

відповідального призначення, а також підсистему підтримки прийняття реактивних проектних рішень в управлінні компенсацією мультиплікативних ризиків проектів будівництва мегаспоруд відповідального призначення.

Нами розроблена єдина система підтримки прийняття проектних рішень в управлінні латентними мультиплікативними ризиками для проектів будівництва мегаспоруд відповідального призначення і виконані практичні випробування результатів досліджень при управлінні латентними мультиплікативними ризиками за допомогою системи «RILAM» при плануванні та реалізації проекту будівництва нафтопроводу з позитивним техніко-економічним ефектом. Для побудови методу оптимізації витрат на компенсацію наслідків мультиплікативних ризиків використовували теорію тензорного аналізу анізотропних середовищ, теорію тепломасообміну та теорію аналогій, принципи спрощення моделей фінансових потоків та моделі зв'язності між елементами складних систем.

При випробуванні системи «RILAM» підтверджена можливість ефективного використання нових проектно-орієнтованих методів і моделей для управління латентними мультиплікативними ризиками в проектах будівництва мегаспоруд. Випробування системи «RILAM» показали, що її використання дозволило досягти таких техніко-економічних результатів:

- щодо взаємодії з турбулентним навколишнім середовищем: розроблені нормативи для впровадження методів попередження латентних ризиків; розроблені нормативи для впровадження підсистеми оптимізації витрат на компенсацію наслідків мультиплікативних ризиків;
- щодо продукту проекту: терміни виконання проекту знижені на 11 %; вартість виконання проекту знижена в 1,25 рази; кількість запланованих ризиків, які вдалося попередити, зросла на 17 %.

УДК 622.691.4.052

## **МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ РЕГЕНЕРАТОРІВ ГПА**

*С. Я. Петрів, О. Л. Заміховська., О.І. Клапоущак*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ,  
вул. Карпатська, 15, svetlanapetriv@yandex.ru*

**Вступ.** Потужність газоперекачувальних апаратів (ГПА) залежить від цілісності регенератора, оскільки у випадку наявності дефекту в секції регенератора ступінь регенерації падає, а отже і погіршуються технічні характеристики газотурбінної установки.

У науковій публікації здійснено огляд автоматизованих систем діагностування регенераторів ГПА, які перебувають на стадіях розробки та впровадження, а також методів їх діагностування.

**Огляд існуючих автоматизованих систем та методів діагностування регенераторів ГПА.** Проведено огляд наступних систем і методів:

– САК-ГПА (система автоматичного керування газоперекачувальних апаратів), яка у реальному режимі відображає вихідні величини тиск та температуру (при діагностуванні регенераторів), рівні (антифриз, масло), положення арматури (відкриті чи закриті крани), коефіцієнт корисної дії газотурбінної установки. Використовується у лінійно-виробничих управліннях магістральних газопроводів;

– метод елементарних теплових балансів з урахуванням зміни інтенсивності теплообміну, теплофізичних характеристик газів, повітря й насадки від температури [1];

– математичне моделювання процесу теплообміну регенераторів газоперекачувальних агрегатів з використанням апарату оберненої задачі, алгоритму регуляризації некоректної оберненої задачі теплопровідності в конструкції теплообмінних апаратів газоперекачувальних агрегатів з використанням значень температурних полів, визначених експериментально [2]. Даний тип діагностики дозволяє встановити місце розташування дефектів (тріщин, місце розгерметизації зварних швів і т.д.) в теплообміннику без зупинки роботи ГПА.

Існуючі методи визначення витоків повітря із секцій регенератора в основному базуються на їх опресуванні на непрацюючому агрегаті .

В умовах експлуатації для визначення витоків повітря із секцій пластинчастих регенераторів використовуються такі методи:

- по темпу падіння тиску в заглушених секціях регенератора ;
- за даними спеціально встановленої мірної шайби в режимі критичного закінчення повітря через нещільності регенератора :
- по зміні параметрів роботи агрегатів , від яких здійснюється відбір повітря на опресовування .

Крім цього, в умовах експлуатації на різних газопроводах робилися спроби використовувати й інші способи:

- по замірянній площі щілин в секціях регенератора;
- за відомою продуктивності стороннього джерела стислого повітря, що використовується для опресовування, з перерахунком її на робочі умови роботи регенератора;
- по приросту потужності ГТУ після заварки щілин в секції регенератора [3].

**Висновки.** Проведений аналіз діагностування регенераторів ГПА дозволив виділити такі основні контрольовані величини як температура, тиск, а також у подальшому розробити SCADA-систему, яка у реальному режимі часу визначати місця розгерметизації (місце витoku газу) у теплообміннику та контролюватиме параметри регенераторів, що забезпечить ефективну роботу газотурбінної установки. Щодо розроблення математичної моделі прогнозування місць витoku у регенераторах, то напрямки подальших досліджень можуть бути наступними: відновлення поля температури за відомими його значеннями на деякій множині точок та проведення експериментальних досліджень температурних полів на реальному об'єкті.

### Список використаних джерел

1 Кошельнік О. В. Моделювання роботи регенеративних теплообмінних апаратів високотемпературних технологічних установок / О. В. Кошельнік, В. Г. Павлова, Є. В. Хавін // XXIII Міжнародна науково-практична конференція: тези доповідей – Харків, 2015 р. – С. 276

2 Замиховский Л. М., Петрив С. Я. Математическое моделирование процесса теплообмена в регенераторе газоперекачивающего агрегата с использованием аппарата обратных задач // Scientific Journal «ScienceRise». – 2015. – №4/2(9). – pp. 49-54.

3 Козаченко А. Н. Энергетика трубопроводного транспорта газов / А. Н. Козаченко, В. И. Никишин, Б. П. Поршаков // Гуп Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина / Москва. – 2001. – 327-355с.

УДК 519.876.5

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНОГО СТАНУ ГПА-Ц-16С

*Л. М. Замиховський, Н. І. Іванюк*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська,15, [leozam@ukr.net](mailto:leozam@ukr.net)*

Досвід експлуатації ГПА різних типів показує, що на лопатковий апарат приходиться половина всіх дефектів і відмов ГПА, що вимагає застосування методів і технічних засобів його діагностування. На даний час найбільш перспективними є методи віброакустичної діагностики машин і механізмів для визначення технічного стану лопатевого апарату ГПА. Незважаючи на значну кількість наведених в літературних джерелах та запатентованих методів діагностування лопатевих апаратів ГПА різного призначення, сьогодні відсутні загальноприйняті методи для їх широкого промислового використання, зокрема для ГПА-Ц-16С, що вказує на актуальність поставленої задачі.

В [1] розглядається методика експериментального дослідження вібраційного стану ГПА-Ц-16С, яка дозволяє оперативно проводити експерименти по дослідженню не тільки вібраційного стану лопатей відцентрового напрямного апарату (ВНА), а й лопатевого апарату осевих компресорів низького (КНТ) і високого тисків (КВТ), турбін високого (ТВТ) і низького (ТНТ) тисків, силової турбіни нагнітача (СТН), а також проводити початкову обробку отриманих вібраційних сигналів в режимі реального часу, щодозволяє скоригувати програму проведення експериментів.

В даній роботі наводяться результати експериментальних досліджень вібраційного стану ГПА-Ц-16С, які були проведені з використання вказаної методики.

Враховуючи, що ГПА-Ц-16С є трьохвальним агрегатом, був проведений аналіз рівнів амплітуди вібрації на частотах, пов'язаних з частотою обертання ротора КНТ і зв'язаного з ним ВНА та ТНТ, частотою обертання ротора КВТ