

1995. – 232 с.

2. Моделирование асинхронных электроприводов с тиристорным управлением / Л.П. Петров, В.А. Ладензон, Р.Г. Подзолов, А.В. Яковлев. – М.: Энергия, 1977. – 200 с.
3. Бандурин А.Н. Моделирование динамики рабочего органа скребкового конвейера // Вестн. КузГТУ. – 1999. – №2. – С.46-49.
4. Патент РФ № 2235410 МПК Н 02 Р 1/26. Способ пуска асинхронного электродвигателя / Е.К. Ещин, И.А. Соколов, В.Л. Иванов, В.Г. Каширских, Заявл. 04.01.03, № 2003100098. Опубл. 27.08.04. Бюл. №24.

□ Авторы статьи:

Каширских
Вениамин Георгиевич
-канд.техн. наук, зав. каф. электро-
привода и автоматизации

Переверзев
Сергей Сергеевич
- аспирант каф. электропривода и
автоматизации

УДК 621.31-213.34

С.Д. Баранов

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ СМЕСЕЙ В ОТДЕЛЕНИИ СТАТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ ВИДОМ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ

Источниками воспламенения взрывоопасных смесей внутри оболочки взрывозащищенного электрооборудования могут быть электрическая дуга, электрическая искра, искры трения и соударения элементов конструкции движущихся частей взрывозащищенного электрооборудования или значительный нагрев отдельных частей внутри оболочки. В предложенных вариантах конструкций взрывозащищенных электродвигателей со специальным видом взрывозащиты [1, 2] внутренний объем отделения статора представлен в виде узких щелевых зазоров. Оставшееся свободное пространство по лобовым частям заполнено дизлектрическим компаундом, а между подшипниковым щитом и торцевой частью гладкого ротора заполнено установкой специальных втулок. При такой конструкции электрической взрывозащищенной машины источником теплового воспламенения взрывоопасной смеси может служить только ротор.

Действующие в настоящее время стандарты на взрывозащищенное электрооборудование регламентируют температуру нагрева отдельных частей конструкции, размещенных

внутри оболочки. Стандарт ГОСТ Р 51330.5-99, соответствующий стандарту МЭК 60079-4-75, классифицирует взрывоопасные смеси на шесть температурных групп по температуре самовоспламенения. Необходимо отметить, что методика определения температуры самовоспламенения рекомендует вводить взрывоопасную смесь в предварительно нагретую колбу, изготовленную из боросиликатного стекла, имеющую объем 200 см³. При таких испытаниях, полученная температура самовоспламенения взрывоопасной смеси не является физикохимической константой, а зависит от аппаратурных условий, т.е. если изменить конфигурацию колбы или изготовить её из другого материала, то результаты могут существенно отличаться один от другого.

В предложенных конструкциях электродвигателей со специальным видом взрывозащиты свободный объем получается в виде узких щелевых зазоров (для двигателей малой и средней мощности величина зазора составит порядка десяти миллиметров), следовательно, процесс теплового воспламенения в таких объемах будет отличаться от того, который имеет место

при стандартной методике, а температура воспламенения будет выше. Из тепловой теории воспламенения [3] было получено соотношение, связывающее температуру воспламенения от нагретой поверхности с параметрами смеси и геометрией сосуда, в котором происходит воспламенение:

$$\frac{QE l^2}{\lambda R T_i^2} Z \exp\left(-\frac{E}{R T_i}\right) = const, \quad (1)$$

где Q – калорийность смеси, Дж/кг·моль; E – энергия активации, Дж/кг·моль; l – характерный размер сосуда, м; λ – теплопроводность смеси, Вт/(м·К); R – газовая постоянная, 8,31441 Дж/(моль·К); T_i – температура воспламенения, К, Z – предэкспонентный множитель.

Данное соотношение показывает, что температура воспламенения при определенных условиях существенно зависит от геометрических размеров сосуда, в котором происходит воспламенение смеси при прочих равных условиях.

Температуру воспламенения для сосуда цилиндрической формы можно найти из решения трансцендентного уравнения:

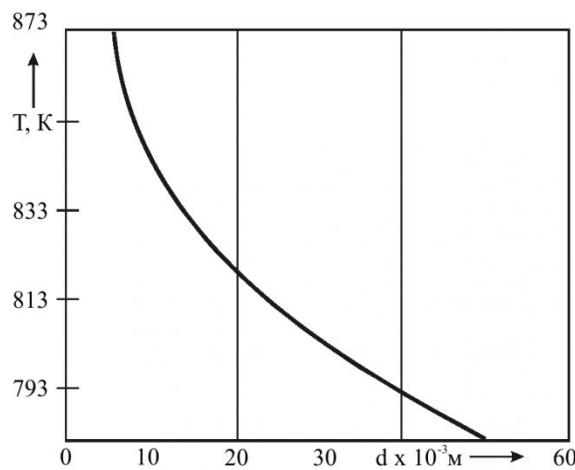


Рис. 1. Температура воспламенения кислородно-водородной смеси в зависимости от диаметра сосуда

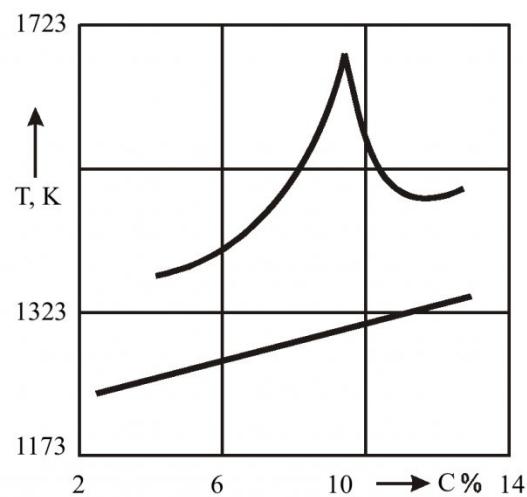


Рис. 2. Зависимость температуры воспламенения смесей природного газа с воздухом нагретыми полосками от концентрации горючего

$$\frac{Q}{\lambda} \frac{E}{RT^2} r^2 Z e^{-E/RT} = \delta_{kp}, \quad (2)$$

где r – радиус цилиндра.

В случае плоско-параллельного сосуда $\delta_{kp} = 0,88$, в выражение (2) необходимо подставить, вместо r , величину $L/2$ и формула (2) примет вид:

$$\frac{Q}{\lambda} \frac{EL^2}{4RT^2} Z e^{-E/RT} = \delta_{kp} = 0,88 \quad (3)$$

где L – величина зазора.

Здесь не учитывается эффект выгорания горючего компонента за время разогрева. С учетом выгорания характеристический параметр можно определить по формуле:

$$\delta_O = \frac{\delta_{kp}}{1 - 2,703 \left(\frac{m}{B} \right)^{2/3}}, \quad (4)$$

где m – порядок реакции; B – безмерный температурный параметр, который в ряде случаев определяется из выражения

$$B = \frac{E}{RT_0^2} \frac{Q}{C_p}, \quad (5)$$

где C_p – теплоемкость при постоянном давлении.

В случае, если в формуле (4) знаменатель обращается в нуль, воспламенение невозможно.

На рис. 1 представлена зависимость температуры воспламенения от изменения диаметра цилиндрического сосуда [3].

Из графика видно, что чем меньше диаметр испытательного сосуда, тем выше температура воспламенения. Характерно, что в щели размером 6-10 мм наблюдается резкое увеличение температуры воспламенения.

Стационарная теория теплового взрыва Д. А. Франк-Каменского позволяет рассчитать геометрические параметры реакционного сосуда из условия постоянства температуры окружающей среды и стенок реактора.

В работе [4] описаны опыты по воспламенению взрывоопасных смесей от нагретых пластинок размером 1x12,7x100 мм из никеля и платины. В случае применения материала, обладающего каталитическим свойством (платина), температура поджигания оказывалась выше, чем материала, не обладающего каталитическим свойством (никель), но в том и другом случаях она была выше 1270 К, для смесей природного газа с воздухом (93,2 % метана, 3,3 % этана, высшие углеводороды и 1,5 % азота). Данные эксперимента приведены на рис. 2.

Для определения возможности воспламенения взрывоопасных смесей в щелевых зазорах электродвигателей со специальным видом взрывозащиты нами были проведены эксперименты на установке, которая содержала две стальные пластины размером 125x210x5 мм с нагревательными элементами. Между пластинами устанавливался щелевой зазор, величина которого зависела от калиброванных параллелепипедов, устанавливаемых по бокам большего размера пластин. Исследуемые зазоры имели величину 1,9; 3,2; 4,8; 5,8 и 7,6 мм. Температура поверхности пластин контролировалась термопарами в пяти точках в центре и по краям.

В качестве взрывоопасной смеси использовалась смесь диэтилового эфира с воздухом при концентрациях 2,5; 3,4; 4,5 процента, потому, что температура самовоспламенения таких смесей весьма низкая и составляет 437 К по стандартной методике.

В первом случае прокачивалась заранее приготовленная смесь через щелевые зазоры при определенной фиксированной температуре пластин.

Исследования показали, что при температуре пластин 423 К и выше начинается выделение дыма, интенсивность которого возрастает с увеличением темпе-

ратуры. Случаев воспламенения смеси при данных аппаратурных условиях эксперимента не наблюдалось до температуры 673 К, что на 236 ° выше температуры самовоспламенения. Количество прокачиваемой смеси в 50 – 100 раз больше объема камеры, в которой изучалось воспламенение. Данное количество смеси прокачивалось через камеру в течение 3–15 с. Это регулировалось за счет изменения площади проходного сечения подводящего взрывоопасную смесь устройства.

Во втором случае проводились опыты по воспламенению смеси в узких зазорах по методике, несколько отличной от описанной выше. Смесь приготавлялась в специальной емкости, а вход и выход щелевого зазора соединялись шлангами с данной емкостью через перекачивающее устройство. После многократного прокачивания смеси через щелевой зазор в холодном состоянии, нагревательные элементы подключались к регулятору напряжения и осуществлялся нагрев стенок

щелевого зазора при скорости нарастания температуры 3 - 4 К/с. Случаев воспламенения смеси не наблюдалось до температуры 673 К (более высокие температуры в обоих случаях не исследовались ввиду ограниченной мощности нагревательных элементов).

В результате этих экспериментов установлено, что воспламенение в щелевых зазорах отличается от воспламенения в сосредоточенных объемах, в которых эта температура определяется по стандартной методике.

Основное отличие заключается в том, что по общепринятой методике при впуске смеси в реакционную колбу сопровождается её нагрев от стенок и одновременно идет химическая реакция с выделением тепла, в результате чего смесь саморазогревается, и в конечном итоге, происходит её воспламенение. Этому способствует более высокая температура в центре колбы (она выше температуры стенок) и то, что смесь еще не вся прореагировала.

В щелевых зазорах температура смеси, практически, не отличается от температуры стенок, поскольку выделяющееся при химической реакции тепло сразу отбирается стенками зазора. Это подтверждается и исследованиями [4] при искровом воспламенении, когда при критических зазорах и ниже воспламенение смеси невозможно, хотя температура искрового канала не зависит от мощности искры и составляет 10000 – 20000 К.

Приведенные результаты теоретических и экспериментальных исследований позволяют сделать заключение о том, что температура поджигания взрывоопасных смесей от нагретых поверхностей достаточно высока, а в случае щелевых зазоров величиной до 10 мм еще более увеличивается. Это условие позволяет существенно повысить взрывобезопасность при создании конструкции электродвигателей со специальным видом взрывозащиты со свободным объемом внутри оболочки в виде щелевых зазоров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разгильдеев Г. И., Баранов С. Д. Взрывозащищенные рудничные электродвигатели: эксплуатация и ремонт. Справочное пособие. М.: Недра, 1991, 180 с.
2. А. С. № 1468367, 1988.
3. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М. : Наука, 1967, 491 с.
4. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах. – М. : Мир, 1968.

□ Автор статьи:

Баранов
Сергей Денисович
- канд. техн. наук доц. каф. электроснабжения горных и промышленных предприятий

УДК 621.311:622.33:537.811

Г.И. Разгильдеев, А.А. Шевченко

О ВОЗМОЖНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ В ЗАБОЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В последние 15 - 20 лет в нашей стране произошли важные изменения при подземной добыче угля, результатом кото-

рых стал существенный рост производительности труда и уровня добычи полезного ископаемого из одного забоя. На

шахтах Кузбасса в 2004 г. более 1 млн. т было добыто из 27 забоев.

Такие результаты достигну-