

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ НАПОЛНЕНИЯ И РАЗРЯДКИ ПНЕВМОНАКОПИТЕЛЕЙ

Спиридонов Д.Л. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Баранов А.Ю. (ИТМО)

Работа выполнена в рамках НИР: «Исследование тепловых режимов наполнения и разрядки пневмонакопителей КПП»

Аннотация. В работе оцениваются применяемые на данный момент решения в области компенсации избыточного тепловыделения при заправке газовых пневмонакопителей в целом и блоков аккумуляторов газа на передвижных газовых заправщиках в частности. Принимая в учет актуальность тематики применения газомоторного топлива, более эффективное использование внутреннего объема баллонов с компримированным природным газом позволит заметно снизить транспортные и временные затраты.

Ключевые слова: природный газ, КПП, газомоторное топливо, перспективы развития, ПАГЗ.

Основная часть. Отрасль ГМТ является крайне перспективным и динамично развивающимся сектором энергетики. К газомоторному топливу относятся компримированный (КПП) и сжиженный природный газ (СЖГ), каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. В данной работе будет учитываться только компримированный природный газ, так как он дешевле в производстве, требует меньших затрат на инфраструктуру и сильно доступнее для массового потребителя, чем сжиженный природный газ.

Однако даже относительно более развитая инфраструктура заправочных станций, предоставляющих возможность заправить автомобиль КПП, значительно уступает исторически более развитой сети бензиновых и дизельных заправок. Также нередки случаи когда автомобили с ГБО работают на объектах, сильно удаленных от стационарных АГНКС, или их количество сильно превышает то количество транспортных средств, которое способна обслужить стационарная АГНКС. В таких случаях применяются передвижные автомобильные газовые заправщики или ПАГЗ.

Эффективными областями применения ПАГЗ являются:

- замена дорогостоящих АГНКС;
- сглаживание пиков потребления газа;
- плановые ремонты и простои АГНКС;
- заправка газом транспортных средств в автомобильных и сельских хозяйствах;
- использование газа в качестве резервного энергоресурса

Так как естественный теплообмен происходит только вблизи стенок баллона, традиционно либо используют принудительный отвод тепла от баллонов методом обдува или полива, либо достигается 20 Мпа внутри емкости вне зависимости от количества закачанного внутрь газа. Таким образом избегается чрезмерное наполнение и перегрев баллона.

Однако данная же особенность природного газа действует и в обратную сторону и уже неоднократно в ученом сообществе выдвигались предложения, что при пониженной температуре окружающей среды возможно существенно увеличить массу заправленного метана в баллон. В данной работе рассматривается обратный процесс – добиться большей массы КПП в баллоне не за счет более низкой температуры окружающей среды, а за счет снижения температуры подаваемой среды.

Такого результата возможно добиться при заправке баллонов так называемым «холодным КПП», температура которого принимается от минус 20 до минус 40 градусов Цельсия. Такие температуры достигаются за счет смешения регазифицированного из СПГ газа, имеющего более низкую температуру, с газом, поступающим из резервуара или магистрального трубопровода, где температура равна окружающей среде.

Для получения надежных количественных оценок эффективности, связанных с использованием указанной особенности метана, необходимо располагать адекватной математической моделью, описывающей тепловые процессы в типовых баллонах с метаном при их заполнении, опорожнении, хранении и транспортировке. Построение тепловой модели баллона с метаном состоит из трех этапов, первый из которых заключается в условном разделении конструкции баллона на отдельные элементы и вычислении полных теплоемкостей этих элементов. На втором этапе построения модели необходимо вычислить термические сопротивления, связывающие между собой теплоемкие массы, а на третьем этапе необходимо составить уравнения теплового баланса для всех выделенных теплоемких масс баллона.

Для качественного расчета будут использованы следующие вводные данные:

Рабочее давление газа в баллонах, МПа (кгс/см²) – 25,0 (255)

Давление заправки автотранспортных средств, МПа (кгс/см²) – 19,6 (200)

Объем баллона, л – 464

Количество баллонов в системе, шт – 48

Общая вместимость аккумулятора газа при 25МПа, нм³ – 6526

Коэффициент опорожнения – 0,65

Важным аспектом является состав и параметры подаваемого газа. Так же вследствие разомкнутости системы следует учитывать параметры окружающей среды, такие как давление и температуру окружающего воздуха, а также стоит учитывать теплопритоки, поступающие извне при большом перепаде температур окружающей среды и подаваемой среды при нагреве

Предварительные расчеты с приближенной геометрией баллона к реальной и при заправке единичной емкости объемом 210 литров сжатым газом температурой 5 °С показывают, что требуется порядка 85-90 секунд до достижения необходимого давления в баллоне.

Выводы. Построенная математическая модель тепловых процессов при основных режимах эксплуатации баллонов с КПП позволит количественно проанализировать изменение во времени параметров метана в баллоне с учетом изменения температурного состояния подаваемой среды. Подобный математический аппарат значительно упростит процесс оценки параметров состояния газа в различных объемах хранения и позволит предварительно оценить все достоинства и недостатки заправки пневмонакопителей газа сжатым газом температуры, отличной от атмосферной.

Автор _____ Спиридонов Д.Л.
Научный руководитель _____ Баранов А.Ю.

Литература:

1. Веб-ресурс: <https://www.iea.org/reports/natural-gas> (дата обращения: 07.02.2025)
2. Веб-ресурс: <https://www.arr.ru/> (дата обращения: 08.02.2025)
3. Евдокимов, Я. А., Лавров, Е. П. (апрель 2016 г.). Эволюция автомобильной газонаполнительной компрессорной станции (АГНКС). Часть 1: Принципы эффективной заправки. НПК «ЛенПромАвтоматика».
4. Глухов В.П. Передвижные средства снабжения КППГ – «Транспорт на альтернативном топливе» № 4 (28) август 2012 г. – 66-69 с.
5. Семенищев С.П. , Мерзляков П.П. Современные мобильные газозаправщики автотранспортных средств – «Транспорт на альтернативном топливе» № 5 (65) август 2018 г. – 51-55 с.
6. РД 3112194-1095-03. Руководство по организации и эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном природном газе. Министерство транспорта РФ. Департамент автомобильного транспорта. – М.: ФГУП НИИАТ, 2002. – 59 с.
7. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 496 с.