOI: 10.5281/zenodo.2561278

103. Шевченко ВВ, Петренко НЯ. Роль энергоэффективности электрооборудования электростанций в поддержании баланса активной и реактивной мощности в системе. Актуальные научные исследования в современном мире (iScience), 26-27 Фев 2018 (Переяслав-Хмельницкий, ОО «Институт социальной трансформации»), 2018;2(34)-6:131-6. DOI: 10.5281/zenodo.2221971.

104. Shevchenko V, Minko A. Turbogenerators of new generation with various cooling systems. Proceedings of the VII International Scientific-Technical Conference "Problems of modern power engineering and automation in the system nature management (theory, practice, history, education)", Kyiv, May 23-27, 2018, Sect. 5 "Electromechanical transformation of energy", 2018:90-2. DOI: 10.5281/zenodo.2636460

105. Shevchenko VV, Semenyutin DG. Modeling of the temperature state of turbo-generators in the medium of SolidWorks. Proceedings of the VII International Scientific-Technical Conference, Kyiv, May 23-27, 2018, Section 5 "Electromechanical transformation of energy". 2018:84-6. DOI: 10.5281/zenodo.2636622

106. Шевченко ВВ. Соотношение технического и человеческого фактора в выполнении задачи безопасного продления сроков эксплуатации энергоблоков АЭС Украины. Международный электронный научно-практ. журнал «Way Science», 2018;2(2):114-38. DOI: 10.5281/zenodo.2196905

107. Шевченко ВВ, Дон АВ, Кононова ТГ. Проблемы современной электроэнергетики, пути ее развития и оценка источников электроэнергии. Collection of works XVI International Scientific Conference «Science and Society» (Canada, Hamilton, Dec 27, 2019):61-73. DOI: 10.5281/zenodo.3892964

108. Шевченко АС, Шевченко ВВ. Выбор параметров медицинского контроля физического состояния операторов АЭС. Вестник Харьковского регион. института проблем общественного здравоохранения; 2018; 6(86):41-4. DOI: 10.5281/zenodo.2538243

109. Шевченко В.В., Бредун А.В. Программное обеспечение для АЭС как часть их безопасной работы. Вестник Харьковского регион. института проблем общественного здравоохранения; 2019;1(87):8-15. DOI: 10.5281/zenodo.2540739

110. Shevchenko VV, Shevchenko AS, Sergiyenko IV. Proposals for Reducing the Accident Rate on Nuclear Power Plants and Minimizing of Accident Consequences // Bulletin KhRIPHS, 2019;2(88):31-43. DOI: 10.5281/zenodo.2596459

111. Шевченко ВВ. Особенности преподавания технических дисциплин при современной речевой подготовке студентов. Сборник трудов VIII Международного научно-методического симпозиума «Современные проблемы многоуровневого образования» (пос. Дивноморское, 27 Сен-4 Окт 2013). Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2013:206-14. DOI: 10.5281/zenodo.2552676

112. Шевченко ВВ, Кононова ТГ. Виды дефектов и расчет ущербов от отказов турбогенераторов на блоках электростанций. Дніпро: Сучасний рух науки. Міжнародний електронний науково-практичний журнал «Way Science»; 2019, т. 3;634-8.

DOI: 10.5281/zenodo.3491058

113. Шевченко ВВ, Дон АВ. Предложения по продлению срока эксплуатации электрооборудования электростанций. Дніпро: Сучасний рух науки: Міжнародний електронний науково-практичний журнал «Way Science». 2019, т. 3; 629-33. DOI: 10.5281/zenodo.3491167

114. Шевченко ВВ, Петренко НЯ. Перспективы развития и проблемы атомной энергетики Украины. Дніпро: Сучасний рух науки. Міжнародний електронний науково-практичний журнал «Way Science», 2019, т.3; 638-644.

DOI: 10.5281/zenodo.3497554.

115. Шевченко ВВ, Петренко МЯ, Шевченко ОС. «Зелений тариф» в електроенергетиці Україні. Соціальна справедливість, економіка та міжнародне право. Збірник матеріалів II Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Новітні технології в освіті, науці та виробництві» (16 Лип 2020). Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2020. С. 71-4. DOI:10.5281/zenodo.3950337

ANNOTATION

Shevchenko V.V. Scientific and technical fundamentals of maintaining the competitiveness of turbogenerators and ensuring their efficiency during long-term operation. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of technical sciences on a specialty 05.09.01 "Electric cars and devices" – National technical university "Kharkiv polytechnic institute", Kharkiv, 2020.

The dissertation is devoted to the applied scientifically-applied problem of studying the peculiarities of the operation of turbogenerators (TGs) that have been in operation for a long time at TPP and NPP units, increasing their energy efficiency, ensuring stable operation for a modern power system, solving issues of extending the service life and increasing the scientific and technical competitiveness of new TGs in the world market. The relevance of the study is determined by the peculiarity of the modern period: environmental problems, the growth of the planet's population, an increase in its energy activity, which requires a further increase in the generated electricity. New sources have appeared in the general energy system of Ukraine, which have active government sup-

port, while the classical electric power industry (TPP and NPP) does not receive sufficient government funding to carry out scientific and technical work to improve and update electrical equipment. Therefore, forecasting of promising directions for the development of the electric power industry was carried out to confirm the prospects and the need to carry out work on the study and improvement of TGs as the main sources of electricity, to establish their role in providing the country with electricity, to establish directions for work on the creation of new TGs and modernization of TGs, which are long-term time are in operation and replacement of which with new ones is impossible due to the global (and, accordingly, national) economic crisis. Prediction of further development and improvement of the electric power TGs made using the theory of cyclic (theory of Kondrat'ev "long-wave"), which allows more accurately predict the direction of the electric power, reduces inaccuracy decision due to the limited machine park of TGs. Comparison of possible scenarios for the development of modern electric power industry in Ukraine is carried out; choose the most promising scenario using the cyclical development of the theory, according to which set prospective directions of creation of new and modernization of the turbogenerators, which for a long time are in operation. It is proposed to consider that the stabilization-stagnation scenario of development with the choice of a favorable (moderate) path of development is promising for Ukraine. It is proved that the future of the Ukrainian electric power industry, as well as the electric power industry of other countries, is connected with the work of TPPs and NPPs, that is with the perfection of TG operation.

Work on the improvement of TGs should be carried out continuously under any development scenario, because they determine the country's energy security and are a possible export item for domestic products. For this purpose, solutions were selected that should ensure the stable operation of TG in a wide range of parameter changes, when working in different modes; the directions of increase of energy efficiency of TG by improvement of quality of manufacturing, installation, service and repairs are specified. It is offered to use new technologies, materials, calculation and constructive decisions at manufacturing and carrying out modernization of TGs. When developing new TGs, we were guided by world standards. To determine the possibility of the scientific and technical competitiveness of domestic TGs in the world market, directions have been estab-

lished in which there is a lag behind world firms: the need to increase the power per unit of performance and reduce the weight and size indicators (primarily, the specific gravity), improve designs, ensure the completeness of diagnostics of the TGs state and cooling systems, solution of the issue of transferring TGs 200-300 MW from hydrogen to air cooling, etc. To do this, the issues of expanding the range of reliable operation of TG in different technical condition, when working in non-nominal modes by improving production and installation, improving the quality of service and repairs; creation of comprehensive diagnostic programs. The method of complex system control of TGs condition during the period of long operation is offered taking into account features of operating modes of power networks and at transition to carrying out repairs on an actual condition, instead of on the schedule of planned and preventive repairs. Practical proposals have been developed for the use of new designs, technologies and materials. At the same time, we take into account the economic feasibility of the proposed solutions.

The possibility and expediency of increasing the capacity of TG per unit of performance is established in the work. It is shown that the total mass, cost and power losses of several TGs are always large approximately at $\sqrt[4]{m}$ that mass, cost and power loss of one machine of the same total power. The resulting dependence can be used for practical calculations. The specific material consumption of the TGs was determined separately for the active and inactive zones of the machine. Directions were proposed for reducing the mass and size indicators (first of all, the specific mass) of TGs, improving their cooling system, taking into account the requirements for a simultaneous increase in power without changing the dimensions and subject to replacement of the hydrogen cooling system of the internal volume of the TGs shunting power range (200-300 MW) to the air cooling system. It was found that domestic TGs are inferior in weight and size parameters to almost all firms, that they are, on average, 30% heavier than their foreign analogues. This is especially true of the parameters of the inactive zone of TGs. Comparison of specific materials consumption per unit capacity of TGs showed that the weight of the inactive zone of domestic TG with hydrogen and air cooling systems reaches 38% of the total weight of TG, while in world practice this value does not exceed 30%, which significantly reduces the competitiveness of domestic TGs. In addressing the issue of reducing the mass and size parameters of the stator took into account the requirement of unification of parts and assemblies and the need to intensify cooling.

The reasons that determine the lag behind foreign firms include outdated technologies, insufficient profile qualifications of engineers; lack of funding for research and development of new equipment. It is proposed to use the coefficient $\lambda=l_s/D_s$ to check the selected TG geometry. It is shown how the value of λ depends on the power of the generator, and that to reduce the mass and size indicators with increasing power, the coefficient λ should be reduced. The use of this coefficient makes it possible to choose the ratio of the TGs main parameters (l_s and D_s) when carrying out work to reduce the specific mass and maintain the overall dimensions. The method of calculation of mechanical reliability of the modernized elements and knots of TGs with the reduced mass and dimensional indicators is developed. The directions of reduction of mass-dimensional indicators of TGs due to improvement of their inactive zone by use of more perspective technologies, standard profiles and new materials are proposed and substantiated. When working to reduce the mass and dimensions of the TGs, it is proposed to calculate the technological equipment of production by calculating the general and partial coefficients of the technological equipment (CTE) for different types of technological processes, which allows comparing the technological equipment TGs production at national enterprises with world enterprises. The general CTE allows you to link technological processes with classifiers operating at factories. It is proposed to select technological equipment for production of TG as for conditional small-scale production, to use the unified devices, stamps, the auxiliary tool and the normalized equipment that will allow to increase CTE by 30-50%.

The state and prospects of increase of reliability of cooling systems, directions of creation and diagnostics of modern coolers were analyzed, the technique of arrangement of heat exchangers of TGs taking into account type of cooling environment and size of power losses at work in various modes is developed. The connections between the used refrigerant and mass and size indicators of TG are established. To assess the design, operational and economic solutions selected during the design of TG with full air cooling under the condition of reducing the mass and size indicators, a classification has been developed in four main areas: technical, managerial, material-supply and technological.

The comparison of the mass and dimensional parameters of structural elements of TG with hydrogen and air cooling is performed. The advantages, disadvantages and structural differences of the designs of air-cooled TGs are indicated, specific changes in

their designs are proposed, which, without changing the dimensions, ensure reliability and even increase power. An economic comparison was made between these options. The data were collected, the analysis of TG cooling systems malfunctions was carried out, which allows to diagnose and eliminate the causes of the chiller malfunction in time and to develop recommendations for repairs.

Systematized defects of TG cooling systems, proposed methods for diagnosing defects and their elimination in the station conditions, the influence of TG heat exchanger layout on operating thermal stresses, maximum temperature distribution and its difference on the tube surface is established. Defects of TG cooling systems are systematized, methods of diagnostics of defects and ways of their elimination in the conditions of power plants are offered; the influence of the location of the heat exchanger and the number of strokes of the cooling gas on the operating thermal stresses, on the distribution of the maximum temperature and on the temperature drop on the surface of the tubes is established. Proposals have been developed to eliminate the causes of leakage in coolers, their destruction, and possible reasons for the unsatisfactory operation of new air coolers have been identified. The proposed classification of the failure of cooling systems can be used to train personnel for prompt action in the event of an accident. It is shown that timely and efficient repair of TG cooling system is economically advantageous because it reduces the probability of emergency shutdowns of power plant units.

A study of the features of operation, diagnosis, maintenance and repair of TG, which have a long service life was conducted. The algorithm of calculation of maximum admissible operation of TG elements and the form of tables which register an actual condition are offered. The assessment of the technical condition of TG and its elements was carried out in order to determine the possibility of their further operation, in order to determine the amount of necessary repairs, the possibility of rehabilitation or complete replacement. The influence of the rate of load increase on the deformation of the winding rods, on the state of insulation and charge cores; the influence of "aging" of metals on reliability of TGs and durability of their operation is defined; analyzed and selected the most appropriate design for mounting the front parts of the stator windings. The influence of the quality of the core assembly on the reliability and duration of operation TGs is determined the reasons for the destruction of stators cores of TGs, which have

been in operation for a long time, are proposed. When TGs operate in non-rated modes, it is necessary to take into account the action of additional electromagnetic forces (EMF) created by the leakage fluxes in the elements of the core-to-body fastening. Although the magnitude of such EMF is small, their effect is added to the action of EMCs from the main scattering fluxes, which usually act on the TG laminations packets in nominal mode, and contributes to their destruction. The magnitude of this additional EMF depends little on the changes in active and reactive power, but its dependence on the voltage change is significant, which, in our opinion, explains the increased vibration of the core. In a state of wear, vibration in the TGs structural elements increases. Therefore, if the TG often operates in non-nominal modes, this increase in vibration should be taken into account when scheduling repairs and determining their volumes. The reasons that affect the state of TGs laminated cores have been investigated; using the theory of deformation of multilayer objects, a model has been developed that allows one to evaluate the effect of gluing, method of laying and relative sliding of active steel sheets on the flexural rigidity and reliability of the core. In a state of wear there are additional reasons for the appearance of increased vibration in the structural elements of the TG. A method for calculating the mutual motion of laminated sheets in packages with different types of assembly and different state of insulation is proposed. It was found that when assembling a laminated package with an overlap of 1/2 sheet, its rigidity differs from the monolithic version by no more than 3%. The influence of "aging" on the stiffness and strength of the laminated stator core was evaluated. Maintaining a constant pressing pressure in the charged core of the TG increases its reliability and service life. A model for calculating the forces that act on the sheets of the TGs laminated stator core has been compiled. It is established that the action of these forces is significant for the extreme sheets of packets of stator cores, and that the addition of these forces may be one of the causes of destruction of the toothed zone: after bending the extreme sheet conditionally extreme becomes the next sheet and so on – it's a "domino" effect. This is facilitated by the high frequency of the acting forces (100 Hz) and the aging factor. We believe that these forces explain the loosening of not only the end, but also the central packages, as well as packages located immediately after the extreme glued packages. It is concluded that maintaining a constant pressure in the laminated core TG increases its reliability and durability. It is suggested that vibration is the most effective indicator of TG status; this

is important when choosing the type and number of additional sensors that are installed during the transition to the actual repairs. Limiting the number of control channels is necessary to reduce the burden on the power plant unit operators. A review of the designs of the frontal parts of the stator windings of the TG ("basket") was carried out, proposals were formulated for the layout of this unit to ensure the permissible level of vibrations and temperature stresses, to synchronize the vibration of the connected elements, to stabilize the properties during long-term operation, to ensure manufacturability and maintainability. To consider the problems and suggest ways to improve the training of workers of TPPs and NPPs, identified ways to increase their economic interest in keeping in the national electricity. It is proposed to support at the state level research in the electricity sector on the creation of new equipment and modernization of existing equipment, as well as to improve the education system.

Key words: turbogenerator, electric power industry, cyclical development, long-term operation, competitiveness, energy and resource saving, low-cost technologies for manufacturing turbogenerators, control and diagnostic system, power increase, weight and size indicators, ecological safety, "human" factor.

LIST OF WORKS PUBLISHED ON DISSERTATION THE TOPIC

1. Shevchenko VV, Barsov VI, Furman IA, Malinovskiy ML. Modeli i metody parallel'noy realizatsii logicheskikh operatsiy v ASU TP: monografiya. Khar'kov: Izdatel'stvo "NTMT", UIPA; 2009. 140 s. DOI: 10.5281/zenodo.2529088
2. Shevchenko VV, Kuz'min VV, Minko AN. Optimizatsiya massogabaritnykh parametrov neaktivnykh chastey turbogeneratorov: monografiya. Khar'kov: SPDFL Chal'tsev AV, 2012. 246 s. DOI: 10.5281/zenodo.2536960.
3. Shevchenko VV, Minko AN. Razvitiye sistem okhlazhdeniya i optimizatsiya konstruktsiy turbogeneratorov: monografiya. Khar'kov: Izd. Ivanchenko IS, 2013. 242 s. DOI: 10.5281/zenodo.2550832.
4. Shevchenko VV. Perspektivy sozdaniya konkurentosposobnykh turbogeneratorov TES i AES. Germaniya, Saarbryukken: Izdatel'stvo Lambert (LAP Lambert Academic Publishing), 2016. 144 s. DOI: 10.5281/zenodo.2593466
5. Shevchenko VV. Influence of manufacturing quality of laminated core on a turbogenerator exploitation term. Electrical Engineering & Electromechanics (Kharkov,

NTU “KhPI”), 2016;(4):28-33. DOI: 10.20998/2074-272X.2016.4.04

6. Shevchenko VV. Proposals for improving the technical state of turbogenerators in excess of the service life. Proceedings of International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES-2017), November 15-17, 2017, Kremenchuk Mikhailo Ostrogradskyi National University, Ukraine, Track 1 “Electromechanics”. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE.org). USA, New Jersey, Piscataway: IEEE, 2017:156-9. DOI: 10.1109/MEES.2017.8248876

7. Shevchenko VV, Milykh VI, Pototskyi DV. Technical and economic aspects of electric machine industry development with account of electric power development directions. Electrical Engineering & Electromechanics, 2014;(2):60-3. DOI: 10.20998/2074-272X.2014.2.14

8. Shevchenko VV, Minko AN, Strokous AV. Analysis of electromagnetic vibration forces in the elements of the stator mounting of the turbogenerator to the case under non-nominal modes of operation. Electrical Engineering & Electromechanics, 2018;(5):29-33. DOI: 10.20998/2074-272X.2018.5.05

9. Shevchenko VV. The reform of the higher education of Ukraine in the conditions of the military-political crisis. International Journal of Educational Development (ISSN 0738-0593), 2018;65:237-53. DOI: 10.1016/j.ijedudev.2018.08.009

10. Shevchenko V.V, Minko AN. Improving Heat Exchange Systems of Turbogenerators for Increase of their Efficiency. Problemele Energeticii Regionale, Moldova, Kishinev), 2019;1(39):80-9. DOI: 10.5281/zenodo.2650425

11. Shevchenko VV, Shevchenko SE. Napravleniya i perspektivy ispol'zovaniya spetsial'nykh tipov generatorov dlya energeticheskikh ustanovok s vozobnovlyayemyimi istochnikami energii. Sistemy obrabotki informatsii (KhUVS im. I. Kozheduba), 2004;9(37):213-7. DOI: 10.5281/zenodo.2526359

12. Shevchenko VV, Solov'yev MV. Problemy i perspektivy sozdaniya vysokovol'tnykh generatorov. Sistemy obrabotki informatsii (KhUVS im. I. Kozheduba), 2005;6(46):177-86. DOI: 10.5281/zenodo.2527045

13. Shevchenko VV, Gavrish AYu. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy ispol'zovaniya sverkhprovodnikov v elektroenergetike. Sistemy obrabotki informatsii (KhUVS im. I. Kozheduba), 2005;5(45):194-203. DOI: 10.5281/zenodo.2527039

14. Shevchenko VV, Bohma SA. Problemy roboty yadernykh enerhetychnykh

ustanovok AES v nenominalnykh rezhymakh. *Systemy obrobky informatsii (KhUPS im. I. Kozheduba)*, 2007;1(59):134-40. DOI: 10.5281/zenodo.2527175

15. Shevchenko VV. Problemy i osnovnyye napravleniya razvitiya elektroenergetiki v Ukraine. *Energetika i elektrifikatsiya (Ministerstvo topliva i energetiki Ukrainy, Nauchno-tehnicheskiiy soyuz energetikov i elektrotekhnikov Ukrainy, Kiyev)*, 2007;7(287):11-6. DOI: 10.5281/zenodo.2527618

16. Shevchenko VV, Shevchenko SE, Shudzhan RYa. Predlozheniya po ispol'zovaniyu sverkhprovodnikov v elektrotekhnicheskikh ustroystvakh. *Sbornik nauchnykh trudov Khar'kovskogo universiteta vozdushnykh sil im. I. Kozheduba*, 2007;1(13):96-101. DOI: 10.5281/zenodo.2527127

17. Shevchenko VV, Lizan IYa, Shevchenko SE. Atomnaya energetika: sposoby i problemy khraneniya otrabotannogo yadernogo topliva. *Sbornik nauchnykh trudov Khar'kovskogo universiteta vozdushnykh sil im. I. Kozheduba*, 2007;9(67):147-153. DOI: 10.5281/zenodo.2527127.

18. Shevchenko VV, Bazhenov AS, Lavrinenko TA. Konstruktsii vetroenergeticheskikh ustanovok pri reshenii problem promyshlennoy energetiki. *Sistemy obrabotki informatsii (KhUVS im. I. Kozheduba)*, 2008; 3(70):151-6. DOI: 10.5281/zenodo.2527901

19. Shevchenko VV, Omel'chenko LN, Nazarov VA. Povysheniye moshchnosti gidrogeneratorov pri modernizatsii bez izmeneniya ikh gabaritnykh razmerov. *Sistemy obrabotki informatsii (KhUVS im. I. Kozheduba)*, 2008;5(72):136-42. DOI: 10.5281/zenodo.2528881

20. Shevchenko VV, Omel'chenko LN. Energoberezheniye v energosistemakh. Analiz, problemy, perspektivy. *Vestnik Kremenchugskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta im. M. Ostrogradskogo*, 2009;3/2009(56)-1:161-6. DOI: 10.5281/zenodo.2529093

21. Shevchenko VV, Omel'chenko LN, Zanykhaylo EA. Analiz osobennostey raboty materialov pri kriogennykh temperaturakh i vybor materialov dlya energeticheskikh ustanovok TES i AES. *Sistemy upravleniya, navigatsii i svyazi (KhUVS im. I. Kozheduba)*, 2009;4(12):135-42. DOI: 10.5281/zenodo.2529538

22. Shevchenko VV, Omel'chenko LN, Nazarov VA. Povysheniye moshchnosti gidrogeneratorov pri modernizatsii bez izmeneniya ikh gabaritnykh razmerov. *Systemy*

obrobky informatsii. Zbir. naukovykh prats. (Kharkiv: KhUPS im. I. Kozheduba), 2008;5(72):136-46. DOI: 10.5281/zenodo.2528881

23. Shevchenko VV, Lizan IYa. Problemy i sposoby peredachi elektroenergii pri polnoy vydache moshchnosti elektrostantsiyami. Naukovi pratsi DonNTU. Donetsk, DVNZ (DonNTU), 2008;16(142):284-8. DOI:10.5281/zenodo.2528894

24. Shevchenko VV, Lizan IYa. Obzor perspektivnykh napravleniy energosberezheniya v elektromashinostroyenii. Pratsi Luhanskoho viddilennia mizhnarodnoi akademii informatyzatsii. Luhansk: Nauk. zhurnal, 2009;2(19):104-9. DOI: 10.5281/zenodo.2528910

25. Shevchenko VV, Omel'chenko LM. Innovatsiyi pidkhody do formuvannya u studentiv kompetentnosti enerhozberezhennya pry vyvchenni tekhnichnykh dystsyplin. Visnyk Kremenchutskoho derzhavnogo politekhnichnoho universytetu im. M. Ostrohradskoho, 2009;3/2009(56-1):13-6. DOI: 10.5281/zenodo.2529099

26. Shevchenko VV, Lizan IYa, Biryukov VV. Shirotno-impul'snoye preobrazovaniye napryazheniy kak faktor povysheniya resursa elektronagrevateley parogeneratornogo tsikla bloka AES. Nauchnyye trudy DonNTU. Seriya "Vychisl. tekhnika i avtomatizatsiya", 2010;18(169):121-5. DOI: 10.5281/zenodo.2530957

27. Shevchenko VV, Minko AN. Sravnitel'naya otsenka massogabaritnykh parametrov turbogeneratorov s vozdushnoy i vodorodnoy sistemami okhlazhdeniya. Vestnik NTU "KhPI". 2010;(3):108-12. DOI: 10.5281/zenodo.2529586

28. Shevchenko VV, Pidkivka SV, Shevchenko SE. Analiz osobennostey raboty materialov pri kriogennykh temperaturakh i vybor materialov dlya sverkhprovodnikovyykh turbogeneratorov. Sbornik nauchnykh trudov KhUVS im. I. Kozheduba, 2010;1(23):164-9. DOI: 10.5281/zenodo.2529569

29. Shevchenko VV, Minko AN. Sravnitel'naya otsenka massogabaritnykh parametrov turbogeneratorov s vozdushnoy i vodorodnoy sistemami okhlazhdeniya. Vestnik NTU "KhPI". 2010;(3):108-12. DOI: 10.5281/zenodo.2529586

30. Shevchenko VV, Omel'chenko LN. Voprosy energosberezheniya na osnove ispol'zovaniya na TES nizkosortnykh topliv. Sistemy upravleniya, navigatsii i svyazi (Kyiv: Tsentralnyi naukovo-doslidnyi instytut navihatsii i upravlinnia), 2010;3(15):149-54. DOI: 10.5281/zenodo.2529937

31. Shevchenko VV. Osobennosti puska i samozapuska elektrodvigateley sobstvennykh nuzhd atomnykh elektrostantsiy. Vestnik NTU "KhPI", temat. vypusk "Nov-

yye resheniya v sovremennykh tekhnologiyakh”, 2010;(46):226-34.

DOI: 10.5281/zenodo.2529911

32. Shevchenko VV, Kosmin SN. Osobennosti raboty privodnykh dvigateley tekhnologicheskikh nasosov reaktornoy zony AES. Vestnik Kremenchugskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta im. M. Ostrogradskogo, 2010;4/2010(63)-2:79-83. DOI: 10.5281/zenodo.2529574

33. Shevchenko VV, Pidkivka SV. Razrabotka predlozheniy po ispol'zovaniyu generatorov s postoyannymi magnitami v energeticheskikh ustanovkakh. Sbornik nauchnykh trudov KhUVS im. I. Kozheduba, 2010;4(26):188-92.

DOI: 10.5281/zenodo.2530417

34. Shevchenko VV, Lizan IYA, Mikhal'chenko AG. Osnovy postroyeniya kompleksnoy sistemy obucheniya i podgotovki spetsialistov po osnovam energosberezheniya. Rostov-na-Donu: Sovremennyye problemy mnogourovnevnogo obrazovaniya, 2011;3(13):34-40. DOI: 10.5281/zenodo.2532861

35. Shevchenko VV, Kuz'min VV, Minko AN. Ob optimal'nom ispol'zovanii materialov i snizhenii massogabaritnykh pokazateley tortsevoy zony neaktivnykh chastey turbogeneratorov. Vestnik NTU “KhPI”. 2011;(6):106-12.

DOI: 10.5281/zenodo.2530993

36. Shevchenko VV. Otsenka tekhnicheskoy i ekologicheskoy perspektivy razvitiya energetiki Ukrainy. Kachestvo tekhnologiy i obrazovaniya, 2011;(2):19-25. DOI: 10.5281/zenodo.2532870

37. Shevchenko VV, Kuz'min VV, Minko AN. Optimizatsiya massy i razmerov elementov neaktivnoy zony turbogeneratorov s vozdušnoy sistemoy okhlazhdeniya. Vestnik Kremenchugskogo natsional'nogo universiteta im. M. Ostrogradskogo, 2011;6/2011(71)-1:100-4. DOI: 10.5281/zenodo.2535836

38. Shevchenko VV, Kuz'min VV, Minko AN. Effektivnaya komponovka neaktivnoy chasti turbogeneratora – osnovnoye sredstvo optimizatsii massogabaritnykh parametrov turbogeneratora. Problemy mashinostroyeniya, 2011;1(14):3-8.

DOI: 10.5281/zenodo.2531060

39. Shevchenko VV, Pikalov AA. Rezhimy i osobennosti konstruktsiy sinkhronnykh gidrogeneratorov-dvigateley dlya GAES. Elektromekhanicheskiye i energosberegayushchiye sistemy (Kremenchugskiy gos. universitet im. M. Ostrogradskogo,

2011;1/2011(13):80-5. DOI: 10.5281/zenodo.2531075

40. Shevchenko VV, Lizan IYa, Shevchenko SE. Opredeleniye riska i veroyatnosti vozniknoveniya pozhara na AES. Sistemy upravleniya, navigatsii i svyazi, 2011;1(17):259-64. DOI: 10.5281/zenodo.2532045

41. Shevchenko VV, Lizan IYa. Problemy, perspektivy i osnovnyye napravleniya razvitiya ekologicheskikh istochnikov elektroenergii v Ukraine. Kachestvo tekhnologiy i obrazovaniya, 2011;(1):77-88. DOI: 10.5281/zenodo.2532073

42. Shevchenko VV, Pikalov AA. Rezhimy i osobennosti konstruktsiy sinkhronnykh gidrogeneratorov-dvigatelye dlya GAES. Visnyk Kremenchutskoho derzh. universytetu im. M. Ostrohradskoho; Elektromekhanichni i enerhozberihaiuchi systemy, 2011;1/(13):80-85. DOI: 10.5281/zenodo.2531066

43. Shevchenko VV. Puti preodoleniya vozmozhnogo energokrizisa v energosisteme Ukrainy. Sbornik nauchnykh trudov Donetskogo instituta zheleznodorozhnogo transporta, 2012;(29):77-81. DOI: 10.5281/zenodo.2536755

44. Shevchenko VV. Puti povysheniya moshchnosti turbogeneratorov pri provedenii rabot po ikh reabilitatsii. Sistemy obrabotki informatsii (KhUVS im. I. Kozheduba), 2012;7(105):152-5. DOI: 10.5281/zenodo.2542017

45. Shevchenko VV, Dubyaga RV. Rol' atomnykh elektrostantsiy v elektrosnabzhenii Ukrainy i bezopasnost' ikh ekspluatatsii. Elektriya (Moskva: Iz-vo "OOO Nauka i tekhnologii"), 2012;(7):34-9. DOI: 10.5281/zenodo.2538505

46. Shevchenko VV. Osnovnyye zadachi, problemy i napravleniya razvitiya otechestvennogo turbogeneratorostroyeniya. Energetika i elektrifikatsiya, 2012;10(350):33-9. DOI: 10.5281/zenodo.2541833

47. Shevchenko VV, Kuz'min VV. Rol' chelovecheskogo faktora v obespechenii nadezhnosti raboty AES v Ukraine. Elektriya (Moskva: Iz-vo "OOO Nauka i tekhnologii"), 2012;(3):38-43. DOI: 10.5281/zenodo.2536815

48. Shevchenko VV, Minko AN, Kuz'min VV. Otsenka parametricheskikh svyazey massogabaritnykh parametrov turbogeneratorov s urovnem trudoyemkosti ikh proizvodstva. Vestnik NTU "KhPI". Seriya "Energeticheskiye i teplotekhnicheskiye protsessy i oborudovaniye", 2012;(7):165-9. DOI: 10.5281/zenodo.2542901

49. Shevchenko VV. Perspektivnaya otsenka sovershenstvovaniya energeticheskoy sistemy Ukrainy. Elektriya (Moskva: Izd-vo "OOO Nauka i tekhnologii"), 2012;(9):10-5. DOI: 10.5281/zenodo.2538718

50. Shevchenko VV, Minko AN, Kuz'min VV. Otsenka parametricheskikh svyazey massogabaritnykh parametrov turbogeneratorov s urovnem trudoyemkosti ikh proizvodstva. Vestnik NTU “KhPI”. Seriya “Energeticheskiye i teplotekhnicheskiye protsessy i oborudovaniye”, 2012;7:165-9. DOI: 10.5281/zenodo.2542901

51. Shevchenko VV, Lutay SN. Sistemnyy podkhod k razvitiyu energetiki Ukrainy. Vestnik Kremenchugskogo nats. universiteta im. M. Ostrogradskogo (ISSN 1995-0519), 2012;3/2012(74):28-32. DOI: 10.5281/zenodo.2538647

52. Shevchenko VV. Sistemnyy podkhod k voprosam otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya elektrooborudovaniya energosistem Ukrainy. Elektriya (Moskva: Izd-vo: OOO “Nauka i tekhnologii”), 2013;(1):6-10. DOI: 10.5281/zenodo.2544208

53. Shevchenko VV. Stsenarii razvitiya elektroenergetiki Ukrainy. Sistemy upravleniya, navigatsii i svyazi (KhUVS im. I. Kozheduba), 2012;3(23):151-5. DOI: 10.5281/zenodo.2542841

54. Shevchenko VV, Kuz'min VV. K voprosu analiza nagruzochnykh rezhimov sinkhronnykh kompensatorov. Gidroenergetika Ukrainy (Kiyev), 2013;(1):48-53. DOI: 10.5281/zenodo.2549722

55. Shevchenko VV, Dubyaga RV. Rol' atomnykh elektrostantsiy v elektrosnabzhenii Ukrainy i bezopasnost' ikh ekspluatatsii. Elektriya. (Moskva: Izdatel'stvo OOO “Nauka i tekhnologii”); 2012;(7): 34–9. DOI: 10.5281/zenodo.2538505

56. Shevchenko VV, Minko AN, Gordiyenko VYU. Rezul'taty ispytaniy teploobmennogo ustroystva s uluchshennymi ekspluatatsionnymi kharakteristikami dlya turbogeneratorov s vozdushnoy sistemoy okhlazhdeniya. Vestnik NTU “KHPI”. 2013;14(988):102-7. DOI: 10.5281/zenodo.2545473

57. Shevchenko VV, Dubyaga SV. Rol' energeticheskikh kompleksov v reshenii voprosa razvitiya energosistem Ukrainy. Sistemy obrabotki informatsii (KhUVS im. I. Kozheduba), 2013;2(109):94-102. DOI: 10.5281/zenodo.2543706.

58. Shevchenko VV. Opredeleniye kriteriyev otsenki sostoyaniya turbogeneratorov dlya ustanovleniya neobkhodimosti ikh zameny ili reabilitatsii. Visnyk NTU “KhPI”, 2012; 61(967):44-50. DOI: 10.5281/zenodo.2542877

59. Shevchenko VV, Lutay SN. Rol' krizisov v dinamike razvitiya mirovoy energetiki i teoriya tsiklichnogo razvitiya. Nauchnyye trudy Donetskogo nats. tekhnicheskogo universiteta, 2013;2(15):266-72. DOI: 10.5281/zenodo.2549796

60. Shevchenko VV, Matveyenko PI. O tselesoobraznosti perevoda turbogeneratorov v rezhim sinkhronnykh kompensatorov. Vestnik NTU “KhPI”. Seriya “Problemy usovershenstvovaniya elektricheskikh mashin i apparatov. Teoriya i praktika”, 2013;51(1024):76-81. DOI: 10.5281/zenodo.2553589

61. Shevchenko VV, Minko AN, Fomina EM. Teplovoye sostoyaniye turbogeneratorov maloy i sredney moshchnosti s polnym vozdushnym okhlazhdeniyem. Sbornik nauchnykh trudov KhUVS im. I. Kozheduba, 2013;3(36):173-6. DOI: 10.5281/zenodo.2550372

62. Shevchenko VV, Koshevoy OP. Konstruktivnyye osobennosti turbogeneratorov s vozdushnym okhlazhdeniyem. Vestnik NTU “KHPI”. Seriya “Problemy usovershenstvovaniya elektricheskikh mashin i apparatov. Teoriya i praktika”, 2013;65(1038):99-106. DOI: 10.5281/zenodo.2552909

63. Shevchenko VV, Pavlenko TP. Osobennosti vybora elektrodvigateley dlya tekhnologicheskikh ob'yektov energoblokov AES. Elektrotehnika i elektromekhanika, 2013;(3):36-41. DOI: 10.5281/zenodo.2544893

64. Shevchenko VV, Minko AN. Analiz vzaimosvyazi teplovykh i aerodinamicheskikh pokazateley okhlazhdayushchey sredy s pokazatelyami massy i gabaritov neaktivnoy chasti konstruksii turbogeneratorsa. Vestnik NTU “KhPI”, 2013;51(10-24): 59-65. DOI: 10.5281/zenodo.2553676

65. Shevchenko VV, Lizan IYa. Kontsepsiya vybora dvigateley tekhnologicheskikh protsessov bloka AES dlya obespecheniya ikh nadezhnosti. Sbornik nauchnykh trudov KhUVS im. I. Kozheduba, 2013;2(35):161-5. DOI: 10.5281/zenodo.2544496

66. Shevchenko VV, Minko AN, Gordiyenko VYu. Opredeleniye geometricheskikh parametrov uplotnitel'nykh uzlov turbogeneratorov s vodorodnym okhlazhdeniyem. Vestnik NTU “KhPI”. Seriya “Energeticheskiye i teplotekhnicheskkiye protsessy i oborudovaniye”, 2014;12(1055):127-30. DOI: 10.5281/zenodo.2557219

67. Shevchenko VV, Pototskiy DV. Otsenka perspektiv ispol'zovaniya nanotekhnologiy v energeticheskom elektromashinostroyenii. Elektriika (Moskva: Izd-vo “OOO Nauka i tekhnologii”), 2014;(2):13-6. DOI: 10.5281/zenodo.2557000

68. Shevchenko VV. Razvitiye sistem okhlazhdeniya turbogeneratorov i teoriya dlinnykh voln Kondrat'yeva. Elektriika (Moskva: Izd-vo “OOO Nauka i tekhnologii”),

2014;(8):12-5. DOI: 10.5281/zenodo.2561427

69. Shevchenko VV, Minko AN. Modernizatsiya konstruktsiy otechestvennykh turbogeneratorov s uchetom trebovaniy podderzhaniya ikh konkurentosposobnosti. Vestnik NTU "KhPI". 2014;38(1081):146-55. DOI: 10.5281/zenodo.2561562

70. Shevchenko VV, Milykh VI. Neispravnosti elektrooborudovaniya AES i dey-stviya operativnogo personala po ikh likvidatsii. Elektriya (Moskva: Izd-vo OOO "Nauka i tekhnologii"), 2014;(1):2-5. DOI: 10.5281/zenodo.2556400

71. Shevchenko VV, Lizan IYa. Otsenka tekhnicheskikh parametrov turbogeneratorov dlya opredeleniya rabot po ikh vosstanovleniyu ili ustanovleniya neobkhodimosti zameny. Sistemy vooruzheniya i voyennaya tekhnika (KhUVS im. I. Kozheduba), 2015;2(42):145-50. DOI: 10.5281/zenodo.2567462

72. Shevchenko VV, Maslennikov AM. Strukturno-logicheskaya skhema snizheniya massogabaritnykh parametrov turbogeneratorov. Vestnik Priazovskogo gosud. tekhnicheskogo universiteta. Seriya "Tekhnicheskkiye nauki", 2015;30(2):137-44. DOI: 10.5281/zenodo.2573121

73. Shevchenko VV. Prognozirovaniye ekspluatatsionnogo sostoyaniya turbogeneratorov. Elektriya (Moskva: Izd-vo "OOO Nauka i tekhnologii"), 2015;1:3-7. DOI: 10.5281/zenodo.2567274

74. Shevchenko VV, Lizan IYa. Predlozheniya po predotvrashcheniyu i likvidatsii povrezhdeniy serdechnikov statorov turbogeneratorov. Naukovi pratsi DonNTU. Seriya: Elektrotekhnika ta enerhetyka, 2015;1(17):138-43. DOI: 10.5281/zenodo.2592007

75. Shevchenko VV, Minko AN, Luk'yanchikova SA. Predlozheniya po modernizatsii konstruktsiy turbogeneratorov, otrabotavshikh tekhnicheskyy resurs. Elektriya (Moskva: Izd-vo "OOO Nauka i tekhnologii"), 2015;(3):8-13. DOI: 10.5281/zenodo.2571999

76. Shevchenko VV. To issue of ensuring of competitiveness of domestic turbogenerators. Electrotechnical and computer systems. Special issue "Electrical and computer systems: theory and practice", Odessa, 2016;22(98):226-31. DOI: 10.5281/zenodo.2597120

77. Shevchenko VV, Minko AN. Optimizatsiya massogabaritnykh razmerov gazookhladiteley turbogeneratorov pri rekonstruktsii i tekhnicheskoy perevooruzhenii elektrostantsiy. Energetik (Moskva), 2016;(2):52-5. DOI: 10.5281/zenodo.2593848

78. Shevchenko VV. K voprosu obespecheniya konkurentosposobnosti otechestvennykh turbogeneratorov. Elektrotekhnicheskiye i komp'yuternyye sistemy, spets. vypusk, 2016;22(98):226-31. DOI: 10.5281/zenodo.2597120

79. Shevchenko VV, Strokous AV. Rezhimy ekspluatatsii turbogeneratorov s uchtom trebovaniy ustoychivosti raboty energosistemy. Energoberezhniye. Energetika. Energoaudit, 2016;02(145):33-42. DOI: 10.5281/zenodo.2595892

80. Shevchenko VV, Minko AN. Kompleksnaya struktura razrabotki turbogeneratornoy ustanovki blochno-modul'nogo ispolneniya. Vestnik NTU "KhPI". 2017;9(1231):86-9. DOI: 10.20998/2078-774X.2017.09.14

81. Shevchenko VV, Minko AN, Pototskiy DV. Rekomendatsii po komponovke i vyboru osnovnogo energeticheskogo oborudovaniya teploutilizatsionnykh elektricheskikh stantsiy blochno-modul'nogo ispolneniya. Odeskiy NTU: Elektrotekhnichni ta kompiuterni systemy; 2017; 26(102):18-24. DOI: 10.5281/zenodo.2233302

82. Shevchenko VV, Shayda VP, Zuban' ES. Osobennosti vybora materialov magnitnykh sistem elektrodvigately dlya aviatsii. Nauka i tekhnika Vozdushnykh Vooruzhennykh sil Ukrainy, 2017;2(27):59-64. DOI: 10.30748/nitps.2017.27.11

83. Shevchenko VV, Pototskiy DV, Strokous AV. Osobennosti ekspluatatsii i diagnostiki turbogeneratorov v sostoyanii iznosa. Fundamentalis scientiam (Spain, Madrid), 2017;2(3):87-94. DOI: 10.5281/zenodo.2599756

84. Shevchenko VV, Pototskiy DV. Ispol'zovaniye asinkhronizirovannykh turbogeneratorov dlya stabilizatsii napryazheniya v energosisteme. Sistemy vooruzheniya i voyennaya tekhnika (KhUVS im. I. Kozheduba), 2017;1(49):181-4. DOI: 10.5281/zenodo.2602013

85. Shevchenko VV, Strokous AV. Prognozirovaniye ekspluatatsionnogo resursa turbogeneratorov po dannym vibratsionnogo kontrolya. Norwegian Journal of development of the International Science (Norwegian, Oslo), 2017;(10)-2:78-83. DOI: 10.5281/zenodo.2602132

86. Shevchenko VV. Vyznachennia vplyvu povzdovzhnykh kolyvan turbogeneratoriv na yikh nadiinist. Visnyk Kharkivskoho NTU silskoho hospodarstva im. Petra Vasylenka. Tekhnichni nauky. 2019, vyp. 203 "Problemy enerhozabezpechennia ta enerhozberzhennia v APK Ukrainy":85-7. DOI: 10.5281/zenodo.3526670

87. Shevchenko VV, Petrenko NYA. O povyshenii nadezhnosti raboty avt-

omaticeskikh ustanovok pozharotusheniya na blokakh AES. Vestnik Donbasskoy gosud. mashinostroitel'noy akademii (Ukraina, Kramatorsk), 2019;45(1):181-7.

DOI: 10.5281/zenodo.3605150

88. Shevchenko VV, Lizan IYA. Obzor perspektivnykh napravleniy energoberezheniya v elektromashinostroyenii. Trudy Luganskogo otdeleniya mezhdunarodnoy akademii informatizatsii, 2009;1(18):104-9.

DOI: 10.5281/zenodo.2528910

89. Shevchenko VV, Kuzmin VV, Minko OM, Hordiienko VIu. Svidotstvo pro reistratsiiu avtorskoho prava na tvir "Kompiuterna prohrama "Fahrenheit v.0.1" № 39709 vid 16 Ser 2011. Derzhavnyi departament intelektualnoi vlasnosti Ministerstva osvity i nauky Ukrainy. DOI: 10.5281/zenodo.2532938

90. Shevchenko VV, Minko OM, Kobzar KO, Hordiienko VIu, Kuzmin VV. Teploobminnykh potuzhnykh elektrychnykh mashyn: Patent na korysnu model № 73346 vid 25 Ver 2012. Patenty i vynakhody (Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy, Ukrpatent), 2012;(8). 7 c. DOI: 10.5281/zenodo.2536048

91. Shevchenko VV, Minko OM, Hordiienko VIu, Hruboi OP. Vuzol elastychnoho kriplennia zovnishnikh opornykh lap: Patent na korysnu model № 86743 vid 10 Sich 2014, zaiav. № u 2013 08457 vid 05 Lyp 2013. Patenty i vynakhody (Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy, DP "Ukrainskyi instytut promyslovoi vlasnosti"), 2014;(1). 6 s. DOI: 10.5281/zenodo.2557032

92. Shevchenko VV, Minko OM, Hordiienko VIu, Hruboi OP. Masloulivliuvach potuzhnykh elektrychnykh mashyn. Patent na vynakhid № 113647. Vydano vidpovidno Zakonu Ukrainy "Pro okhoronu prav na vynakhody i korysni modeli". Zareiestrovane v Derzh. reistri patentiv Ukrainy na vynakhody 27.02.2017 r., № zaiavy a 2014 13100. Publikatsiia vidomostei pro vydachu patentu 27.02.2017, biul. № 4. 6 s.

93. Shevchenko VV, Minko OM. Rekuperator: Patent na korysnu model № 127443 vid 25 Lyp 2018, zaiavka № u 2018 03534 vid 02 Kvi 2018. Patenty i vynakhody (Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy, DP "Ukrainskyi instytut promyslovoi vlasnosti"), 2018;(14). 6 s. DOI: 10.5281/zenodo.2636354.

94. Shevchenko VV, Minko OM. Teploutylizatsiina elektrychna stantsiia: Patent na korysnu model № 135396 vid 25 Cher 2019, zaiavka № u 2019 01105 vid 04 Liut 2019. Patenty i vynakhody (Ministerstvo ekonomichnoho rozvytku i torhivli Ukrainy, DP "Ukrainskyi instytut promyslovoi vlasnosti"), 2019;(12). 4 s.

DOI: 10.5281/zenodo.3605638. 7 c.

95. Shevchenko VV, Lizan IYa, Zinov'yev SN. Yadernaya energetika Ukrainy i ekologicheskaya bezopasnost': problemy i perspektivy. Sbornik materialov 1-y Mezhdunarodnoy NPK "Sovremennyye aspekty mekhanizatsii i avtomatizatsii energoyemkikh proizvodstv" (Krasnoarmeyskiy industrial'nyy institut DonNTU, 28 Apr 2011), 2011:288-96. DOI: 10.5281/zenodo.2530962

96. Shevchenko VV, Omel'chenko LN. Energoberezheniye v energosistemakh. Khar'kov: Mir Tekhniki i Tekhnologiy. Mezhdunarodnyy promyshlennyy zhurnal (Ukraina), 2012;5(126):52-55. DOI: 10.5281/zenodo.2538496_

97. Shevchenko VV. Ekologiya i atomnaya energetika Ukrainy. Mir Tekhniki i Tekhnologiy. Mezhdunarodnyy promyshlennyy zhurnal (Ukraina); 2012;7(128):30-3. DOI: 10.5281/zenodo.2538639

98. Shevchenko VV. Upravlyayemyye istochniki reaktivnoy moshchnosti, kak sposob povysheniya nadezhnosti raboty energosistem. Sbornik tezisov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennyye tendentsii TOiR. Diagnostika oborudovaniya gorno-metallurgicheskogo i energeticheskogo kompleksov" (Mariupol', 9-10 Sen 2013):60-2. DOI: 10.5281/zenodo.2551556

99. Shevchenko VV. Napravleniya deyatel'nosti po obespecheniyu energoeffektivnosti energetiki. Mir Tekhniki i Tekhnologiy. Mezhdunarodnyy promyshlennyy zhurnal (Ukraina), 2013; 5(138):26-35. DOI: 10.5281/zenodo.2549844

100. Shevchenko VV. Opredeleniye sil, deystvuyushchikh v serdechnike statora turbogeneratora. Sbornik nauchno-tekhnicheskikh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Elektroenergetika i elektromekhanika". RF, Voronezh, NOU VPO "Mezhdunarodnyy institut komp'yuternykh tekhnologiy", 22 Apr 2015):52-6. DOI: 10.5281/zenodo.2579270

101. Shevchenko VV, Minko AN. Kriteriy optimizatsii massogabaritnykh parametrov konstruksiy turbogeneratorov. Sbornik nauchno-tekhnicheskikh trudov mezhdunarodnoy konferentsii "Innovatsionnyye tekhnologii v elektroenergetike i elektromekhanike". RF, Voronezh: NOU VPO "Mezhdunarodnyy institut komp'yuternykh tekhnologiy", 2013:138-42. DOI: 10.5281/zenodo.2545647

102. Shevchenko VV, Pototskiy DV. Ispol'zovaniye sverkhprovodnikov v elektromashinostroyenii kak faktor energoberezheniya. Sbornik nauchno-tekhnicheskikh trudov mezhdunarodnoy konferentsii "Elektroenergetika i elektromekhanika". Voronezh:

NOU VPO “Mezhdunarodnyy institut komp'yuternykh tekhnologiy”, kafedra elektroenergetiki, 2014;1:142-6. DOI: 10.5281/zenodo.2561278

103. Shevchenko VV, Petrenko NYA. Rol' energoeffektivnosti elektrooborudovaniya elektrostantsiy v podderzhanii balansa aktivnoy i reaktivnoy moshchnosti v sisteme. Aktual'nyye nauchnyye issledovaniya v sovremennom mire (iScience), 26-27 Fev 2018 (Pereyaslav-Khmel'nitskiy, OO “Institut sotsial'noy transformatsii”), 2018;2(34)-6:131-6. DOI: 10.5281/zenodo.2221971.

104. Shevchenko V, Minko A. Turbogenerators of new generation with various cooling systems. Proceedings of the VII International Scientific-Technical Conference “Problems of modern power engineering and automation in the system nature management (theory, practice, history, education)”, Kyiv, May 23-27, 2018, Sect. 5 “Electromechanical transformation of energy”, 2018:90-2.

DOI: 10.5281/zenodo.2636460

105. Shevchenko VV, Semenyutin DG. Modeling of the temperature state of turbo-generators in the medium of SolidWorks. Proceedings of the VII International Scientific-Technical Conference, Kyiv, May 23-27, 2018, Section 5 “Electromechanical transformation of energy”. 2018:84-6. DOI: 10.5281/zenodo.2636622

106. Shevchenko VV. Sootnosheniye tekhnicheskogo i chelovecheskogo faktora v vypolnenii zadachi bezopasnogo prodleniya srokov ekspluatatsii energoblokov AES Ukrainy. Mezhdunarodnyy elektronnyy nauchno-prakt. zhurnal “Way Science”, 2018;2(2):114-38. DOI: 10.5281/zenodo.2196905

107. Shevchenko VV, Don AV, Kononova TG. Problemy sovremennoy elektroenergetiki, puti yeye razvitiya i otsenka istochnikov elektroenergii. Collection of works XVI International Scientific Conference “Science and Society” (Canada, Hamilton, Dec 27, 2019):61-73. DOI: 10.5281/zenodo.3892964

108. Shevchenko AS, Shevchenko VV. Vybor parametrov meditsinskogo kontrolya fizicheskogo sostoyaniya operatorov AES. Vestnik Khar'kovskogo region. instituta problem obshchestvennogo zdravookhraneniya; 2018; 6(86):41-4.

DOI: 10.5281/zenodo.2538243

109. Shevchenko VV, Bredun AV. Programmnoye obespecheniye dlya AES kak chast' ikh bezopasnoy raboty. Vestnik Khar'kovskogo Regional'nogo Instituta Problem Obshchestvennogo Zdravookhraneniya; 2019;1(87):8-15.

DOI: 10.5281/zenodo.2540739

110. Shevchenko VV, Shevchenko AS, Sergiyenko IV. Proposals for Reducing the Accident Rate on Nuclear Power Plants and Minimizing of Accident Consequences. Bulletin KhRIPHS, 2019;2(88):31-43. DOI: 10.5281/zenodo.2596459

111. Shevchenko VV. Osobennosti prepodavaniya tekhnicheskikh distsiplin pri sovremennoy rechevoy podgotovke studentov. Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnogo naučno-metodicheskogo simpoziuma “Sovremennyye problemy mnogourovnevnogo obrazovaniya” (Krasnodarskiy kray, pos. Divnomorskoye, 27 Sen - 4 Okt 2013). Rostov-na-Donu: Donskoy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet, 2013:206-14. DOI: 10.5281/zenodo.2552676

112. Shevchenko VV, Kononova TG. Vidy defektov i raschet ushcherbov ot otkazov turbogeneratorov na blokakh elektrostantsiy. Mizhnarodnyi elektronnyi naukovopraktychnyi zhurnal “Way Science” (Dnipro: Suchasnyi rukh nauky), 2019;(3):634-8. DOI: 10.5281/zenodo.3491058

113. Shevchenko VV, Don AV. Predlozheniya po prodleniyu sroka ekspluatatsii elektrooborudovaniya elektrostantsiy. Mizhnarodnyi elektronnyi naukovopraktychnyi zhurnal “Way Science” (Dnipro: Suchasnyi rukh nauky), 2019;(3):629-33. DOI: 10.5281/zenodo.3491167

114. Shevchenko VV, Petrenko NYA. Perspektivy razvitiya i problemy atomnoy energetiki Ukrainy. Mizhnarodnyi elektronnyi naukovopraktychnyi zhurnal “Way Science” (Dnipro: Suchasnyi rukh nauky), 2019;(3):638-44. DOI: 10.5281/zenodo.3497554.

115. Shevchenko VV, Petrenko MIA, Shevchenko OS. “Zelenyi taryf” v elektroenerhetytsi Ukraini. Sotsialna spravedlyvist, ekonomika ta mizhnarodne pravo. Zbirnyk materialiv II Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi internet-konferentsii “Novitni tekhnolohii v osviti, nautsi ta vyrobnytstvi” (16 Lyp 2020). Pokrovsk: DVNZ “DonNTU”, 2020. S. 71-4. DOI:10.5281/zenodo.3950337

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ І ПРОГНОЗУВАННЯ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ТУРБОГЕНЕРАТОРОБУДУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ СВІТОВИХ І НАЦІОНАЛЬНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ	25
1.1. Світові тенденції та шляхи розвитку вітчизняної енергетики	25
1.1.1. Дослідження перспектив розвитку сучасної електроенергетики	25
1.1.2. Роль турбогенераторів в підтримці балансу активної та реактивної потужності в енергосистемі	29
1.1.3. Прогнозування перспектив розвитку електроенергетики. Обґрунтування застосування теорії циклічного розвитку («довгих хвиль») Кондратьєва	33
1.1.4. Сценарії розвитку і роль криз у розвитку світової і вітчизняної електроенергетики	39
1.2. Системний підхід до питань оцінки технічного стану електрообладнання енергосистем України	44
1.2.1. Оцінка технічного стану електростанцій України. Роль «людського фактора» в роботі енергетичних систем	44
1.2.2. Системний підхід до оцінки технічного стану турбогенераторів, як складових елементів енергосистем	46
1.3. Показники надійності, що впливають на вибір електрообладнання. Методи і засоби контролю стану турбогенераторів на електростанціях	47
1.4. Напрямки вдосконалення конструкцій турбогенераторів, що забезпечують їх конкурентоспроможність	53
1.4.1. Удосконалення конструкцій і режимів роботи турбогенераторів з урахуванням напрямків розвитку електроенергетики	53
1.4.2. Забезпечення конкурентоспроможності турбогенераторів як напрямок їх перспективного розвитку	54
1.4.3. Визначення строку служби турбогенераторів з урахуванням їх теплового стану	63

1.4.4. Встановлення типових дефектів турбогенераторів і пропозиції щодо зниження ймовірності їх розвитку	65
1.4.5. Особливості роботи потужних турбогенераторів в стані зносу	68
1.4.6. Підвищення технологічної надійності складання шихтованих осердь	70
1.5. Особливості роботи сучасних енергосистем і перспективний вибір електрообладнання в умовах зміни енергоспоживання	72
Висновки першого розділу	77
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ МАСОГАБАРИТНИХ ПОКАЗНИКІВ	79
2.1. Сучасні підходи до оцінки і вибору параметрів електромашинобудівних конструкцій	79
2.2. Визначення залежності масогабаритних параметрів турбогенераторів від рівня технологічної оснащеності виробництва	83
2.3. Вибір геометрії елементів, розрахунок матеріаломісткості і коефіцієнта використання металу в конструкціях турбогенераторів	88
2.3.1. Вибір раціональної форми профілів для елементів конструкцій турбогенераторів під час складних навантажень	88
2.3.2. Вибір технологій і матеріалів для турбогенераторів з урахуванням вимоги зниження масогабаритних показників	92
2.4. Вибір головних розмірів турбогенератора за умови мінімізації масогабаритних параметрів	97
2.5. Розрахунок елементів конструкцій турбогенераторів, виконаний з урахуванням вимоги мінімізації масогабаритних параметрів	106
2.5.1. Розрахунок механічно навантажених елементів турбогенератора зі зниженими масогабаритними показниками	106
2.5.2. Розрахунок напружень в вузлах турбогенератора при дії вигину зі зрушенням і розтягуванням	110
2.5.3. Вибір матеріалів для полегшених конструктивних елементів турбогенераторів	114
2.6. Вплив типу середовища, що охолоджує, на масогабаритні параметри	

охолоджувачів турбогенераторів.....	116
2.7. Порівняльний аналіз конструкцій турбогенераторів з повітряною системою охолодження і розрахунок можливого підвищення їхньої потужності без зміни габаритів	118
2.8. Зміни конструкцій корпусів статорів турбогенераторів з повітряним охолодженням за умовою зниження масогабаритних параметрів	124
2.8.1. Розробка критеріїв оцінки технологічності конструкцій корпусу статора для мінімізації масогабаритних параметрів	124
2.8.2. Пропозиції щодо модернізації елементів статора турбогенератора з повітряним охолодженням.....	126
2.8.3. Розрахунок питомих показників маси і об'єму приставних коробів «повітряних» турбогенераторів	133
2.9. Порівняння конструкцій опорних підшипників, зовнішніх щитів, приставних коробів турбогенераторів різної потужності по питомими показниками маси і об'єму	139
2.10. Порівняння технологічності базових і пропонованих конструкцій корпусу, приставних коробів, щитів і підшипникових вузлів.....	146
2.11. Розрахунок економічних показників виробництва турбогенераторів зі зниженими масогабаритними параметрами	150
Висновки другого розділу	152
РОЗДІЛ 3. ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ	154
3.1. Стан, проблеми та напрямки вдосконалення систем охолодження сучасних турбогенераторів	154
3.1.1. Завдання визначення теплового стану турбогенераторів	154
3.1.2. Коротка історія розвитку систем охолодження турбогенераторів	155
3.1.3. Модернізація систем охолодження вітчизняних турбогенераторів серії ТГВ	166
3.1.4. Нагрівання елементів турбогенераторів в пускових і перехідних режимах	172
3.1.5. Пропозиції щодо компоновки охолоджувачів з урахування зміни навантаження	180

3.2. Конструктивні зміни систем охолодження сучасних турбогенераторів при заміні охолоджуючої середовища	193
3.2.1. Конструктивні зміни в турбогенераторах в разі заміни теплоносія	193
3.2.2. Контроль стану ізоляції в сучасних турбогенераторах	203
3.2.3. Вибір конструкторсько-технологічних рішень для створення турбогенераторів з повітряним охолодженням	205
3.2.4. Дослідження температурних полів в осерді статора з використанням програмного комплексу <i>SolidWorks</i>	208
3.3. Теплові та гідравлічні розрахунки охолоджувачів турбогенераторів	216
3.3.1. Уточнення гідравлічних показників охолодної рідини (води) в теплообміннику охолоджувача	216
3.3.2. Теплові і аеродинамічні розрахунки газоохолоджувачів турбогенераторів	219
3.3.3. Несправності систем охолодження турбогенераторів та рекомендації щодо їх ремонту	221
Висновки третього розділу	227
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБСЛУГОВУВАННЯ	
ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ, ЯКІ ДОВГИЙ ЧАС В ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ТА ПРОПОЗИЦІЇ	
ЩОДО ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЇХНЬОЇ РОБОТИ	
4.1. Типові дефекти турбогенераторів та засоби попередження їх розвитку	230
4.2. Особливості та проблеми роботи турбогенераторів під час тривалої експлуатації	243
4.2.1. Особливості роботи турбогенераторів в режимі тривалої експлуатації	243
4.2.2. Прогнозування експлуатаційного ресурсу турбогенераторів за даними вібраційного контролю	245
4.3. Вплив експлуатаційних факторів на стан конструкції турбогенераторів .	256
4.3.1. Можливі причини руйнування осердь статорів турбогенераторів	256
4.3.2. Вплив режимів роботи на експлуатаційну надійність турбогенераторів	263

4.3.3. Вплив різних видів навантажень на надійність конструкційних елементів, осердь і обмоток статора	264
4.3.4. Оцінка експлуатаційної надійності осердя статора при роботі турбогенератора в різних режимах	273
4.4. Визначення впливу якості складання шихтованого осердя на надійність і тривалість експлуатації турбогенераторів.....	276
4.4.1. Вплив технології складання осердя статора на надійність турбогенератора	276
4.4.2. Оцінка впливу поздовжніх коливань генератора на стан осердя статора	293
4.5. Дослідження впливу конструкції торцевої зони на механічну надійність осердь статорів	294
4.6. Встановлення додаткових сил, що діють в шихтованому осерді статора турбогенератора	300
4.7. Дослідження впливу конструкції кріплення лобових частин обмотки статора на надійність генераторів	308
Висновки четвертого розділу	313
ВИСНОВКИ	315
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	321
ДОДАТОК 1. Порівняння характеристик різних типів електростанцій України	350
ДОДАТОК 2. Механічний розрахунок конструкції зовнішнього щита турбогенератора зі зниженими масогабаритними показниками	357
ДОДАТОК 3. Механічні розрахунки корпусу турбогенератора зі зниженими масогабаритними показниками	361
ДОДАТОК 4. Тепловий і аеродинамічний розрахунок модернізованої конструкції газоохолоджувачів для ТГВ-200-2	377
ДОДАТОК 5. Список публікацій здобувача	382
ДОДАТОК 6. Акти впровадження та використання результатів роботи	396
Акт впровадження на ВП «Запорізька АЕС»	397

Акт впровадження на ВП «Хмельницька АЕС»	398
Акт впровадження на ДП «Завод «Електроважмаш»	399
Акт впровадження на Зміївський ТЕС	400
Акт впровадження в учбовий процес Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського	401
Акт впровадження в учбовий процес НУ цивільного захисту України	402
Акт впровадження в учбовий процес НТУ «ХП»	403
Акт впровадження в наукові розробки кафедри електричних машин НТУ «ХП»	404
Акт впровадження на ПрАТ «Харківська ТЕЦ-5»	405
Акт впровадження в навчальний процес Харківського Регіонального інституту проблем громадської охорони здоров'я	406