

можливості ринкової економіки до саморегулювання та до самовідновлення не реалізував наміри про обмеження прав кредиторів на стягнення боргових зобов'язань.

### **Список використаних джерел:**

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру» № 1882-IX ВР. Редакція від 05.12.2022 URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>
2. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні. – Київ, 2015. - 305 С.
3. Проект Закону про внесення зміни до статті 8 Закону України "Про критичну інфраструктуру" (щодо врегулювання спорів, предметом яких є право власності держави на об'єкти критичної інфраструктури, що перебувають у державній власності) № 3369-IX від 05.09.2023 <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/Card/41078>

УДК 629.7.062

**Олексій ТРЕТЯК**

*доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри аерогідродинаміки  
Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут", м. Харків, Україна  
e-mail: o.tretyak@khai.edu, ORCID: 0000-0002-7295-5784*

## **СТВОРЕННЯ НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ГЕНЕРУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Анотація:** У цій доповіді розглянуто тенденції до збільшення потужності електрогенеруючого обладнання при зменшенні масо-габаритних характеристик на одиницю потужності. Доведено необхідність розробки та використання ефективної методології, що буде враховувати весь цикл розрахунків для електричних генераторів у тривимірній постановці при створенні нових конструкцій генеруючого обладнання.

**Ключові слова:** електрогенеруюче обладнання, збільшення потужності, напружено-деформований стан, метод скінченних елементів.

## **DEVELOPMENT OF THE NEW DESIGNS OF GENERATING EQUIPMENT**

**Abstract:** This report examines the trends in increasing of power of the power generating equipment while reducing the mass-dimensional characteristics per unit of power. The need to develop and use the effective methodology that will take into account the entire cycle of computations for electric generators in the three-dimensional setting when creating new designs of generating equipment is proven.

**Keywords:** electric generating equipment, power increase, stress-strain state, finite element method.

Сучасному електрогенераторобудуванню характерні тенденції до збільшення потужності електричних агрегатів, зменшення їх масо-габаритних характеристик на одиницю потужності, а також ускладнення умов роботи генераторів, що призводить до збільшення міжремонтних періодів і термінів експлуатації, зростання часу їх використання на надпроектних режимах. У зв'язку з цим підвищуються загальні вимоги до надійності енергомашинобудівного обладнання в цілому і, зокрема, до міцності окремих конструкційних елементів генераторів. У зв'язку з цим, при розробці нових конструкцій електрогенеруючого обладнання, особливого значення набувають дослідження напружено-деформованого стану (НДС) елементів та вузлів генераторів в тривимірних постановках, які дозволяють оцінити реальний запас міцності конструкцій, що надзвичайно важливо як при проектуванні нових генераторів з покращеними техніко-економічними показниками, так і при модернізації існуючого обладнання.

Проектування та виготовлення нових машин, конкурентних на світовому ринку, а також ефективна модернізація існуючих агрегатів неможлива без удосконалення методів розрахунку міцності їх елементів та застосування новітніх комп'ютерних засобів для аналізу їх напружено-деформованого стану. В усьому світі спостерігається стала тенденція до збільшення потужності генераторів та зменшення їх ваги, що призводить до підвищення рівня напружень у елементах та їх перерозподілу, а це також вимагає більш удосконалених методів розрахунку їх міцності.

Складність аналізу НДС елементів конструкцій та вузлів електрогенераторів обумовлена, перш за все, необхідністю розв'язання цілого комплексу задач – газодинамічної, температурної та термопружної – для аналізу їх міцності при впливі температурних та силових навантажень. Елементи конструкцій генератора працюють в умовах складного навантаження, викликаного спільною дією інерційних сил від обертання ротора, сил тяжіння, навантажень, що виникають від посадок деталей з натягом, а також температурних навантажень, які виникають, перш за все, внаслідок виділення тепла в активному контурі і визначаються параметрами роботи системи їх примусового вентилявання. При комплексному проектуванні генератора це призводить до необхідності розгляду цілого комплексу задач, пов'язаного з визначенням термонапруженого стану конструкцій, ускладненого попередніми натягами, впливом температурних полів, що залежать від параметрів роботи систем вентилявання та багатьох інших факторів.

Більшість елементів конструкцій генераторів працюють в умовах помірного нагріву. Але, у випадку великих електричних машин, значні їх

геометричні розміри можуть приводити до появи істотних переміщень та додаткових зусиль на сусідні елементи та опори, що також необхідно враховувати для генераторів великої потужності. Крім того, для цього класу машин існують особливі обмеження щодо можливої маси, геометричних параметрів ротора та генератора, які викликані неможливістю забезпечити їх необхідну міцність та жорсткість, а також транспортування до місця встановлення.

Довгий час основні розрахунки міцності елементів конструкцій генераторів проводилися аналітично за інженерними методиками, заснованими на теорії опору матеріалів. В останні десятиліття спостерігається стрімкий розвиток чисельних методів для аналізу НДС елементів конструкцій генераторів. Зараз найчастіше для дослідження їх міцності застосовуються чисельні методи, засновані на методі скінченних елементів (МСЕ). Основна особливість сучасного етапу полягає в переході від більш простих моделей до складніших, які мають більш високу точність і універсальність.

Таким чином, розробка ефективної методології, що буде враховувати весь цикл теплових, вентиляційних та механічних розрахунків для електричних генераторів у тривимірній постановці для уточненої оцінки міцності елементів їх конструкцій при впливі номінальних і надномінальних (аварійних) навантажень дозволить здійснювати створення нових конструкцій електрогенеруючого обладнання збільшеної потужності зі зниженням їх масо-габаритних показників на одиницю потужності.

### **Список використаних джерел:**

1. Valavi M., Nysveen A., Nilsen R., Le B. J., Devillers E. Analysis of magnetic forces and vibration in a converter-fed synchronous hydrogenator. 2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Cincinnati, OH, USA, 2017, P. 1838-1844. URL: <https://doi.org/10.1109/ECCE.2017.8096018>.
2. Tretiak O., Kritskiy D., Kobzar I., Sokolova V., Arefieva M., Tretiak I., Hromenko D., Nazarenko V. Modeling of the Stress–Strain of the Suspensions of the Stators of High-Power Turbogenerators. *Computation*. 2022; 10(11):191. URL: <https://doi.org/10.3390/computation10110191>.
3. Tretiak O.; Kritskiy D.; Kobzar I.; Arefieva M., Nazarenko V. The Methods of Three-Dimensional Modeling of the Hydrogenerator Thrust Bearing. *Computation* 2022, 10, 152. URL: <https://doi.org/10.3390/computation10090152>.
4. Tretiak, O.; Kritskiy, D.; Kobzar, I.; Arefieva, M.; Selevko, V.; Brega, D.; Maiorova, K.; Tretiak, I. Stress-Strained State of the Thrust Bearing Disc of Hydrogenerator-Motor. *Computation* 2023, 11, 60. URL: <https://doi.org/10.3390/computation11030060>.