

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЖИМНЫХ КАРТ РАБОТЫ ТУРБИНЫ ГУБТ-25

НАГОРНАЯ О.Ю., соиск., ГОРБУНОВ В.А., канд. техн. наук

Предложена математическая модель работы турбины на основе нейронных сетей, реализованная в виде программы. Представлены разработанные с использованием программы режимные карты по работе ГУБТ-25, которые позволяют эффективно эксплуатировать турбину с учетом работы газовой очистки после доменной печи и газовой сети доменного газа.

Ключевые слова: математическая модель, турбина, нейронные сети, режимные карты работы турбины.

NEURONET APPROACH USAGE FOR GUBT-25 TURBINE OPERATING BOARD GETTING

O.Yu. NAGORNAYA, postgraduate, V.A. GORBUNOV, Ph.D.

The work represents the mathematical model of turbine operating on neural nets base, which was realized as a program. Using this program, the authors have developed GUBT-25 turbine operating boards, which allow turbine effective exploitation subject to gas cleaning operating after blast furnace and gas net of blast-furnace gas.

Key words: mathematical model, turbine, neural nets, turbine operating board.

В металлургической промышленности производство электрической энергии является не основным, а вторичным, хотя часто предприятия испытывают дефицит в электроэнергии. Электроэнергию на предприятиях получают, утилизируя вторичные энергетические ресурсы, которые образуются при производстве металла, традиционным для энергетики способом, используя химическую энергию вторичного топлива (доменного газа, коксового газа и др.). В последнее время на металлургических предприятиях активно используется потенциальная энергия давления доменного газа для выработки электроэнергии. Для утилизации этой энергии используются газовые утилизационные бескомпрессорные турбины (ГУБТ). Доменный газ, в отличие от традиционного топлива, обладает кроме химической энергии топлива потенциальной энергией давления и внутренней энергией (температура доменного газа, выходящего из доменной печи, превышает 200⁰С, избыточное давление составляет около 0,2 МПа).

Для оценки влияния параметров энергоносителя (доменного газа) на выработку электроэнергии ГУБТ-25 на ОАО «Северсталь» был проведен промышленный эксперимент [1]. Турбина ГУБТ-25, установленная за доменной печью № 5, работает на влажном доменном газе (рис. 1).

Проходя через проточную часть турбины ГУБТ-25, доменный газ (ДГ), отдавая энергию давления, охлаждается. При охлаждении газа пар, находящийся в газе, частично конденсируется и выделяется в виде капелек влаги, которая удаляется через конденсатоотводчики по ходу следования ДГ. Турбина – четырехступенчатая, двухпоточная. Регулирование турбины осуществляется с помощью поворотных направляющих лопаток первых ступеней обоих потоков, предназначенных для изменения пропускной способности проточной части турбины, в зависимости от расхода ДГ, проходящего через турбину. Они управляются через поворотные кольца гидроцилиндрами, которые, в свою очередь, управляются либо в режиме дистанционного управления, либо в автоматическом режиме электро-но-гидравлической системой регулирования турбины,

которая осуществляет поддержание на заданном уровне давления газа под колошником доменной печи № 5. Если выход ДГ превышает пропускную способность ГУБТ, предусмотрена схема регулирования газа с помощью открытия сбросного клапана перед дроссельной группой при полностью открытых лопатках ГУБТ.

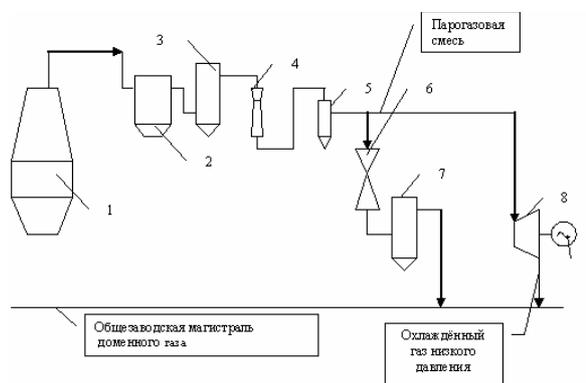


Рис. 1. Установка ГУБТ-25 без подогрева доменного газа при газоочистке мокрого типа: 1 – доменная печь; 2 – сухой пылеуловитель; 3 – скруббер; 4 – трубы-распылители (трубы Вентури); 5 – водоотделители; 6 – дроссельное устройство; 7 – отделитель капельной влаги после дроссельного устройства; 8 – турбина; 9 – электрогенератор

По результатам промышленного эксперимента были собраны статистические данные по мощности на коллекторах генератора турбины, расходу ДГ через турбину, давлению и температуре ДГ до и после турбины, степени открытия поворотных лопаток и сбросного клапана в дроссельную группу и получены графики измерений этих величин (рис. 2) в % по отношению к следующим параметрам:

мощности –	30 МВт
расходу ДГ –	1000000 м ³ /ч
температуре ДГ на входе в турбину –	100 ⁰ С
температуре ДГ после турбины –	50 ⁰ С
давлению ДГ перед турбиной –	3 бар
давлению ДГ после турбины –	0,4 бар

На основе экспериментальных данных была разработана статистическая модель работы ГУБТ-25. В качестве инструмента был выбран метод моделирования с помощью нейронных сетей [3–5]. Нейронные сети позволяют прогнозировать будущие значения переменных по уже имеющимся значениям этих же или других переменных, предварительно осуществив процесс обучения на основе имеющихся данных. Обученная на множестве данных сеть обобщила полученную информацию в виде функциональных связей внутри себя. После этого проверка модели показала неплохие результаты на данных, которые не использовались в процессе обучения. Модель по работе ГУБТ-25 оценивает зависимость мощности турбины от этих параметров. Модель также позволяет определить удельные показатели эффективности использования энергоносителя на газотурбинной расширительной станции (ГТРС) и производить оценку организационно-технических мероприятий по эффективному использованию энергии доменного газа.

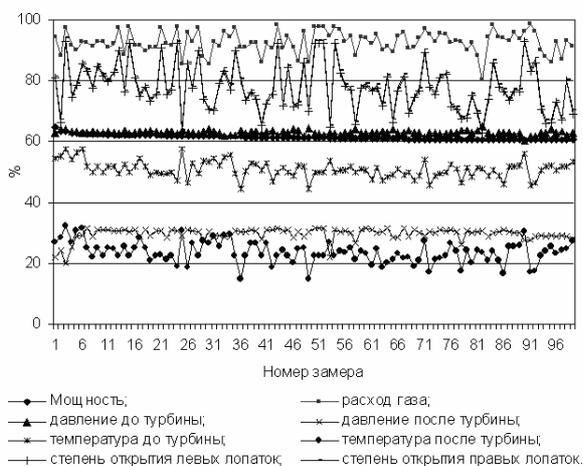


Рис. 2. Графики измерений параметров доменного газа и мощности турбины

Работа газовой утилизационной турбины во многом зависит от работы доменной печи в блоке. Основные параметры ДГ: расход доменного газа, давление и температура доменного газа перед турбиной, которые в основном влияют на увеличение выработки электрической энергии, – зависят от работы доменной печи. Но часть параметров, влияющих на эффективность работы ГУБТ-25, зависит от работы других участков газового цеха. Задачей участка очистки является эффективная очистка доменного газа от пыли и доведение ее до нормативного показателя. Задачей участка газовых сетей является доставка газа к потребителю с заданными параметрами: количеством, давлением и температурой. Назначение участка ГТРС состоит в выработке большего количества энергии при эффективной эксплуатации оборудования. Сравнение удельного расхода энергоносителя с полученным в результате расчета на модели позволяет оценить эффективность использования энергоносителя в газовом цехе при качественном выполнении задач, связанных с эксплуатацией участков газовой очистки и газовых сетей.

По моделированию работы ГУБТ была создана программа «Расчет основных показателей работы ГУБТ-25» (рис. 3). Целью создания математической программы по моделированию режимов работы

ГУБТ-25 является выявление резервов экономии энергоресурсов на основе их нормирования для выработки электроэнергии на ГУБТ-25, а также прогнозирования выработки электроэнергии при изменении различных параметров, влияющих на мощность турбины в условиях ее работы применительно к ГТРС №2 газового цеха ОАО «Северсталь».

Газоочистка		Состав доменного газа	
Температура доменного газа перед газоочисткой, гр.С	200	CO, %	20
Избыточное давление доменного газа перед газоочисткой, кг/см2 (бар)	2,3	CO2, %	19
Турбина			
Расход доменного газа на стандартные условия, м3/ч	800000	H2, %	2
Избыточное давление доменного газа до турбины, кг/см2 (бар)	1,96	N2, %	56
Избыточное давление доменного газа после турбины, кг/см2 (бар)	0,09	H2O, %	3
Температура доменного газа до турбины, гр.С	45		
Температура доменного газа после турбины, гр.С	21		
Степень открытия левых лопаток по ходу турбины, %	40		
Степень открытия правых лопаток по ходу турбины, %	36		
Температура окружающего воздуха, гр.С	19,2		
Результаты расчета			
Мощность турбины, МВт	12,9981		
Удельный расход условного топлива, г.чт./кВт*ч	8876,55		
Коэффициент брутто, %	1,22268		

Рис. 3. Интерфейс программы «Расчет основных показателей работы ГУБТ-25»

Программа позволяет определить мощность турбины, удельный расход энергоносителя на выработку 1 кВт·ч, а также КПД брутто эффективности использования энергоносителя после доменной печи [2] по следующим входным параметрам: расходу ДГ на стандартные условия; избыточному давлению ДГ до и после турбины; температуре ДГ до и после турбины; степени открытия левых и правых лопаток по ходу ДГ к турбине; температуре окружающего воздуха; составу ДГ перед газоочисткой; избыточному давлению ДГ перед газоочисткой; температуре ДГ перед газоочисткой. Программа может использоваться в качестве макета расчета нормативных удельных расходов энергоносителя.

В настоящее время программа по моделированию режимов работы ГУБТ-25 используется на ОАО «Северсталь». Использование полученной статистической модели позволило получить режимные карты работы на существующие условия эксплуатации ГУБТ-25. С помощью режимных карт можно определить эффективность работы ГУБТ-25 при изменении режимов работы доменной печи, оборудования газовой очистки, газовых сетей доменного газа и выбрать оптимальные параметры, влияющие на эффективность работы ГУБТ-25 с учетом режимов работы газовой очистки и газовых сетей доменного газа.

Список литературы

1. Нагорная О.Ю., Горбунов В.А., Горинов О.И. Экспериментальное исследование работы ГУБТ-25 на ОАО «Северсталь»: Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологии» (XII Бенардосовские чтения). Т. 2. – Иваново, 2005.
2. Нагорная О.Ю., Горбунов В.А., Горинов О.И. Повышение эффективности использования энергоносителя доменной печи: Тез. докл. XI Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». Т. 2. – М.: МЭИ, 2005.
3. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели. – Воронеж: ВГУ, 1999.

4. **Уоссермен Ф.** Нейрокомпьютерная техника: теория и практика: Пер. с англ. – М.: Мир, 1992.

5. **Нейроинформатика** /А.Н. Горбань, В.Л. Дунин-Барковский, А.Н. Кирдин и др. – Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998.

Горбунов Владимир Александрович,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики теплотехнологий и газоснабжения,
телефон (4932) 26-97-90,
e-mail: zamdekana@iff.ispu.ru

Нагорная Ольга Юрьевна,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
соискатель,
телефон (4932) 26-97-87.