

## Верификация RANS-моделей турбулентности на задаче внешнего обтекания маслоохладителя

А.Р. Шигапова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, г. Ижевск, Россия*

Рассматриваются вопросы математического моделирования внешнего аэродинамического обтекания единичной секции промышленного маслоохладителя с развитой внешней поверхностью. Скорость нагнетаемого газа на входе в воздушные каналы единичной секции не превышает 10 м/с, число Рейнольдса, рассчитанное по высоте зазора, изменяется в диапазоне от 20000 до 400000, также наблюдается дополнительная геометрически обусловленная турбулизация течения в воздушном тракте единичной секции. Исследуется влияние RANS-моделей турбулентности на структуру потока в воздушных каналах единичной секции маслоохладителя и за секцией, а также оценивается влияние моделей турбулентности на потери давления в воздушном тракте. Методами математического моделирования решается квазистационарная пространственная задача внешней аэродинамики, постановка которой согласуется с экспериментальными исследованиями течения в аэродинамической трубе открытого типа. Приводятся результаты валидации RANS-моделей турбулентности на экспериментальных данных. На основании качественного анализа сопоставимости численных и экспериментальных распределений полей избыточного давления в выходном сечении единичной секции производится первичный выбор моделей турбулентности, позволяющих корректно описать аэродинамику маслоохладителя. На основании количественного анализа расчетных и экспериментальных профилей давления в центральном сечении единичной секции установлено, что для корректного моделирования рабочих процессов во внешних поточных трактах промышленного маслоохладителя целесообразно применять модели турбулентности BSL, BSL ERASM, Спаларта – Алмараса и  $k-\omega$  и дополнительное уплотнение расчетных ячеек вблизи развитых поверхностей единичной секции.

**Ключевые слова:** *маслоохладитель, математическое моделирование, аэродинамика, RANS-модели турбулентности, избыточное давление.*

### Введение

Перегрев силовых установок и гидравлического оборудования остается одной из наиболее распространенных причин выхода из строя [1] промышленного оборудования различного назначения. Эффективным методом предупреждения перегрева систем промышленного оборудования является включение теплообменных устройств различной сложности и назначения в схему рабочей гидравлической системы. Так, для отвода избыточного тепла от рабочих гидравлических жидкостей применяются промышленные маслоохладители. В общем случае промышленный маслоохладитель [1, 2] представляет собой систему из раздающего и собирающего коллекторов, соединенную набором пластинок, как правило, выполненных из алюминиевого сплава. Каждая пластинка содержит внутренние каналы с интенсификаторами теплообмена для подачи масла и развитую (оребренную) внешнюю поверхность для повышения эффективности теплоотдачи масло/металл/воздух. Соответственно, набор двух пластинок, расположенных на расстоянии друг от друга [1], формирует единичную секцию маслоохладителя, где в межреберном пространстве формируются воздушные криволинейные каналы малой толщины с переменной геометрией продольного сечения. Другой характерной особенностью конструкций промышленных маслоохладителей [1, 2] является использование внешних вентиляторов для принудительной подачи холодного воздуха в воздушные каналы маслоохладителя. Таким образом, при величине модуля скорости воздуха на входе в воздушные каналы маслоохладителя не более 10 м/с совокупное влияние геометрических особенностей его конструктивного исполнения и закрутки воздушного потока при его нагнетании вентилятором обеспечивает [3] турбулизацию потока газа, что требует корректного разрешения турбулентных и переходных течений при численном моделировании рабочих процессов в маслоохладителе.

Известно [4] значительное количество методов, подходов и моделей для численного разрешения турбулентных течений. Однако вопросы корректного выбора используемых в ходе численного моделирования физических, технических и технологических процессов моделей турбулентности предполагают [4, 5] не только обязательный учет особенностей физической природы исследуемых процессов, но и вычислительную сложность и емкость конечной математической модели изучаемого процесса.