

# Использование компримированного природного газа на примере 11-го автобусного парка города Москвы



**Л. А. Андреева,**  
доктор техн. наук, зам.  
директора по научной  
работе института  
«ПромтрансНИИпроект»,



**А. Г. Колчанов,**  
канд. техн. наук,  
главный инженер  
проекта института  
«ПромтрансНИИпроект»,



**Н. Н. Ермолаева,**  
главный инженер  
проекта института  
«МосгортрансНИИпроект»

В 2013 г. российское правительство приняло постановление о переводе к 2030 г. на газовое топливо не менее половины общественного транспорта в стране. ПромтрансНИИпроект совместно с МосгорНИИпроект, МосгазНИИпроект и другими проектными и научными организациями разработал рабочий (пилотный) проект реконструкции производственно-технической базы 11-го автобусного парка Москвы для эксплуатации автобусов, использующих компримированный природный газ. Проект реализует один из крупнейших строительных холдингов России «Главмосстрой». Завершение строительства планируется в конце 2013 г.

Для замедления роста цен на транспортные перевозки, обусловленного сокращением запасов нефти, и улучшения экологической среды многие страны мира начали осуществлять национальные программы перевода автомобильного транспорта на более дешевый и доступный вид топлива – природный газ.

Двигатель внутреннего сгорания, изобретённый французским механиком Лёнуаром ещё в 1860 г., работал на газе. В качестве автомобильного горючего используют два вида газового топлива: сжиженный нефтяной, или углеводородный, газ и сжатый (компримированный) природный газ (КПГ). Сжиженный газ состоит из смеси пропана (около 80 %), бутана (20 %) и незначительной примеси других газов. При атмосферном давлении и температуре выше 0 °С он находится в газообразном состоянии, при сравнительно небольшом повышении давления превращается в легкоиспаряющуюся жидкость. Сжатый газ – это, в основном, метан, запасы которого в природе огромны, сохраняющий свое газообразное состояние почти при любой температуре и любом повышении давления. На сжатом газе работают грузовые автомобили и автобусы, используемые предприятиями. Кроме низкой себестоимости у сжатого газа есть и другие достоинства: он менее взрывоопасен, нежели сжиженный, так как очень лёгок и при утечке не скапли-

вается на открытом пространстве; сгорая, образует более чистый выхлоп; при его использовании не нужно периодически сливать образующийся конденсат, обладающий неприятным запахом.

По оценкам специалистов, в случае перевода транспортных средств на природное газовое топливо топливная безопасность человечества составит не менее 200 лет, в то время как ресурсы нефти могут истощиться за 30–50 лет, т. е. за более короткий срок, чем требуется для перестройки энергоресурсной политики.

Таким образом, основным альтернативным моторным топливом в мире в настоящее время стал сжатый до 200–220 бар природный газ, производство которого осуществляется на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС). Сегодня в мире уже около 8 млн автомобилей в качестве топлива используют сжатый метан (компримированный природный газ). По обобщенным данным Национальной газомоторной ассоциации России около 5,0 млн газомоторных автомобилей приходится на Аргентину (свыше 1,6 млн), Пакистан (более 2,0 млн) и Бразилию (1,4 млн). Общий годовой объем потребляемого ими газа при эксплуатации парка автомобилей составляет около 8,5 млрд м<sup>3</sup>.

Как ни парадоксально, мировым лидером в газификации автотранспорта являются не развитые страны Запада, а Пакистан, в последние годы обогнавший

по этому показателю Аргентину и Бразилию. В Пакистане развёрнуто производство как легковых транспортных средств на КПП, так и грузовиков и автобусов, причём объём производства превысил объём переоборудования. В Пакистане зарегистрировано более 2300 АГНКС, на уровне государства сформирован перечень оборудования, допущенного к применению, включающий девять наименований типов баллонов и 28 – комплектов газовой аппаратуры для КПП. В ближайшее время правительство намечило перевод 8000 пассажирских автобусов на использование метана, отменены ввозные пошлины на импортное газобаллонное оборудование, увеличен объём субсидий для предпринимателей, строящих АГНКС, число которых должно возрасти ещё на 700 единицы.

Муниципалитет Сиднея (Австралия) принял решение о переводе к 2011 г. 50 % парка городских автобусов на КПП, для чего взамен отработавших свой срок дизельных транспортных средств закуплено 500 автобусов, работающих на КПП. В настоящее время в Австралии автотранспортный парк на КПП насчитывает чуть более 2000 единиц, число АГНКС – 127 единиц.

Среди стран СНГ в тройке лидеров – потребителей КПП – Украина и Россия (с парком автомобилей на КПП свыше 100 тыс. единиц) и Армения (около 85 тыс. автомобилей). В 1995 г. страны СНГ подписали многостороннее «Соглашение о сотрудничестве в области использования КПП в качестве моторного топлива для автотранспортных средств».

Устойчивые тенденции к организации национального серийного производства автобусов на КПП характерны для многих стран, помимо государств СНГ в их числе: Бразилия, Германия, Испания, Италия, Китай, Пакистан, США, Таиланд, Франция, Чехия, Швеция, Япония.

В настоящее время российский парк автомобилей, работающих на природном газе, оценивается в 103 тыс. единиц. В 60 регионах РФ действует около 230 АГНКС, 200 из которых находятся в собственности ОАО «Газпром». Суммарная ежегодная проектная производительность АГНКС составляет около 2 млрд м<sup>3</sup>. В 2008 г. через российские АГНКС было реализовано более 321 млн м<sup>3</sup> газа. При этом российские предприятия, использующие газ на собственном автотранспорте, сэкономили 3,7 млрд руб., а выбросы вредных веществ в атмосферу сократились на 117 тыс. т.

До недавнего времени в нашей стране для работы на сжатом газе использовались следующие автомобили: грузовые ЗИЛ-138А, ГАЗ-52-27, ГАЗ-52-28, ГАЗ-53-27, КамАЗ-53208, КамАЗ-55118; автобус ЛАЗ-695НГ и легковой ГАЗ-24-27. В последние годы их число пополнилось городскими автобусами марок Икарус и ЛиАЗ. Кроме того, на Волжском автозаводе проходят ресурсные испытания некоторые модели легковых автомобилей Lada Priora, использующие в качестве основного топлива природный газ.

Несколько лет назад в Рязанской области предпринят эксперимент с ОАО «Касимовское производственное объединение автотранспорта». Из-за того, что половина пассажиров касимовских автобусов – льготники, а цены на нефтяное моторное топливо постоянно растут, городские перевозки были нерентабельны. По согласованию с областной администрацией дотации, выделяемые на покрытие убытков от автобусных перевозок, были направлены на приобретение газовой аппаратуры местного производства. Для заправки машин газом использовались передвижные заправщики, а затем в Касимове построили стационарную АГНКС на 125 заправок в сутки. В результате себестоимость пассажирских перевозок снизилась на 48 %. Кроме того, в пересчете на бензин и дизельное топливо расход моторного топлива сократился на 20 %.

Согласно постановлениям правительства Москвы № 64 от 10 февраля 2004 г. и № 840 от 24 октября 2006 г., распоряжению правительства Москвы № 166 от 5 февраля 2003 г. в 2006–2008 гг. ПромтрансНИИпроект совместно с МосгорНИИпроект, МосгазНИИпроект и другими проектными и научными организациями разработал рабочий (пилотный) проект реконструкции производственно-технической базы 11-го автобусного парка Москвы для обеспечения технической эксплуатации автобусов, использующих КПП в качестве моторного топлива. В настоящее время 11-й автобусный парк – единственный в ГУП «Мосгортранс», где треть подвижного состава из состоящих на балансе 339 автобусов эксплуатируется на КПП. Парку выделено 9,52 га земли, из которых 3,16 га – новая территория. Часть новой территории задействована под стоянки автобусов и пост аккумулярования и выпуска газа и дегазации баллонов. В процессе реконструкции на террито-



Рис. 1. Временный (до реализации проекта) сборно-разборный пост контроля, аккумулярования и сброса газа HO-160

рии парка были введены дополнительные объекты, обязательные для автобусов на КПП:

- оборудован пост контроля герметичности газовой системы автобусов;
- смонтирован сборно-разборный пост контроля, аккумулярования и сброса газа HO-160 (рис. 1);
- организован участок ремонта и обслуживания газовой аппаратуры.

Кроме того, реконструирован ряд производственных помещений, в первую очередь увеличена высота проёмов ворот для въезда автобусов с расположенными на крыше газовыми баллонами, позволившая производить обслуживание и ремонт газового подвижного состава параллельно с дизельными автобусами (руководящими документами допускается проведение ТО и ремонта газового подвижного состава на одних производственных площадях с дизельными и бензиновыми).

Изменения в конструкции автобусов особо большой и большой вместимости – Икарус 280.33 М ГП (рис. 2) и ЛиАЗ 52937 (рис. 3) – незначительны.

На автобусах Икарус 280.33 М ГП используется система управления подачей газа и зажиганием «WOODWARD» (США), 8 металлокомпозитных газовых



Рис. 2. Автобус Икарус 280.33 М ГП



Рис. 3. Автобус ЛиАЗ 52937

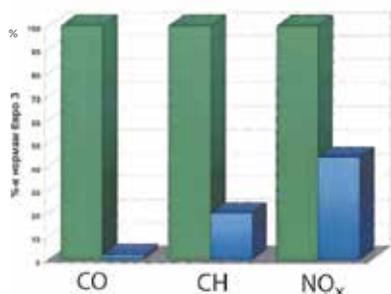


Рис. 4. Вредные выбросы газовых двигателей (синие столбики) в процентном отношении к нормам Евро-3 (зеленые столбики)

автомобильных баллонов с алюминиевым лайнером производства ижевского ОАО «Реал-Шторм» объёмом по 123 л, располагающихся на крыше автобусов. Газовая аппаратура «WOODWARD OH 1.2» относится к 4-му поколению и обеспечивает выполнение экологических норм Евро-3 (рис. 4).

На крыше автобусов ЛиАЗ 52937 крепятся 8 композитных баллонов объёмом по 97 л со стальным лайнером производства ОАО «Орский машиностроительный завод», ещё один баллон ёмкостью 82 л располагается в нижней части автобуса, давление в баллонах 19,6 мПа. Они соединяются системой топливоподачи с двигателем «CUMMINS», поставляемым из США и соответствующим экологическим требованиям Евро-4 (рис. 5).

Заправка газовых баллонов производится на двух автозаправочных газонакопительных компрессорных станциях АГНКС, которые размещаются на МКАД.

Удорожание за счет перевода автотранспорта на КПП составит 15–20 %.

Техническое обслуживание и ремонт автобусов, работающих на КПП, включает в себя следующие работы:

- контрольный осмотр при въезде в парк с проверкой герметичности газовой аппаратуры (все эксплуатируемые в парке автобусы оборудованы бортовой

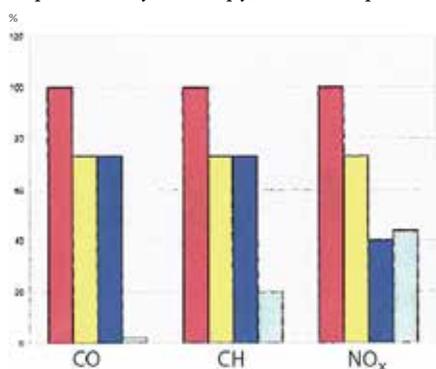


Рис. 5. Сравнение вредных выбросов двигателей CUMMINS (голубые столбики) с нормами Евро-3, Евро-4, Евро-5 (красные, желтые и синие столбики, соответственно)

системой контроля утечки газа СУГ-3, и проверка осуществляется по показаниям светодиодных индикаторов сигнализации – рис. 6);

- ежедневное обслуживание;
- первое техническое обслуживание (ТО);
- второе техническое обслуживание;
- текущий ремонт (ТР);
- ТО и ремонт газовой системы питания автобусов, работающих на КПП.

Для всех видов ТО и ТР автобусов и их узлов и агрегатов в парке имеются производственные отделения и цеха, оснащенные современным технологическим оборудованием.

Подвижной состав после окончания рабочей смены при въезде в парк поступает на специально оборудованную площадку, где производится осмотр и контроль комплектности автобусов, проверка путевых документов, принимаются заявки водителей на устранение неисправностей, выявленных в процессе эксплуатации, а также фиксируется работоспособность бортовой системы контроля герметичности газовой системы.

На посту аккумулярования, дегазации баллонов выполняются технологические операции по аккумулярованию метана из баллонов автобусов, которые производятся в следующих случаях:

- перед демонтажом баллонов для переосвидетельствования;
- перед ремонтом обвязки газовых баллонов;
- при нарушении герметичности газового баллона и баллонного вентиля;
- перед въездом автобусов в помещение, предназначенные для производства пожароопасных работ (сварки);
- после дорожно-транспортного происшествия, повлекшего нарушение



Рис. 6. Индикация системы контроля утечки газа на щите приборов

герметичности части газового оборудования, повреждения запорной арматуры и баллонов.

Повторяемость выпуска КПП из баллонов одного автобуса в среднем один раз в 2,5 года, производительность поста выпуска КПП – 5 автобусов в день (средняя продолжительность обслуживания одного автобуса – 2 часа). Пост располагается под навесом, имеет сетчатую продуваемую ограду, твердое негорючее покрытие, сквозной проезд для автобусов.

На посту выпуска КПП выполняются технологические операции по выпуску КПП из баллонов автобусов в аккумулятор газа, их дегазация инертным газом (азотом), подача газа из аккумулятора на дозаправку баллонов автобусов. В перспективе при строительстве АГНКС для заправки автобусов на территории парка планируется подача газа из аккумуляторов в газопровод.

Пост оборудован заправочным устройством, вентилями, манометрами для контроля давления. Заправочное устройство соединено с заправочным узлом автобуса специальным шлангом. Газ из автобуса подается в баллоны поста.

Исходное положение клапанов на распределители – закрытое. Начало выпуска газа из баллонов осуществляется с открытием входного клапана 1-й секции аккумулятора. После выравнивания давления в баллонах автобуса и в 1-й секции аккумуляторов, клапан 1-й секции закрывается. Открывается клапан во 2-й секции аккумулятора. После выравнивания давления клапан 2-й секции закрывается. После этого открывается клапан на свечу и остаточное давление из баллонов автобуса выпускается в атмосферу. Далее происходит дегазация баллонов, включающая их двойную продувку азотом, выпуск которого из баллонов автобуса предусмотрен на свечу.

КПП, выпущенный из баллонов автобусов в аккумулятор, используется для дозаправки автобусов. В этом случае происходит подсоединение заправочного устройства к заправочному узлу автобуса и открываются вентили.

В зависимости от количества и давления КПП, собранного в аккумуляторе, и остаточного давления газа в баллонах автобуса, операция дозаправки осуществляется непосредственно из секций аккумулятора. При этом на рас-

## Пробежные выбросы подвижного состава 11-го автобусного парка, т/год

Загрязняющее вещество	До реконструкции <sup>1</sup>	После реконструкции <sup>2</sup>	Сокращение валовых выбросов
Оксид углерода (CO)	119,7	52,4	67,3 (-56 %)
Углеводороды (CH)	18,1	9,0	9,1 (-50 %)
Оксиды азота (NOx)	84,7	64,2	20,5 (-24 %)
Твердые частицы (сажа – С)	5,9	0	5,9 (-100 %)

**Примечания.** <sup>1</sup> В 2008 г. треть парка автобусов использовала КПГ, остальные – дизельное топливо.

<sup>2</sup> Весь парк автобусов переведен на использование КПГ в качестве моторного топлива.

пределителе открывается клапан 2-й секции, который закрывается после выравнивания давления. Аналогичная операция происходит с 1-й секцией аккумулятора.

После окончания процесса заправки перекрываются вентили, сбрасывается давление из заправочного рукава на свечу и отсоединяется заправочное устройство.

При реализации пилотного проекта заправка подвижного состава компримированным природным газом производилась на городских АГНКС № 2 и 8 Управления «Мосавтогаз», расположенных вдоль МКАД на расстоянии 8,0 и 2,5 км от парка, соответственно. Это привело к росту эксплуатационных расходов парка на холостые пробеги и снижает положительный эффект от перехода на газомоторное топливо. Кроме того, заправочные мощности этих АГНКС заполнены практически полностью.

При разработке проекта реконструкции 11-го автобусного парка для перевода на КПГ городских автобусов были исследованы вопросы, связанные с его экологической безопасностью и воздействием на окружающую среду.

Отечественные и зарубежные исследования по определению токсического воздействия транспортных средств на окружающую среду показывают, что при замене бензина сжатым газом в качестве моторного топлива снижается выброс ядовитых веществ: окиси углерода – в 5–10 раз, углеводорода – в 3 раза, оксида азота – в 1,5–2,5 раза; уровень шума работающего двигателя уменьшается в 2 раза.

Расчеты и оценка воздействия проектируемого объекта на атмосферный воздух, почвы, поверхностные и грунтовые воды, зеленые насаждения территории показывают, что реконструкция объекта и дальнейшая эксплуатация не приведут к ухудшению экологической обстановки в районе его размещения.

Сравнительные расчеты по определению объемов изменения выбросов от автобусов при работе на дизельном топливе и использовании КПГ, основанные на данных по 11-му автобусному парку, позволяют констатировать, что выбросы загрязняющих веществ при полном переводе всего парка автобусов на метан в целом по предприятию уменьшатся на 122 т в год, при этом максимальная мощность выброса сократится в 2 раза. Валовые пробежные выбросы эксплуатируемого подвижного состава по основным загрязняющим атмосферный воздух веществам из расчета годового пробега в 2008 г. и после завершения полной реконструкции парка существенно сократятся (см. таблицу).

Кроме того, при использовании КПГ в качестве моторного топлива в отличие от нефтепродуктов в выбросах загрязняющих веществ отсутствуют соединения хлора, сероводород, бенз(а)пирен, сернистый ангидрид, соединения свинца.

В настоящее время парк пассажирских автобусов в г. Москве составляет около 5000 единиц, в целом в России на обслуживании пассажиров задействовано около 80 тыс. автобусов. Годовые выбросы CO, CH, NO<sub>x</sub>, С и других вредных компонентов в атмосферу составляют не менее 83–85 тыс. т.

Полный перевод парка пассажирских автобусов на использование в качестве моторного топлива КПГ позволит снизить вредные для здоровья людей и окружающей среды выбросы в 2,7–2,8 раза. В масштабах всей России может быть сэкономлено около 2,3 млн т нефтепродуктов, сжигаемых в моторах автобусов.

Также при существующем уровне цен на метан и дизельное топливо, сложившейся среднегодовой величине пробега автобусов в г. Москве и переводе всего парка транспортных средств на КПГ перевозчики на разнице в цене то-

плива смогут сэкономить многие сотни миллионов рублей в год.

Для реализации комплекса мероприятий по переводу парка автобусов на КПГ с учетом их переоборудования, развития объектов инфраструктуры, связанной с их обслуживанием и эксплуатацией, необходим значительный объем инвестиций. Как правило, реализация таких проектов невозможна без соответствующей поддержки федеральных и региональных властей, законодательного решения целого ряда возникающих при этом вопросов.

По ориентировочным расчетам, для реализации проекта перевода на КПГ пассажирских автобусов в Москве потребуются инвестиции в размере 14–15 млрд руб. в ценах II квартала 2013 г. (без учета изменений конструкций автобусов). Годовой экологический эффект от проекта, заключающийся в уменьшении выброса загрязняющих веществ в атмосферу, определяется величиной 5 500 т в год или 6 000 кг на каждый квадратный километр городской территории.

Таким образом, перевод автотранспортных средств, в первую очередь, парка пассажирских автобусов на КПГ следует рассматривать как приоритетную инновационную задачу, обеспечивающую внедрение современных энергоэффективных проектов, снижение выбросов вредных веществ в атмосферу и улучшение экологической ситуации в целом. **□**

## Литература

- Капустин В. М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками. М.: КолосС, 2008, 232 с.
- Кириллов Н. Г. Нефть, природный газ и альтернативные моторные топлива // Нефтегазовые технологии. 2002. № 4. С. 15–20.
- Сигаева М. 11 автобусный парк. Газ как основное топливо: интервью с директором 11 автобусного парка Андреем Назаровым // Коммерческие автомобили. 2008. № 4. С. 6–8.