

УДК.621.313.322

А.Н. Минко

ГП «Электротяжмаши», УИПА, Харьков

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ

Статья посвящена экспериментальному исследованию эксплуатационных характеристик промышленного образца воздухоохладителя для турбогенераторов. Сформулирована методика осуществления эксперимента на предложенной конструкции испытательной установке (стенде).

**Ключевые слова:** воздухоохладитель, турбогенератор, массогабаритные параметры.

### Введение

#### Постановка задачи и анализ литературы.

Одним из основных показателей конкурентоспособности турбогенераторов (ТГ) с воздушной системой охлаждения являются массогабаритные показатели его неактивной части (корпусной, вспомогательной). Из анализа массогабаритных параметров [1, 2] следует, что наибольшую величину массы и габаритов (после корпуса статора) имеют приставные корпуса системы газоохладителей. Габаритные размеры и масса боковых частей приставных коробов (колдцы газоохладителей) главным образом зависят от величины рабочей зоны тепловода воздухоохладителей, установленных в турбогенераторе. Таким образом, исследуя возможность сокращения рабочей зоны теплоотдающей поверхности (без потери качества и величины теплосъема) можно существенно уменьшить значение габаритов и массы корпусной составляющей короба. После создания математической модели и проведения конструкторской разработки теплообменного узла [3 – 6], обладающего оптимальными массогабаритными показателями, стал вопрос проведения промышленных испытаний промышленного образца разработанного устройства газоохладителей.

**Задачей исследования** является создание испытательной установки (стенда) и общей методики экспериментального исследования промышленного образца теплообменника.

### Материал и результаты исследования

Испытание промышленного образца разработанной конструкции теплообменника целесообразно производить на испытательном стенде (установке) отдельно, а не при его непосредственной установке в реальном турбогенераторе, по следующим причинам:

– отсутствие в производстве и в эксплуатации турбогенератора с воздушной системой охлаждения необходимой мощности;

– простота и доступность выбора и установки необходимых для исследования измерительных датчиков для контроля параметров эксперимента;

– возможность изменения входных параметров (моделирование смены режима работы теплообменника) при исследовании критических и длительно-допустимых условий работы, а также оценка возможности применения испытуемого теплообменника для турбогенераторов различной конструкции;

– экономичность проведения испытаний на стенде, эффективный уровень значений электрических, механических, инструментальных и эксплуатационных затрат.

Для проведения эксперимента и создания внешних условий, максимально приближенных к рабочим, которые бы точно повторяли (либо замещали) геометрию конструкции и специфику тепловых и аэродинамических процессов в турбогенераторе, был спроектирован испытательный стенд, представленный на рис. 1.

Стенд содержит: 1 – приводной двигатель, 2 – центробежный вентилятор, 3 – входной кожух, 4 – опора скольжения (подшипник), 5 – испытуемый теплообменник, 6 – выпускной кожух, 7 – трубопровод подачи воды на охладитель, 8 – трубопровод слива воды из охладителя, 9 – датчик, 10 – подогревающая спираль. Римскими цифрами на рис. 1 обозначены установленные на стенде датчики контроля параметров теплообменника, а их тип и назначение представлены в табл. 1.

При проведении испытаний промышленного образца предлагаемой конструкции теплообменного устройства для турбогенераторов с воздушной системой охлаждения принято:

– частота вращения центробежного вентилятора, установленного на испытательном стенде (рис. 1) постоянна и равна  $3000 \text{ мин}^{-1}$ ;

– количество, диаметр и геометрия оребрения трубок системы охлаждения постоянно;

– расход воздуха на всех этапах эксперимента постоянный;

– скорость движения потока охлаждающей воды на разных этапах эксперимента различна.

Общая методика проведения эксперимента следующая (рис. 2): приводной двигатель 1, на валу которого установлен центробежный вентилятор 2, при помощи подшипника скольжения 4, осуществ-

ляет подачу воздуха из машинного зала в зону высокого давления, под кожух 3. На входе в кожух 3, установлена спираль тепловыделяющего элемента 10 (ТЭН), который осуществляет подогрев входящего воздуха в охладитель, до температуры, эквивалентной рабочей среде турбогенератора.

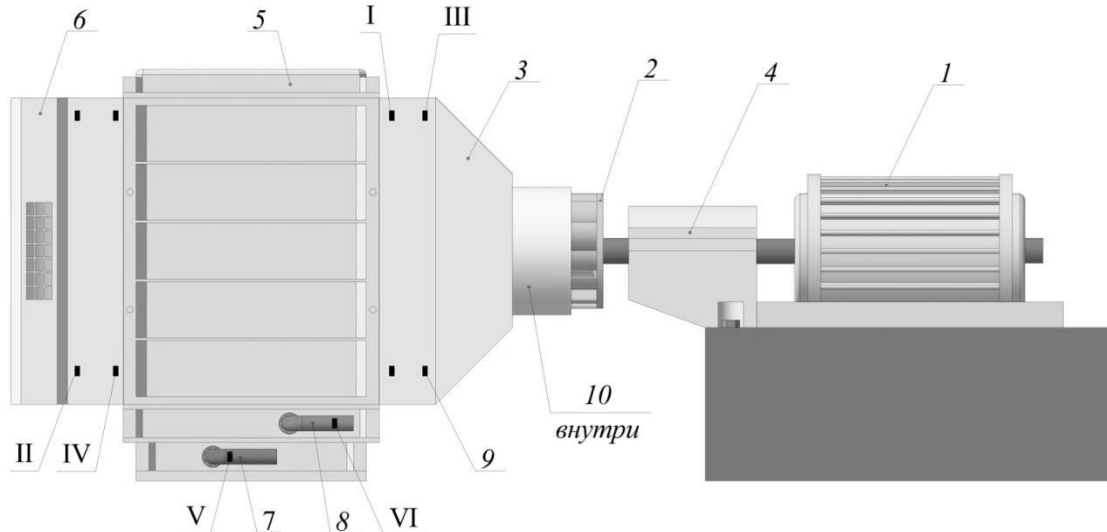


Рис. 1. Общий вид испытательной установки (стенд)

Таблица 1  
Тип и назначение датчиков контроля  
испытательного стенда

№ датчика	Тип датчика	Рабочие диапазоны измерений датчиков	Назначение (измеряемые параметры)
I	AVT-D	0÷20 м/с; -20 ... +70 °С	Измерение скорости потока воздуха
II			
III	TS2659	Класс нагревостойкости В -30 ... +180 °С	Измерение температуры воздуха
IV			
V	РПИ-25	4,6÷16,6 л/мин 0 ... +100 °С	Измерение скорости движения и температуры потока воды
VI			

В это же время через трубопровод 7 осуществляется подача холодной воды в теплообменник, которая совершает циркуляцию по трубкам охлаждения теплообменника, где вода нагревается, отводя некоторое количество тепла от воздуха, и сливается через трубопровод слива 8. Таким образом, воздух из зоны проходит перпендикулярно трубкам охлаждения в охладителе 5 и попадает в зону повышенного давления, под кожух 6, уже охлажденным; где, минуя поворот, выбрасывается в зону низкого давления (машинный зал). На указанных местах функ-

циональной цепи испытательной установки, датчики фиксируют значения параметров, необходимых для оценки результатов проводимого эксперимента.

На рис. 2 изображена функциональная схема эксперимента.

Исследование функциональных характеристик предложенной конструкции теплообменника на испытательном стенде происходит поэтапно, при проведении трех экспериментов.

**Эксперимент № 1.** Исследование номинального режима работы (длительно – допустимого). Целью первого эксперимента является определение функциональных характеристик воздухоохладителя: скорости газа на входе/выходе охладителя, скорости воды в трубках охлаждения, температуры газа на выходе из охладителя, температуры охлаждающей воды и т.д. Все эти параметры фиксируются при отводе тепла в номинальном режиме эксплуатации реального турбогенератора мощностью 200 МВт.

**Эксперимент № 2.** Аварийный режим работы (кратковременный). Целью второго эксперимента является определение тех же функциональных характеристик, что и в первом эксперименте, с увеличением тепловой нагрузки на охладитель на 25%, т.е. моделируется аварийный выход из строя одного из четырех воздухоохладителей, установленных в генераторе. Кроме того, учитывая циклический характер движения в замкнутой системе охлаждения вентилируемого газа, принимаем, что величина температуры в аварийном режиме в момент времени  $T_2$  будет несколько большей, чем в момент времени  $T_1$ .

В эксперименте фиксируются показания датчиков для трех контрольных точек времени (с шагом в 15 мин) для различных значений скорости движения охлаждающей воды. Например:  $T_1=15$  мин,  $T_2=30$  мин,  $T_3=45$  мин). Показания датчиков в этих точках даст возможность судить о длительности и величине допустимой тепловой перегрузки воздухоохладителя.

**Эксперимент №3.** Исследование неоднородности температурного поля зоны газоохладителей.

Целью третьего эксперимента является установление степени неоднородности температурного поля относительно рабочей поверхности охладителя. Исследование ведется в пространственных координатах, датчики установлены со стороны выхода охлаждающего газа. Для этого эксперимента была установлена дополнительная группа температурных датчиков (TS2659), количество и место установки которых показано на рис. 3.

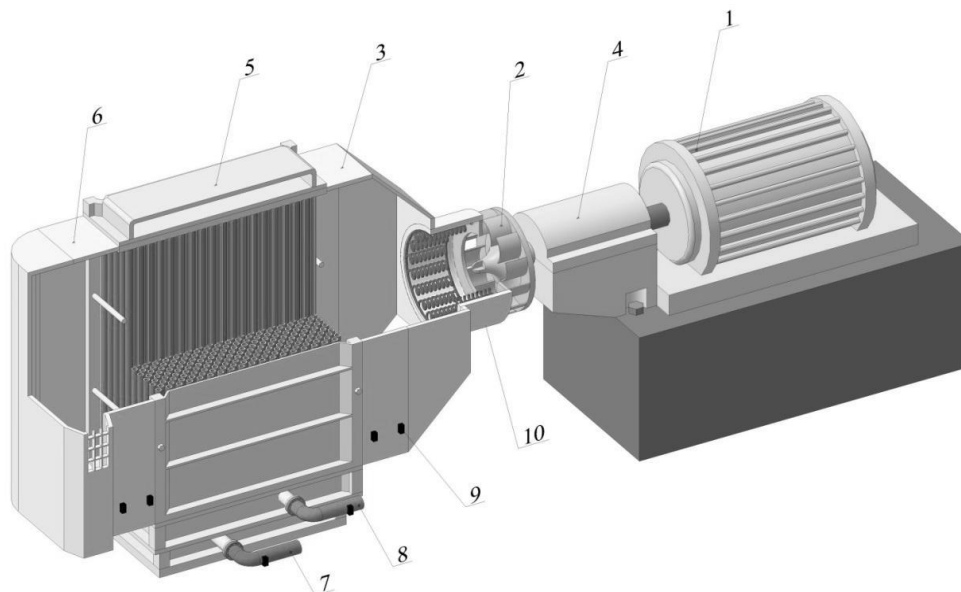


Рис. 2. Функциональная идея процесса эксперимента

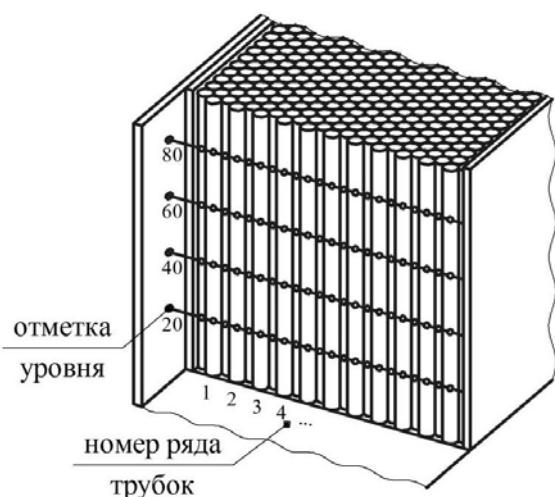


Рис. 3. Количество и расположение температурных датчиков для эксперимента № 3

### Выводы

1. Предложенная модель испытательной установки по своим функциональным качествам позволяет максимально точно моделировать геометрию приставных коробов вертикального исполнения турбогенератора с точки зрения исследования эксплуатационных параметров теплообменника: уровень аэродинамического сопротивления, коэффици-

ент теплоотдачи, степень неоднородности температурного поля охлаждающего газа и параметров охлаждающей воды; температура и скорость движения в трубках охладителя.

2. Предлагаемая методика проведения эксперимента позволяет моделировать поведение газоохладителей в номинальном (длительно-допустимом) и аварийном (кратковременном) режимах эксплуатации. Кроме того, методика эксперимента предусматривает исследование особенностей работы теплообменного узла с учетом цикличности системы охлаждения (т.е. при замкнутой системе вентиляции), а группа размещенных тепловых датчиков на выходе газа из охладителя дает представление о неоднородности температурного поля в зоне движения охлаждающей среды, что позволяет исследовать влияние разброса температуры в турбогенераторе на работу систем охлаждения и наличие этого разброса в зависимости от параметров охладителя.

### Список литературы

1. Кузьмин В.В. Оптимизация массогабаритных параметров неактивных частей турбогенераторов / В.В. Кузьмин, В.В. Шевченко, А.Н. Минко. – Монограф; СПДФЛ Чальшев А.В. – 2012. – 246 с.
2. Минко А.Н. Современный критерий оптимальности массогабаритных параметров крупных электрических машин (турбогенераторов) / А.Н. Минко // Энерго-

сбережение, Энергетика, Энергоаудит. – 2011. – №10. – С. 25-35.

3. Минко А.Н. Комплексный подход эффективного использования массы и габаритов неактивной части турбогенераторов с воздушной системой охлаждения / А.Н. Минко // Зб. наук. праць X Міжнародної наук.-техн. конф., м. Кременчук 28-29 березня 2012 р. – Кременчук, КрНУ, 2012. – С. 20-24.

4. Кузьмін В.В., Мінко А.М., Шевченко В.В., Гордієнко В.Ю. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 39709 від 16.08.2011 «Комп'ютерна програма «Fahrenheitv.0.1.»

5. Кузьмин В.В. Об оптимальном использовании ма-

териалов и снижении массогабаритных показателей торцевой зоны неактивных частей турбогенераторов / В.В. Кузьмин, В.В. Шевченко, А.Н. Минко // Вестник НТУ «ХПИ». – 2011. – № 6. – С. 106-112.

6. Минко А.Н. Неисправности систем охлаждения турбогенераторов. Современные рекомендации по ремонту / А.Н. Минко, К.А. Кобзарь // Энергосбережение, Энергетика, Энергоаудит. – 2011. – № 6. – С. 30-38.

Поступила в редколлегию 15.08.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.Г. Шелепов, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

#### МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАМЕТРІВ ФІЗИЧНОЇ МОДЕЛІ ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧІВ ДЛЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ

О.М. Мінко

Стаття присвячена експериментальному дослідженню експлуатаційних характеристик промислового зразка повітроохолоджувача для турбогенераторів. Сформульована методика здійснення експерименту на запропонованій конструкції випробувальної установці (стенді).

**Ключові слова:** повітроохолоджувач, турбогенератор, масогабаритні параметри.

#### THE METHODS OF THE EXPERIMENTAL STUDY FUNCTIONAL PARAMETER TO PHYSICAL MODEL AERO-CHILLER FOR TURBO-ALTERNATOR

A.N. Minko

The article is dedicated to experimental study of the field-performance datas of the industrial sample aero-chiller for turbo-alternator. The worded methods of the realization of the experiment on offered designs to test installation (the stand).

**Keywords:** air cooler, turbogenerator, mass-overall parameters.