

УДК 621.165

**ЮДІН Ю. О.¹, СУБОТОВИЧ В. П.², ЛАПУЗІН О. В.³,
МАЛИМОН І. І.^{4*}**

РОЗРАХУНКОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПОТУЖНОЇ ПАРОВОЇ ТУРБІНИ НА РІЗНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ

¹ к.т.н., доцент, професор кафедри турбінобудування, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна.

² д.т.н., старший науковий співробітник, професор кафедри турбінобудування, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна.

³ к.т.н., доцент, доцент кафедри турбінобудування, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна.

⁴ аспірант кафедри турбінобудування, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна.

* e-mail: sevcgimeal3@gmail.com

Вступ. Питання ефективності та економічності турбомашин є актуальним на сьогоднішній день. При модернізації турбоустановок приділяють основну увагу підвищенню ККД. Одним із шляхів підвищення ефективності є аеродинамічне удосконалення вихідних каналів турбомашин. Для дослідження й оптимізації їх проточних частин використовується розрахункове моделювання в *CFD*-програмах.

В доповіді викладено результати порівняння експериментальних і розрахункових досліджень моделі останнього ступеня ЦНТ однієї з потужних парових турбін сумісно з вихідним патрубком в широкому діапазоні режимів роботи.

Мета роботи. Виконати верифікацію розрахункових даних з експериментальними дослідженнями вихідної частини потужної парової турбіни з метою отримання стійкої розрахункової моделі для подальших пошуків шляхів оптимізації вихідних каналів турбомашин.

Загальна частина. Побудовано модель останнього ступеня ЦНТ парової турбіни типу К-1000 в програмному комплексі *AxSTREAM*. Також побудовано модель бездифузорного вихідного патрубка турбіни ВКТ-100 за останнім ступенем, як було в експериментах. В моделях побудовано сітку задовільної якості зі згущенням елементів в пограничному шарі. Застосовано модель турбулентності *SST*. Загальну модель вихідної частини досліджено на трьох режимах роботи останнього ступеня $\overline{GV}_2 = 0,41; 0,57; 0,72$. Розподіл параметрів на цих режимах роботи – експериментальні дані, що отримані на ПД ГРЕС за участю кафедри турбінобудування НТУ «ХПІ».

Результати розрахунків порівнювалися з експериментальними даними в перерізах перед і за ступенем, а також в міжвінцевому зазорі. Порівняння

відбувалося за розподілом параметрів тисків, температури, кутів потоку на вході та виході, кутів скосу, осьової швидкості потоку з робочих лопаток. Загалом, дані розрахунку задовільно співпадають з даними експерименту. Різниця в розподілі параметрів незначна, але з переходом до більш глибоких нерозрахункових умов похибка дещо зростає, що обумовлено нестійкістю програмних розрахунків на режимах роботи з розвиненими циркуляційними зонами і відривними течіями.

На режимі роботи $\overline{GV}_2 = 0,41$ течія в ступені піднімається до периферії, має нерівномірний розподіл на виході з робочої лопатки. У вихідному патрубку мають місце розвинені циркуляційні зони. На режимі роботи $\overline{GV}_2 = 0,57$ течія в ступені має більш рівномірний розподіл, але на виході з робочої лопатки дещо згущується біля периферійного обводу. В патрубку мають місце циркуляційні зони, основний потік займає менше половини каналу, а біля виходу повертає в сторону обичайки. На режимі роботи $\overline{GV}_2 = 0,72$ спостерігається невелика вихрова зона біля кореневого обводу на вході в соплову лопатку. В ступені і на вході в патрубок течія має рівномірний розподіл, в патрубку займає більшу частину каналу. При цьому на периферії і біля кореня формуються вихрові зони. Це пов'язано здебільшого з великою відстанню дальньої стінки патрубку від робочої лопатки.

Висновки. Проведено розрахункові дослідження моделі останнього ступеня ЦНТ однієї з потужних парових турбін сумісно з вихідним патрубком в широкому діапазоні режимів роботи. Результати досліджень порівняно з експериментальними даними. Визначено, що побудована розрахункова модель дозволяє задовільно відображати розподіл параметрів у вихідній частині парової турбіни на різних режимах роботи.

Отримані дані по течії у вихідному патрубку дозволять більш детально аналізувати роботу вихідних патрубків і знаходити шляхи їх оптимізації при проектуванні і модернізації проточних частин турбомашин.

Отримана розрахункова модель може бути використана при подальших розрахункових дослідженнях вихідних частин з метою пошуку резервів підвищення ефективності вихідних каналів турбомашин.

Список літератури:

1. Трухний А. Д. Основные научные проблемы создания паротурбинных установок для энергоблоков нового поколения / А. Д. Трухний, А. Г. Костюк, Б. М. Трояновский // Теплоэнергетика. – 2000. – № 11. – С. 2–9.
2. Fondelli T. Investigation on Low-Pressure Steam Turbine Exhaust Hood Modelling through Computational Fluid Dynamic Simulations / T. Fondelli, T. Diurno, L. Palanti, A. Andreini, B. Facchini, L. Netti, L. Arcangeli, N. Maceli // AIP Conference Proceedings. – 2019. – No. 2191(1): 020076, pp. 1–10. – DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5138809>.