

МОДЕЛЬ НЕРАВНОВЕСНОГО ТЕПЛООБМЕНА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ВОЗДУХОМ В КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ (НА ПРИМЕРЕ НБК)

Круковский П.Г.¹, Метель Михаил Александрович¹ (докладчик),
Полубинский А.С.¹

1 Институт технической теплофизики НАН Украины,

ул. Желябова, 2а, Киев-57, 03057, Украина

Тел. (044) 456-92-81, e-mail: brachmaputr@rambler.ru, kruk@i.kiev.ua

В докладе рассматривается вопрос CFD-моделирования тепловой инерции стальных конструкций в крупных промышленных объектах на примере Нового Безопасного Конфайнмента (НБК) без построения для таких конструкций детальной геометрии и расчетной сетки. Стальные конструкции НБК состоят из примерно 3 тыс. труб суммарной массой около 25 тыс. тонн и их детальный учет в модели практически невозможен. В то же время в тепловых нестационарных расчетах они будут существенно влиять на температуру воздуха и тепловое состояние всего объекта из-за их большой тепловой инерции. Для эффективного учета теплового влияния стальных труб была разработана так называемая «2х температурная модель» неравновесного теплообмена воздуха и стальных конструкций, которая является дополнением к существующей CFD-модели, построенной в среде Ansys Fluent. Подобные модели разрабатывались ранее и присутствуют в существующих программных пакетах, однако обладают рядом недостатков, таких как невозможность задавать коэффициенты теплоотдачи в виде функциональных зависимостей и не учитывают радиационный теплообмен.

Целью работы является разработка модели эффективного учета тепловой инерции стальных конструкций в CFD-моделях крупных промышленных объектов без построения детальной геометрии и сетки этих стальных конструкций с учетом функциональной зависимости коэффициента теплоотдачи от различных параметров и радиационного теплообмена.

Результатом работы является реализация модели эффективного учета тепловой инерции стальных конструкций в объеме крупных промышленных объектов и применение ее на тестовых задачах и полной 3Д CFD модели НБК. Она позволила определить температуры воздуха и стальных труб НБК в условиях суточного и сезонного изменения температуры окружающей среды, оценить возможность конденсации на трубах и, соответственно, коррозии на них.

Выводы. Предложенный подход и модель решают научно-практическую задачу учета тепловой инерции стальных конструкций в CFD моделях крупных промышленных объектов без необходимости построения для них геометрии и расчетной сетки, что позволяет существенно упростить модель и увеличить производительность счета на ней.

MODEL OF NON-EQUILIBRIUM HEAT EXCHANGE OF STEEL STRUCTURES WITH AIR IN LARGE INDUSTRIAL OBJECTS (ON THE EXAMPLE OF THE NSC)

Krukovsky PG.¹, Metel Mikhail Aleksandrovich¹ (speaker),
Polubinsky AS¹

1 Institute of Engineering Thermophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, str. Zhelyabova, 2a, Kiev-57, 03057, Ukraine

Tel. (044) 456-92-81, e-mail: brachmaputr@rambler.ru, kruk@i.kiev.ua

The work presents the approach for CFD-simulation of steel structures thermal inertia in large industrial facilities on the example of the New Safe Confinement (NSC) without constructing detailed geometry and a mesh for such structures. The steel structures of the NSC consist of approximately 3 thousand tubes with a total mass of about 25 thousand tons. Their detailed accounting in the model is practically impossible. At the same time in dynamic thermal calculations they will significantly affect the air temperature and the thermal state of the entire object because of their large thermal inertia.

To effectively take into account the thermal effect of steel pipes, the so-called "2 temperature model" of the non-equilibrium heat exchange of air and steel structures was developed, which is an addition to the existing CFD model developed in frame of the Ansys Fluent software. Similar models were developed earlier and are present in existing software, but they have a number of drawbacks, such as the inability to set the heat transfer coefficients in the form of functional dependencies and do not take into account radiative heat transfer.

The purpose of this work is development of a model for effective taking into account thermal inertia of steel structures in CFD models of large industrial facilities without constructing detailed geometry and mesh of these steel structures, taking into account the functional dependence of the heat transfer coefficient on various parameters and radiative heat transfer.

The result of the work is implementation of the model for effective accounting of steel structures thermal inertia of large industrial facilities and its application on test problems and then on the full 3D CFD model of the NSC. It allowed to obtain the temperatures of the air and steel tubes of the NSC in conditions of diurnal and seasonal ambient temperature changes to assess the probability of the condensation on the tubes and, consequently, corrosion on them.

Conclusions. The proposed approach and model solve the scientific and practical problem of taking into account the thermal inertia of steel structures in CFD models of large industrial facilities without the need to build a detailed geometry and a computational mesh for them, which makes it possible to significantly simplify the model and increase the calculations' speed.