

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ПОДАЧИ ЖИДКОГО ВОДОРОДА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

На сегодняшний день возможности повышения эффективности углеводородных топлив практически исчерпаны, кроме того, все более остро стоит вопрос экологической безопасности. В связи с этим ключевое внимание уделяется водороду как топливу и особенно актуально это для газотурбинных двигателей. Водород имеет наивысшую массовую плотность энергии среди всех других реактивных топлив, однако отличается очень низкой плотностью и высоким коэффициентом диффузии. Это усложняет его хранение, подачу и пока не позволяют реализовать в полной мере потенциал водорода как топлива.

Использование жидкого водорода в качестве авиационного топлива осложняется не только его низкой температурой и плотностью, но также широким диапазоном рабочих параметров и реализацией парожидкостного состояния потока на отдельных этапах технологического цикла. Такие состояния существенно меняют характер течения и теплообмена, условия реализации критических явлений в потоке. Достоверное описание теплофизических свойств водорода и учет режимов течения во всем диапазоне рабочих и геометрических параметров являются важнейшими обязательными условиями при математическом моделировании процессов в системе подачи топлива.

Степень детализации процессов в потоке и уровень модели определяются решаемой задачей. Для быстропротекающих переходных процессов в трубопроводах и других элементах системы подачи используется CFD-моделирование водородного потока в трехмерной нестационарной постановке. Для отдельных элементов системы подачи топлива целесообразно рассматривать двумерную или одномерную модель и соответствующие карты режимов течения кипящего водорода.

При математическом моделировании течения водорода используются модели механики однофазных и гетерогенных сред с соответствующими граничными условиями. При расчете теплообменника или трубопроводов без теплоизоляции задача внешнего теплообмена решается с учетом осаждения на наружной стенке конденсированной фазы (водяного льда и компонентов воздуха). При CFD-моделировании используется RANS подход, модели многофазного потока «VOF» и «Euler», «Realizable k- ϵ » и «k- w » модели турбулентности, «Steady» и «Transient» решатели.

Детальное моделирование теплогидравлических процессов в системе подачи жидкого водорода позволит проектировать и изготавливать более эффективные элементы двигателя и топливной системы. Это позволит улучшить эффективность использования хладоресурса жидкого водорода, избежать нерасчетных и критических режимов работы системы, повысить безопасность хранения и подачи водорода на борту самолета, улучшить качество распыла газообразного водорода при подаче в камеру сгорания. Указанные преимущества приведут к снижению расхода жидкого водорода и массы топливной системы, уменьшению загрязнения окружающей среды, повышению безопасности использования водорода в качестве топлива.