

УДК 629.7.082

Численный расчет параметров естественного охлаждения жидкого продукта в автоцистерне

Максимов Артем Сергеевич

maksimovas@student.bmstu.ru

Кириянова Александра Николаевна^(*)

kiryanova_an@bmstu.ru

SPIN-код: 7995-5149

Матвеева Ольга Петровна

matveevaop@bmstu.ru

SPIN-код: 9675-8160

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Проведено моделирование процесса ожидания выдачи жидкого продукта из заправочной автоцистерны в зимний период для численного расчета скорости его естественного охлаждения в программном комплексе. Представлено изменение температуры жидкого продукта в точках с заданными координатами внутри модельной емкости в зависимости от времени охлаждения в исследуемом диапазоне температуры окружающей среды. Рассмотрен порядок верификации полученных численных результатов на экспериментальной установке.

Ключевые слова: модельная емкость, климатическая камера, жидкий продукт, естественное охлаждение, верификация

Введение. Перед заправкой высококипящими топливами летательных аппаратов на технических комплексах предусматривается температурная подготовка продуктов в заправочных емкостях, которые могут быть как стационарными, так и подвижными в составе автоцистерн [1]. Для поддержания требуемого температурного уровня топлива в зимний период проводят его термостатирование до верхнего предельного рабочего значения. Оснащение заправочной емкости должно обеспечивать рабочий температурный диапазон топлива в условиях воздействия окружающей среды в течение заданной продолжительности штатных технологических операций. Для больших заправочных емкостей характерна стратификация топлива при ожидании к выдаче продукта, поэтому определение температурных распределений продукта в объеме емкости является актуальной задачей. Решение задачи позволит установить необходимость в проведении операции барботирования продукта.

Методы и материалы; результаты. Учитывая, что емкости имеют различную конфигурацию и сложное оснащение, аналитические методы моделирования теплообменных процессов при воздействии окружающей среды на топливо в емкости позволяют получить его среднеобъемную температуру. Температурное распределение продукта в зимних условиях эксплуатации может быть определено с помощью программного комплекса (ПК) «FlowVision», позволяющего учесть геометрию конструкций, теплофизические свойства сред, влияние тепловых мостов и различный уровень заполнения емкости. В ПК используется метод конечных объемов и ряд допущений

(отсутствие ветра, расчет проводится для половины емкости и др.). Для разрешения модели с более крупной сеткой стальная стенка емкости моделируется как поверхность с эффективным коэффициентом теплоотдачи [2], внешняя среда — воздушная, используются теплофизические характеристики антифриза А40 [3]. В результате численного расчета построен график изменения температуры антифриза А40 в точках с заданными координатами в зависимости от времени охлаждения при заданных температурах окружающей среды.

Верификация полученных численных результатов проводится на экспериментальной установке, включающей следующие элементы: теплоизолированную модельную стальную емкость с антифризом А40, размещенную в климатической камере, комплект термопар и датчиков температуры и блок измерительной аппаратуры. Термопары размещаются в среде антифриза А40 в заданных в точках с такими же заданными координатами, как в численной модели. Сравнение экспериментальных и расчетных значений температур проводится с учетом погрешности измерений термопар, датчиков температуры и терморегулятора. При превышении допустимой разницы требуется корректировка расчетной модели.

Заключение. По итогам работы определяется работоспособность численной модели по расчету скорости естественного охлаждения антифриза А40 в емкости с допустимой погрешностью в зависимости от температуры окружающей среды. Модель может использоваться для определения температурных распределений жидкого продукта в емкости и принятия решения о необходимости барботирования.

Список источников

- [1] Денисов О.Е., Кузнецов Р.Н., Матвеева О.П., Морозов Н.А. *Заправочно-нейтрализационная станция. Разработка и эксплуатация*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006, 96 с.
- [2] *Руководство пользователя Flow Vision. Версия 3.15.01*. Москва, ООО «ТЕСИС», 2025, 1536 с.
- [3] ГОСТ 33341–2015. *Составы низкотемпературные всепогодные и жидкости охлаждающие для теплообменных систем. Технические условия*. Москва, Стандартинформ, 2016.