

*Про створення ефективного обладнання повітря заборного тракту, включаючи комплексне повітря підготовчий пристрій що забезпечує високу економічність, надійність, довготривалість та екологічну безпеку газової турбіни ГТЭ-110, що входить до складу ПГУ-325*

*Ключові слова: повітрязаборний тракт, повітряпідготовчий пристрій, ГТЭ-110*

*О создании эффективного оборудования воздухозаборного тракта (ВЗТ), включая комплексное воздухоподготовительное устройство (КВОУ), обеспечивающего высокую экономичность, надёжность, долговечность и экологическую безопасность газовой турбины ГТЭ-110, входящей в состав ПГУ-325*

*Ключевые слова: воздухозаборный тракт, воздухоподготовительное устройство, ГТЭ-110*

*About making effective equipment of air-taken channel including complex air-preparatory device that ensures high economy, reliability, durability and environmental safety of gas turbine GTE-110 constituent in PGU-325*

*Key words: air taken channel, airpreparatory device*

## РАБОТЫ ОАО «НПО ЦКТИ» ПО СОЗДАНИЮ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОБОРУДОВАНИЯ ПГУ-325

**В. Е. Михайлов**

Доктор технических наук, генеральный директор\*

Контактный тел.: (921) 904-16-80, 812-717-43-00

E-mail: genidir@ckti.ru

**Л. А. Хоменок**

Доктор технических наук, заместитель генерального директора\*

Контактный тел.: (921) 904-16-80, 812-717-43-00

E-mail: genidir@ckti.ru

**Б. В. Нечкин**

Кандидат технических наук, заведующий лабораторией

Лаборатория компрессорных установок\*

Контактный тел.: (812) 717-54-97

E-mail: gtu@ckti.ru

**М. С. Золотогоров**

Кандидат технических наук\*

Контактный тел.: (812) 717-54-97

E-mail: gtu@ckti.ru

\*ОАО «НПО ЦКТИ»

ул. Атаманская, 3/6, г. Санкт-Петербург, Россия, 191167

Одной из важнейших задач обеспечения высокой экономичности, надёжности, долговечности и экологической безопасности газовой турбины ГТЭ-110, входящей в состав ПГУ-325, является создание эффективного оборудования воздухо-заборного тракта (ВЗТ), включая комплексное воздухоподготовительное устройство (КВОУ) с минимальными потерями давления в элементах тракта, а также низкого уровня шума в них.

В ОАО «НПО ЦКТИ» по заданию компании «Сатурн» было создано и поставлено КВОУ для ГТЭ-110 ПГУ-325. Создание КВОУ было выполнено на базе усовершенствованных существующих и новых методик расчета, созданных с учетом накопленного в НПО ЦКТИ опыта, комплексных стендовых исследований аэродинамики движения воздуха в элементах ВЗТ, а также с учетом режимных и конструктивных параметров, возможностью охлаждения (подогрева) воздуха и шумоглушения.

Аэродинамическое совершенствование ВЗТ в значительной степени зависит от качества проектирования, изготовления и даже монтажа входного патрубка (ВП) компрессора ГТУ.

Стационарность течения воздуха во входном патрубке, отсутствие значительных пульсаций давления, повышает устойчивость работы компрессора ГТУ

при регулировании и позволяет надежно работать ГТУ в широком диапазоне нагрузок.

Выполненные ВТИ и ЦКТИ испытания ГТУ в составе ПГУ на ГРЭС показали, что существующий ВП не обеспечивает низкий уровень гидropотерь (достигают величины 210мм Н<sub>2</sub>O), а амплитуда колебаний статического давления составляет 30мм Н<sub>2</sub>O, что свидетельствует о наличии существенной нестационарности течения при обтекании кожуха вала.

На модели ВП ГТЭ-110 (№4) в стендовых условиях была выполнена аэродинамическая оптимизация существующего ВП. В ходе исследований было установлено, что снижение уровня потерь энергии во ВП достигается заменой ступенчатого конфузора на входе в ОК на прямолинейный конфузор в сечении сопряжения входной камеры патрубка с элементом ВЗТ, а также размещением верхнего и нижнего разделительных ребер во входной камере. Падение статического давления уменьшено до величины 62мм Н<sub>2</sub>O. Неравномерность распределения параметров потока в сечении выхода воздуха из ВП уменьшена в среднем на 40%. Уровень высокочастотных пульсаций давления снижен по амплитуде на 30%.

Не менее актуальными для ГТЭ-110 ПГУ-325 явились исследования с целью определения причин возникновения пульсаций давления в газовом потоке

выхлопного тракта установки (ВТУ) с разработкой рекомендаций по снижению пульсаций давления и экспериментальной проверкой их эффективности.

Для решения поставленных задач была создана модель ВТУ, содержащая диффузор газовой турбины (ДТ), выхлопной патрубок (ВП), диффузор котла-утилизатора (ДКУ), котел-утилизатор (КУ). Модель КУ включала только первый трубный пучок. Коэффициент моделирования был принят равным 11,11, исходя из производительности компрессора К-500 для получения чисел Маха в потоке, соответствующих натурным условиям.

Исследования показали, что в тракте ВТУ (полная комплектация) имеет место высокий уровень пульсаций по частоте 81Гц и уменьшенный уровень пульса-

ций при удвоенной частоте по сравнению с работой без ДКУ.

Высокий уровень вибрации на режиме холостого хода является сочетанием ряда неблагоприятных факторов: значительной закрутки потока, неоптимальными соотношениями лопаточных аппаратов в ДТ и влиянием всей сети.

Установка в систему выхлопных диффузоров раскручивающего устройства приводит к существенному снижению уровня вибраций элементов выхлопного тракта как на режиме холостого хода, так и номинальной нагрузки. Удалось снизить величины колебаний в разных точках ВТУ в 6-23 раза.

Работы в этом направлении необходимо продолжить.

УДК 534

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ КОЛІВАНЬ ВАЛА З ЛОПАТЯМИ НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНОЇ МОДЕЛІ

**О. Д. Шамровський**

Професор\*

Контактний тел.: (0612) 60-12-16

E-mail: adshamr@rambler.ru

**В. О. Шевченко**

Аспірант\*

Контактний тел.: 096-680-50-06

E-mail: shevictory@gmail.com

**Ю. О. Лимаренко**

Доцент\*

Контактний тел.: 096-234-71-97

E-mail: lymarenko@yandex.ru

\*Кафедра програмного забезпечення автоматизованих систем

Запорізька державна інженерна академія  
пр. Леніна, 226, м. Запоріжжя, 69006

*Розглянуто просторову дискретну модель вала з лопатями робочого колеса поворотно-лопатевої гідротурбіни. Проведено аналіз вимушених коливань системи. Розроблену в [4] методику керованого антирезонансу застосовано для гасіння небажаних коливань вала з лопатями*

*Ключові слова: вал, лопать, вимушені коливання, резонанс*

*Рассмотрена пространственная дискретная модель вала с лопастями рабочего колеса поворотно-лопастной гидротурбины. Проведен анализ вынужденных колебаний системы. Разработанная в [4] методика управляемого антирезонанса использована для гашения нежелательных колебаний вала с лопастями*

*Ключевые слова: вал, лопасть, вынужденные колебания, резонанс*

*The discrete model of shaft with blades of adjustable-blade turbine water wheel is observed. The controlled antiresonance methods which was developed in [4] is applied for undesirable system vibrations dumping*

*Key words: shaft, blade, forced vibrations, resonance*

### Вступ

Робочі колеса гідротурбін зазнають значних навантажень при їхній експлуатації. Істотно впливають при цьому різного роду вібрації. Зазвичай питання вібрацій для низькооборотних, порівняно з авіаційними турбінами й компресорами, гідротурбін вважаються другорядними, однак, як показала аварія на Саяно-Шушенській ГЕС, знехвалити вібраціями гідротурбін не можна [1]. Проблеми, обумовлені вібраціями гідротурбін, виникали також і на Дніпровській ГЕС. Таким чи-

ном, питання вібрацій робочих коліс гідротурбін є досить актуальними й потребують детального вивчення.

При аналізі явищ, що відбуваються при вібраціях, особливо важливими є дослідження, що дозволяють одержувати якісні результати. Такою властивістю володіють, зокрема, дискретні моделі [2, 3]. У даній роботі описана дискретна модель вала з лопатями поворотно-лопатевої гідротурбіни. На основі запропонованої моделі зроблено аналіз резонансних коливань вала з лопатями, а також продемонстрована розроблена раніше [4] технологія керування резо-