

Л.Л. ВАСИЛЬЕВ, лауреат Государственной премии и Премии Совета Министров СССР, проф., д.т.н., зав. лабораторией пористых сред, ГНУ «ИТМО им. А.В. Лыкова» НАН Беларуси

Стационарные и передвижные хранилища газа в связанном сорбентами состоянии при низком давлении

Природный газ (метан) является одним из основных источников энергии и останется таковым еще, как минимум, 20 лет [«International Energy Outlook 2002» of US Energy Information Administration]. Природные ресурсы метана превышают все остальные энергетические ресурсы земли, включая нефть, уголь, ядерное топливо, поскольку огромные запасы природного газа хранятся в виде газовых гидратов под водой и в зоне вечной мерзлоты. Основная доля потребления природного газа приходится на энергетику. В будущем на смену метана придет водород как наиболее чистое с точки зрения экологии топливо. Водород и метан по основным свойствам соответствуют, а по некоторым показателям даже превосходят традиционные виды топлива, такие, как бензин и дизельное топливо. Основные преимущества применения водорода и метана связаны, прежде всего, с их экологической чистотой. В состав водорода и метана не входят токсичные вещества, которые добавляются, например, в бензин для повышения октанового числа. Метан и водород считаются наиболее пожаробезопасными видами топлива ввиду их высокой температуры воспламенения. К недостаткам водорода, а также метана относятся их низкая плотность и малая объемная теплота сгорания. Это приводит к необходимости хра-

нения метана и водорода в емкостях или баллонах, имеющих большие габариты. Однако актуальными являются и миниатюрные аккумуляторы газа, рассматриваемые как источники энергии для топливных элементов, компьютеров и других энергетических объектов малых размеров. Метан может легко транспортироваться к объектам его существенного потребления (тепловые электрические станции) по трубам. Значительно сложнее организовать доставку метана и водорода к рассеянным по большой территории автономным мелким потребителям газа, таким, как жилищно-коммунальные хозяйства, сельское хозяйство, небольшие города и села и т.д. Поэтому проблема транспортировки природного газа с помощью автомобильного, водного и воздушного транспорта приобретает большую актуальность. При транспортировке газа в баллонах из-за низкой объемной плотности его приходится сжимать до высокого давления (20-30 МПа) либо превращать в жидкость при низкой температуре (-163°C). Большая металлоемкость сосудов со сжатым газом, большие энергозатраты по охлаждению газа при криогенных температурах или его сжатию до 30-40 МПа требуют нахождения иных путей хранения и транспортировки. Например, транспортировка газа водным транспортом представляет объект большой важности для России.

Одной из наиболее перспективных технологий хранения и транспортировки природного газа

и водорода является его адсорбция на микропористом твердом сорбенте. В ближайшие десятилетия альтернативой традиционным способам хранения и транспорта природного газа будут системы хранения природного газа и водорода в адсорбированном состоянии (СХГАС), которые обеспечивают снижение давления до 2-3,5 МПа без существенного уменьшения его массы и объема. Применение сорбентов позволяет снизить расход металла на изготовление баллонов, уменьшить вес баллона, снизить затраты энергии на компримирование или охлаждение газа, сократить расходы на компрессорное оборудование.

В последние годы некоторые ведущие фирмы мира ведут работы по применению газобаллонных установок среднего давления (2-3,5 МПа) с использованием твердых сорбентов в качестве наполнителей баллонов. Так, в фирме «Ford» [1-2] предложены сорбенты и баллоны, которые при давлении 2 МПа содержат запас газа, эквивалентный баллонам с давлением 15 МПа. Специально разработанная модель автомобиля для работы на связанном природном газе, испытанная в лаборатории Aglary (Atlanta Gas Light Company), США имеет длину пробега 100-200 км. В США [3] изготовлен плоский автомобильный бак, заполненный угольным сорбентом. Объемная плотность хранения природного газа в нем составляет 170 $\text{нм}^3/\text{м}^3$ при давлении 3,5 МПа. Оригинальная конструкция транспортного баллона для хранения



Рис. 1. Транспортная емкость для перевозки метана в связанном сорбентами состоянии, Aglary, США

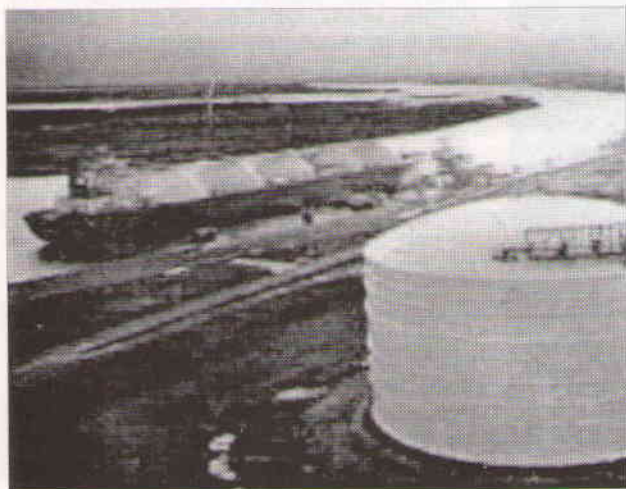


Рис. 2. Стационарное хранилище и судно для транспортировки емкостей с метаном в связанном сорбентами состоянии при низком давлении, Aglary, США

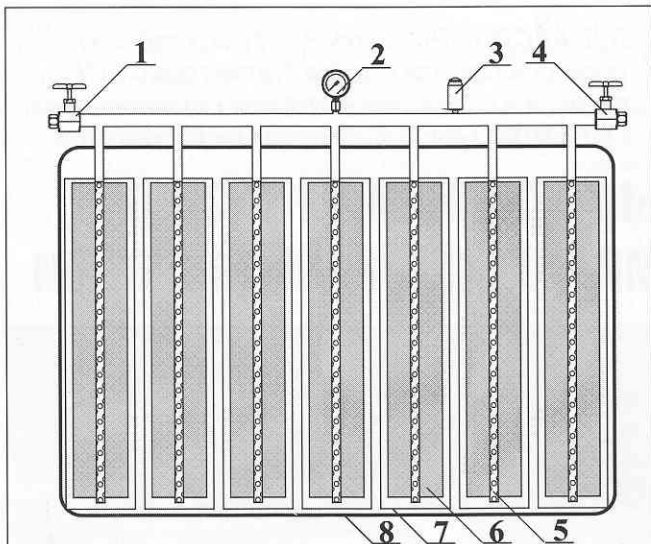


Рис. 3. Схема СХГАС:

- 1 — заправочный вентиль; 2 — манометр;
3 — предохранительный клапан; 4 — вентиль для
подключения к топливной системе автомобиля;
5 — перфорированная трубка; 6 — сорбент;
7 — адсорбер; 8 — кожух плоской формы

адсорбированного природного газа описана в работе [4]. Испытания показали, что применение плоского профиля из алюминия дает ряд преимуществ, таких, как компактность, гибкость, прочность по сравнению с общепринятыми цилиндрическими баллонами высокого давления.

Для Республики Беларусь хранение метана (подземное либо наземное) в связанном сорбентами состоянии при низком давлении представляет интерес с точки зрения обеспечения топливом таких объектов, как коттеджи, сельскохозяйственные постройки и другие комплексы районного масштаба. Такого рода хранилища можно рассматривать как аварийный запас топлива либо как запас топлива для снятия различных пиковых нагрузок. Варианты транспортировки и хранения газа в связанном сорбентами состоянии при низком давлении приведены на рис. 1, 2.



Рис. 5. Общий вид СХПГАС на автомобиле

Научный коллектив лаборатории пористых сред ГНУ «ИТМО им. А.В. Лыкова» НАН Беларуси занимается разработкой систем связанного хранения и транспорта метана и водорода на основе различного вида сорбентов, включая наноразмерные материалы (углеродные волокна). В настоящее время разработан и изготовлен баллон объемом 43 л для связанного хранения природного газа при давлении 2-3,5 МПа. Разработанный и испытанный в лаборатории баллон (рис. 3-4) состоит из 7-ми цилиндрических секций. Отдельная секция имеет корпус из нержавеющей стали, заполненный сорбентом, в кото-

ром находится газ в адсорбированном и сжатом виде. Свободный газ заполняет макропоры, в то время, как адсорбированный газ удерживается силами молекулярного взаимодействия, в основном, в микропорах, размер которых соизмерим с адсорбируемыми молекулами. Емкость хранения метана в таком баллоне составляет 150 м³.

Второй вариант баллона для хранения метана в связанном сорбентами состоянии имеет объем заправляемого газа 20 м³ (рис.5). Эксперименты показали, что данного запаса газа достаточно для безостановочного движения грузового автомобиля в течение 4 часов (остаточное давление — 0,13 МПа).

Новые стационарные и передвижные хранилища природного газа (метана), предлагаемые нами, имеют форму баллонов длиной до 100 м и диаметром 1,2 м. Данные хранилища могут вмещать до 1 млн. м³ газа при давлении 3-4 МПа (по сравнению с морскими транспортными емкостями метана на 1 млн. м³, находящимися под давлением 25 МПа).

Подобное решение проблемы позволит отказаться от компрессорных станций для закачки метана, в которых давление газа повышается от 8 МПа (давление в магистральном газопроводе) до 25 МПа.

Хранилища газа наземного (либо подземного) типа могут заполняться газом от транспортных емкостей при давлении 8 МПа либо от магист-

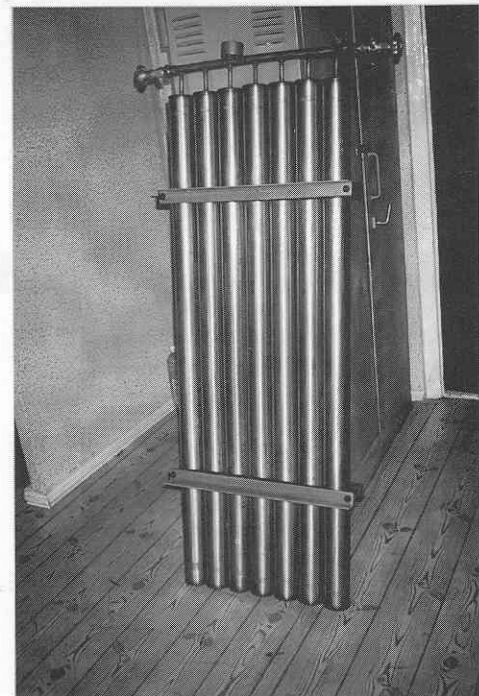


Рис. 4. Фотография опытного образца СХГАС

ральных газовых труб. По проведенным оценкам, потребности в подобных хранилищах газа, например, в США, измеряемые в млрд. м³, составляют:

- для бытового сектора — 12,2 млрд. м³ (при объеме резервуара 40 м³);
- для торгового сектора — 3,5 млрд. м³ (при объеме резервуара 80 м³);
- для промышленного сектора — 4,26 млрд. м³ (при объеме резервуара 160 м³).

Это означает, что число резервуаров для хранилища газа в бытовом секторе США составляет 5,46 млн. контейнеров, в торговом секторе — 0,78 млн. контейнеров и в промышленном — 0,21 млн. контейнеров. Общая стоимость всех контейнеров составляет 9,5 млрд. долларов США. Ежегодное пополнение подобными контейнерами рынка США составит 10% от общего числа контейнеров. Следует отметить, что энергетический рынок США равен 25% энергетического рынка всего мира.

Литература:

1. Braslaw, J., Nasea, J., Golowow, A. Low Pressure Methane Storage System for Vehicles. Ford Motor Company, 1981, pp. 261-270
2. Otto, K Adsorption of Methane on Active Carbons and Zeolites. Ford Motor Company, 1981, pp. 241-260
3. Cook T.L., Komodromos C., Quinn D.F., Ragan S. A Low Pressure Natural Gas Vehicle Storage System. 1996 Windsor Workshop on Alternative Fuels, pp.159-167
4. Komodromos C., Fricker N., Slater G. Development of noncylindrical tanks for low pressure adsorbed natural gas storage in vehicles. 4th Biennial International Conference & Exhibition on Natural Gas Vehicles, Toronto, October, 3-6th, 1994. 11 p.