

ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ NO_x В АТМОСФЕРНОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ

Филиппов П.С., Рыжков А.Ф.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: fps_proxi@mail.ru

VALIDATION OF THE THERMAL NO_x FORMATION MODEL IN A ATMOSPHERIC COMBUSTION CHAMBER

Filippov P.S., Ryzhkov A.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

A description of various experimental and numerical studies on NO_x emissions in the combustion of gas fuels is presented. The choice of the verification object is justified. The mechanisms of formation and decomposition of NO_x are analyzed. The assembly of the mechanisms of formation and decomposition of thermal NO_x was chosen. Verification of the thermal NO_x formation model was performed using a CFD package. Verification was carried out based on comparing the results of numerical simulation with known experimental ones. The results of numerical simulation are analyzed. A method for increasing the accuracy of calculation of NO_x formation in a combustion chamber is proposed.

В настоящее время одним из наиболее перспективных (по эффективности и экологическим показателям) электрогенерирующих агрегатов являются парогазовые установки с внутрицикловой газификацией твёрдого топлива (ПГУ-ВЦГ). Примерно 1/2÷2/3 вырабатываемой в ПГУ-ВЦГ мощности приходится на газотурбинную установку (ГТУ), остальное – паросилового цикл. В ПГУ-ВЦГ газотурбинным топливом является синтез-газ, полученный путём воздушной или кислородной газификации органического топлива (низшая теплота сгорания составляет 4-13 МДж/м³) [1]. При разработке технологий сжигания синтез-газов большое внимание уделяется экологическим показателям работы камеры сгорания ПГУ-ВЦГ, а именно выбросам оксидов азота (NO_x).

На сегодняшний день, в работающих ПГУ-ВЦГ освоена технология поточной газификации твердого топлива и система холодной очистки синтез-газа от загрязняющих веществ (топливных серо- (H₂S, COS) и нитросоединений (NH₃, HCN), ртути и др.) перед сжиганием в камере сгорания ГТУ. При поточной газификации твердого топлива содержание углеводородов (источников быстрых NO_x) в синтез-газе не превышает 2 об.% [1], а холодная газоочистка обеспечивает содержание топливных нитросоединений (источников топливных NO_x) в синтез-газе <50 ppm. При таких мизерных концентрациях углеводородов и топливных нитросоединений в синтез-газе выбросы NO_x из камер сгорания ПГУ-ВЦГ можно оценивать только по содержанию термических NO_x в продуктах сгорания, без учёта наличия быстрых и топливных NO_x.

В данной работе проведена верификация механизмов образования термических NO_x при горении газового топлива, близкого по составу синтез-газу кислородной газификации. Верификация проведена на основе сравнения расчетных данных с известными экспериментальными.

Верификации механизма образования термических NO_x проведена на основе сравнения расчетных данных, полученных методом CFD-моделирования, с экспериментальными, опубликованными в работе Hasegawa и др. [2].

В численном моделировании выбросы NO_x из камеры сгорания оценивались по расчетному содержанию NO в дымовых газах, так как его содержание в дымовых газах при сжигании газового топлива в камере сгорания ГТУ составляет около 90-95% от всех NO_x [3].

Численное моделирование показало, что средняя погрешность расчётов составляет 20%. В целом видно, что расчетная кривая по выбросам NO_x из камеры сгорания хорошо сочетается с экспериментальной кривой. Такое сочетание свидетельствует о возможности дальнейшего использования разработанной модели для прогнозирования выбросов NO_x из камер сгорания ПГУ-ВЦГ с холодной газоочисткой. Для прогнозирования выбросов NO_x из камер сгорания ПГУ-ВЦГ с горячей газоочисткой целесообразно провести верификацию механизмов образования топливных NO_x , так как при горячей газоочистке содержание топливных нитросоединений в синтез-газе, подаваемого в камеру сгорания, может достигать до 1000-3000 ppm.

Выбранная сборка позволяет прогнозировать выбросы NO_x с достаточной точностью. В случае необходимости повышения точности расчетов нужно перейти на более детальную химию с расчетом влияния образования и разложения NO_2 , N_2O и др.

1. Hasegawa T 2010 Energies 3 335-449.
2. Hasegawa T, Tamaru T 2007 J. Eng. Gas Turbines Power 129 358-369
3. Bowman C T 1975 Prog. Energy Combust. Sci. 1 33-45