

УДК 629.7

Анализ факторов, влияющих на точность работы Системы контроля массы заправляемого компонента в баки летательных аппаратов на стартовых комплексах

Бобровник Владимир Игоревич^(*)bv3333@yandex.ru
SPIN-код: 7777-0026*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия*

***Аннотация.** Рассмотрен способ реализации метода массового дозирования на стартовых комплексах при заправке топливных баков летательных аппаратов. Рассмотрена возможность внедрения массовых расходомеров в устройство наземного заправочного оборудования. Приведен анализ факторов, вносящих погрешность в процессы контроля заполнения топливных баков. Приведены рекомендации по улучшению точностных характеристик перспективной системы.*

***Ключевые слова:** ракета космического назначения, разгонный блок, заправка топливных баков, массовое дозирование, модель погрешностей*

Введение. Операция контроля масс (операция дозирования компонента ракетного топлива) является одной из наиболее ответственных при проведении работ по подготовке летательных аппаратов к пуску. В настоящее время, для решения задачи контроля массы заправленного компонента, на технических позициях, в составе комплексов заправки, широкое распространение получило весоизмерительное оборудование [1], на стартовых — емкостные датчики уровня, устанавливаемые в баках летательного аппарата, реже, магистральные расходомеры, входящие в состав заправочных магистралей стартового комплекса. Основным недостатком применяемых на стартовых комплексах решений является то, что данные решения, как правило, основаны на принципах объемного дозирования [2].

Методы и материалы; результаты. Для реализации метода массового дозирования на стартовых комплексах, в данной работе предложен способ применения метода прямого измерения массы заправленного компонента, путем внедрения в состав стартового оборудования системы контроля массы заправляемого компонента [3]. Система контроля массы заправляемого компонента будет производить прямое измерение заправленного и сдренажированного из баков компонентов топлива. Основным средством измерения предлагаемой системы являются кориолисовые массовые расходомеры.

Контроль величины массы топлива в баках, с помощью предлагаемой в данной работе системы, производится с использованием показаний массовых расходомеров, путем измерения массы, заправленной в баки, и массы, сдренажированной из баков. В таком случае, основной вклад в погрешность системы вносят погрешности измерительных приборов — массовых расходомеров.

Поскольку в реальных условиях отсутствует возможность установки расходомеров непосредственно у горловин баков летательного аппарата, то в системе будут присутствовать участки трубопроводов, заполненных компонентом топлива, расположенных между измерительными приборами и баками. На точность оценки остатков топлива в трубопроводах в первую очередь влияет точность определения внутреннего объема данных трубопроводов, который рассчитывается соответствующим методом с некоторой погрешностью.

Расчет массы остатков топлива в трубопроводах производится через уже известный объем трубопроводов и плотность компонента топлива. Необходимо учитывать влияние температуры на плотность компонента топлива с учетом погрешностей. Для дренажных магистралей, в которых измеряемая среда находится преимущественно в газообразном состоянии, необходимо учитывать влияние давления в магистрали на плотность измеряемой среды.

Заключение. Задачу реализации на стартовых комплексах метода массового дозирования можно решить путем создания системы контроля массы заправляемого компонента. Для увеличения точности системы массовые расходомеры необходимо размещать как можно ближе к бакам и, одновременно с этим, точно измерять массу сред в магистралях между приборами и баками летательного аппарата.

Список источников

- [1] Шевченко С.Н., Сова А.Н., Кулаков А.Н. и др. Реализация новой технологии заправки на ЗНС космодрома Восточный и результаты первых заправок разгонного блока «Фрегат». *Вестник НПО им. С.А. Лавочкина*, 2018, № 4 (42), с. 60–66.
- [2] Бобровник В.И., Краснышева К.И., Чугунков В.В. Методики эффективного применения массовых расходомеров в технологических системах наземной эксплуатации летательных аппаратов. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2025, № 2 (158). <https://doi.org/10.18698/2308-6033-2025-2-2424>
- [3] Бобровник В.И., Чугунков В.В. Анализ возможности применения массовых расходомеров для дозирования компонентов ракетного топлива при заправке топливных баков летательных аппаратов. *XLVIII Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тез.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, т. 2, с. 121–123.