

основании которого лежит круг диаметром 8 м. Полезная площадь – около 50 м², высота – 4 м.

Расчет производился для климатических условий г. Екатеринбурга, расчетная температура наружного воздуха составила минус 32 °С, внутреннего – 21 °С. Коэффициент теплопередачи определялся в соответствии с [3]. Расчет трансмиссионных теплопотерь проведен в соответствии с [4].

Для сравнения принят дом традиционной формы со стенами и кровлей, конструктивные слои которых аналогичны составу наружных ограждений сферического дома. Полезная площадь дома составила также 50 м².

Получены следующие результаты расчетов: при площади наружных ограждений кубического дома 161 м² основные теплопотери составили 3460 Вт, а для сферического дома – при площади наружных ограждений 100 м² теплопотери составили 2290 Вт.

Таким образом, мощность системы отопления в сферическом доме в 1,5 раза меньше, чем в традиционном.

Список использованных источников

1. Ольшанченко А. А., Ширяева Н. П. Обеспечение микроклимата в купольных домах // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2017. № 12. С. 10–14.
2. Фабер Т. Е. Гидроаэродинамика / пер. с англ. под ред. А. А. Павельева. М. : Постмаркет, 2001. 560 с.
3. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М. : ООО «Аналитик», 2012. – 96 с.
4. Руководство по расчету теплопотерь помещений и тепловых нагрузок на систему отопления жилых и общественных зданий: Рекомендации АВОК. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2012. – 26 с.

УДК 621.438

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ГУБТ

RESEARCH OPPORTUNITIES FOR PRODUCING AN ADDITIONAL ELECTRICITY ENERGY PRODUCTION ON GUBT

Павлов А. А., Нагорная О. Ю., Горбунов В. А., Пронин В. Ю.
Ивановский государственный энергетический университет,
г. Иваново, olnagornaya@yandex.ru

Pavlov A. A., Nagornaya O. Yu., Gorbunov V. A., Pronin V. Yu.
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo

Аннотация: В данной работе предложена разработанная детерминированная модель работы газовой утилизирующей бескомпрессорной турбины мощностью 25 МВт (ГУБТ-25) на основе численного моделирования, реализованного с помощью программно-вычислительного комплекса ANSYS CFX. Модель разработана с целью расширения диапазона значений параметров, влияющих на эффективность работы турбины. Созданная в программно-вычислительном комплексе ANSYS CFX детерминированная модель ГУБТ-25 позволяет проанализировать основные направления повышения эффективности турбины как в пределах имеющихся экспериментальных данных, так и за их пределами.

Abstract: In this paper, we propose a developed deterministic model for the operation of a 25-megawatt (GUBT-25) gas recycling compressorless turbine based on numerical simulation realized with the ANSYS CFX software complex. The model is designed to expand the range of parameters that affect the efficiency of the turbine. The deterministic model GUBT-25, created in the ANSYS CFX software complex, allows analyzing the main directions of increasing the efficiency of the turbine both within the available experimental data and beyond.

Ключевые слова: газовая утилизирующая бескомпрессорная турбина, детерминированная модель, выработка электрической энергии.

Key words: gas recycling compressorless turbine, deterministic model, electric power generation.

В настоящее время на металлургических предприятиях применяются газовые утилизационные бескомпрессорные турбины (ГУБТ), использующие избыточное давление доменного газа для выработки электрической энергии. Внедрение ГУБТ – одно из эффективных мероприятий, позволяющих уменьшить энергоемкость производства чугуна и себестоимость металлопродукции в целом. Кроме этого, применение таких турбин позволяет металлургам не только получить дополнительную электрическую энергию, но и значительно улучшить экологическую обстановку в крупных промышленных регионах.

В последнее время сложилась практика использования турбин с процессом конденсации влаги из доменного газа при его прохождении через турбину. Из многообразия тепловых двигателей в данной работе рассматривается ГУБТ-25, которая использует избыточное давление доменного газа для выработки электрической энергии. Турбина ГУБТ-25 предназначена для привода электрогенератора с частотой вращения 1500 об/мин. Турбина четырехступенчатая, двухпоточная. Турбина работает на предварительно очищенном доменном газе до установленного нормами значения 4 мг/м^3 с относительной влажностью 100 % и использует его потенциальную энергию с абсолютным давлением $\sim 290\text{-}305 \text{ кПа}$ [1].

Основными параметрами доменного газа, которые в значительной степени влияют на увеличение выработки электрической энергии, являются расход доменного газа, давление и температура доменного газа до и после турбины. Авторами разработана нейросетевая модель работы ГУБТ-25, которая позволила получить технически-обоснованные нормы расхода энергии доменного газа и режимные карты работы турбины в диапазоне экспериментальных данных [2, 3]. Данная модель имеет ограничения. Она не может использоваться для данных, которые

выходят за диапазон экспериментальных данных промышленного эксперимента.

С целью расширения диапазона значений параметров, влияющих на эффективность работы ГУБТ-25, разработана детерминированная модель гидродинамической работы турбины на основе численного моделирования с использованием программно-вычислительного комплекса ANSYS CFX. Верификация модели осуществляется по экспериментальным данным, полученным при промышленном эксперименте [4].

При создании детерминированной модели на первоначальном этапе принимается ряд допущений.

1) Свойства рабочего тела (доменного газа) турбины во всех точках процесса расширения считаются аналогичными свойствам смеси идеальных газов, свойства которых зависят от температуры.

2) Так как рабочее вещество подчиняется законам идеального газа, то в процессе расширения не учитывается выпадение капельной влаги и, как следствие, выделение скрытой теплоты парообразования.

3) Поскольку проточная часть турбины ГУБТ-25 симметрична, то расчет выполняется для правой стороны.

При задании параметров модели на расчет использовались следующие граничные условия: полное давление на входе, кПа; статическое давление на выходе, кПа; полная температура на входе, °С; частота вращения ротора, об/мин; модель турбулентности $k-\varepsilon$; состав доменного газа в массовых долях; тип расчета – стационарный; тип невязки – RMS (среднеквадратическая невязка); критерий невязки – 0,007. Модель позволяет получить распределение температур, давлений, скоростей и т.д. по ступеням турбины, а также получить основные характеристики работы ГУБТ-25.

По результатам расчета установлено, что увеличение температуры на входе в турбину дает дополнительное увеличение значения мощности при выходе за пределы экспериментальных данных. Увеличение температуры (за пределами работы нейросетевой модели) с 61,2 °С до 80 °С дает увеличение мощности приблизительно на 0,6 МВт.

Данная детерминированная модель в дальнейшем может быть улучшена за счет снятия ряда допущений и использована для проведения дальнейших более детальных исследований. Однако более точные выводы по работе турбины можно будет сделать уточнением детерминированной модели с проведением большего количества численных опытов.

Таким образом, детерминированная модель ГУБТ-25 даст возможность оценивать режимные параметры работы турбины за их пределами с целью повышения ее энергетической эффективности.

Список использованных источников

1. Степанов В. М., Белоусова Т. Л., Нагорная О. Ю., Соколов С. Ю. Газовая утилизационная бескомпрессорная турбина мощностью 25 МВт и ее технико-экономические показатели // Турбины и компрессоры. 2005. Вып. 1, 2 (30, 31). С. 22–27.
2. Горбунов В. А., Нагорная О. Ю. Использование нейросетевого подхода для получения режимных карт работы турбины ГУБТ-25 // Вестник ИГЭУ. 2006. № 4. С. 64–66.
3. Горбунов В. А. Использование нейросетевых технологий для повышения энергетической эффективности теплотехнологических установок / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина». – Иваново : ИГЭУ, 2011. – 476 с.
4. Горинов О. И., Горбунов В. А., Нагорная О. Ю. Экспериментальное исследование работы ГУБТ-25 на ОАО «Северсталь» // Состояние и перспективы развития электротехнологии. XII Бенардосовские чтения: тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. Иваново : ГОУ ВПО «ИГЭУ имени В.И. Ленина», 2005. Т. 2. С. 54.

УДК 681.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ИНДУКЦИОННОЙ ЗАКАЛКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

OPTIMIZATION OF THE INDUCTION HARDENING OF METALLIC BILLET OF COMPLEX SHAPE

Павлушин А. В.

Самарский государственный технический университет,
г. Самара, Alex1995i79@gmail.com