

# **ЭФФЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ ЗАПРАВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ АВТОБУСОВ РЕГУЛЯРНЫХ ПАССАЖИРСКИХ МАРШРУТОВ, РАБОТАЮЩИХ НА КПП**

**Шайлин Р.Т., Хасанов Р.Х.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

В рамках изучения таких дисциплин, как «Моделирование транспортной деятельности», «Организация автомобильных перевозок», «Сервис транспортной инфраструктуры городов», для студентов и магистрантов транспортного факультета необходимо представление информации о заправочной инфраструктуре для автотранспортных средств. Особое место среди которых занимают предприятия заправочной структуры для автобусов регулярных пассажирских маршрутов, работающих на компримированном природном газе (КПП).

Давно известно, что использование КПП в качестве моторного топлива позволяет значительно снизить влияние отработавших газов на окружающую среду, а также за счёт низкой стоимости по сравнению с нефтяными видами моторного топлива достигнуть существенной экономии при эксплуатации.

На основе представленных преимуществ КПП как моторного топлива, различные регионы страны активно разрабатывают и внедряют программы развития рынка КПП. Дополнительным стимулятором для субъектов РФ является 261-й федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», где в частности указываются 2 пункта [1]:

- требование по увеличению количества высокоэкономичных в части использования моторных топлив транспортных средств (3 гл. 14 ст. 4 п. 6 пп);
- необходимость выполнения на региональных уровнях предписаний по замещению традиционных моторных топлив на эффективные в плане экономии и энергии альтернативные виды топлив (3 гл. 14 ст. 6 п. 8 пп.).

Однако, при существующих преимуществах и стимулирование, запланированные показатели принятых программ не были достигнуты. Поэтому был проведен поиск проблем, с которыми сталкиваются участники программ. Результатом поиска стали выделенные следующие 5 проблем тормозящих процесс развития рынка компримированного природного газа:

- 1) высокая стоимость строительства АГНКС;
- 2) высокая стоимость переоборудования ТС;
- 3) неоптимальное расположение заправочных станций КПП;
- 4) низкая пропускная способность заправочного пункта;
- 5) необходимость внесения изменений в конструкцию ТС, влияющих на безопасность ТС.

Анализ выделенных проблем (проведенных в источниках [2,3,4]) позволяет сделать заключение об их взаимосвязи при этом высокая стоимость переоборудования ТС и необходимость внесения изменений в конструкцию ТС

являются прямым следствием неоптимального расположения заправочных станций КПП. Проблема высокой стоимости строительства АГНКС можно устранить, разработав заправочную сеть по принципу «материнская-дочерняя» заправка с использованием ПАГЗ и СЗМ. Данная сеть позволит повысить эффективность работы существующих АГНКС, увеличив их загрузку. Проблема низкой пропускной способности заправочного пункта – фактор, не подвергаемый изменению из-за действующих нормативов безопасной эксплуатации АГНКС и сосудов работающих под давлением.

Поэтому расширение использования КПП автобусным парком, возможно, максимально эффективно осуществить в рамках совместного рассмотрения автобусного парка (АП) и газозаправочного комплекса (ГЗК), т.е. системы «АП – ГЗК»

Как известно массовый переход на дешевую альтернативную продукцию происходит лишь в том случае, когда источник находится вблизи потребителей, так же и с транспортом. Достижение необходимого уровня загрузки нового заправочного пункта будет зависеть от удаленности от места дислокации парка потребителя и наличием других заправочных пунктов на рассматриваемой территории, что описывается следующей математической моделью:

$$m_i(x, y, G) = 1 - \max_j (F_i(x, y, G)), \quad (1)$$

где  $x, y$  – топографические координаты региона  $Y_0$ ;

$G$  – принятая (рассматриваемая) структура объектов сети;

$m_i(x, y, G)$  – вероятность использования клиентом  $i$ -ого заправочного пункта;

$F_i(x, y, G)$  – вероятность отказа клиента от обращения на  $i$ -ый заправочный пункт, из-за удаленности.

Вызванная низкая загруженность разрабатываемого заправочного пункта приводит к финансовым потерям определяющихся на основе представленной ранее математической модели:

$$L_i[G] = \iint_{Y_0} f_i(x, y) m_i(x, y, G) dx dy, \quad (2)$$

где  $L_i[G]$  – потери из-за не реализации топлива связанные с низкой загрузкой заправочной станции, руб.

Комплекс затрат состоит из следующих составляющих: затраты на создание заправочной структуры, затраты на перевод парка автобусов на другое оборудование позволяющее использовать КПП и затрат возникающих из-за низкой загруженности созданной заправочной структуры. Таким образом учет критерия удовлетворенности и комплекса затрат формируют целевую функцию представленную в виде уравнения:

$$z[G] = \sum_i L_i[G] + \sum_i C_n[G] + \sum_i A_i[G] \rightarrow \min_G, \quad (5)$$

где  $C_n[G]$  – затраты на создание и функционирование заправочного пункта, руб;  
 $A_i[G]$  – затраты на перевод парка техники для работы на КПГ, руб.

В случае с автобусным парком, для которого характерен определенный ритм работы данная удаленность будет определяться периодом времени, в течение которого он будет на конечной стоянке в ожидание рейса. Поэтому место размещение нового заправочного пункта будет определяться параметрами работы маршрута:

$$t_{ож\ i} \geq t_{обс} + 2t_{Li}, \quad (3)$$

где  $t_{ож\ i}$  – время простаивания на конечном пункте, мин;

$t_{Li}$  – время прохождения пути до заправочного пункта, мин;

$t_{инт\ i}$  – интервал движения автобусов на маршруте, мин;

$t_{обс}$  – время обслуживания на заправочном пункте, мин.

Однако, перед тем как приступить к созданию новой заправочной точки необходимо определить возможность использования внутримаршрутного расписания заправок. Для определения требуемых мероприятий необходимо провести анализ совместимости маршрута с заправочным пунктом. Совместимость проводится при помощи двух условий, представленных на рисунке 1. Результатом этого анализа станет определение, к какой категории относится рассматриваемый маршрут (рисунок 2). Первая категория – не требует никаких мероприятий, вторая категория – требует разработать внутримаршрутное расписание заезда на заправку, третья категория – требует приблизить заправочный пункт.

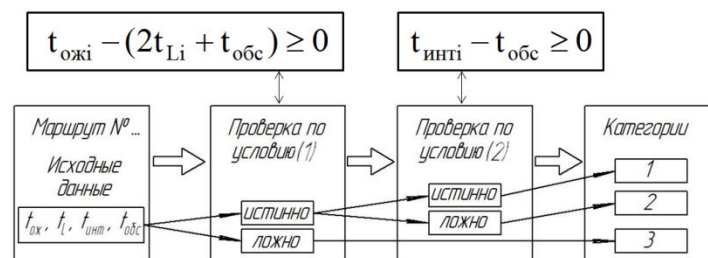


Рисунок 1 - Анализ на признак совместимости заправочного пункта с i-ым маршрутом



Рисунок 2 – Схема размещения конечных пунктов с указанием маршрутов разных категорий

Как видно на рисунке 2 большая часть маршрутов, конечная которых находится вблизи АГНКС, отнесены ко второй категории, чем дальше маршруты располагаются от АГНКС, тем больше становится маршрутов третьей категории.

Формирование внутримаршрутного расписания для каждого маршрута второй категории проводится по алгоритму методики «Выбор средств заправки метаном с учетом показателей работы на маршруте», представленной в работе [5]. Пример внутримаршрутного расписания (при параллельной и пересекающейся форме обслуживания) представлен на рисунке 3. Параллельная форма обслуживания используется для маршрутов, у которых более 75% автобусов работают на метане, и подразумевает закрепление заправочного поста за определенным маршрутом. Пересекающаяся форма обслуживания используется для маршрутов, у которых менее 75% автобусов работает на КПГ, эти маршруты используют любые свободные посты.

*Организация обслуживания маршрута №5 (параллельная форма обслуживания)*

... → 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → [6] → 7 → 8 → 9 → 10 → 11 → [12] → 6 → [12] → повторение цикла

*Организация обслуживания маршрута №6 (параллельная форма обслуживания)*

... → 1 → 2 → [3] → [4] → 5 → 6 → [7] → [8] → 9 → 10 → [11] → "12" → 13 → 14 → "15" → "16" →  
→ 17 → 3 → 4 → 7 → 8 → 11 → повторение цикла

Обозначения: *x* – обслуживаемые автобусы;  
*[x]* – необслуживаемые автобусы;  
*{x}* – автобус обслуживаемы на резервном посту;  
*"x"* – непереоборудованные автобусы для работы на КПГ.

*Организация обслуживания маршрутов №1, 2, 3, 4, 7 (пересекающаяся форма обслуживания)*

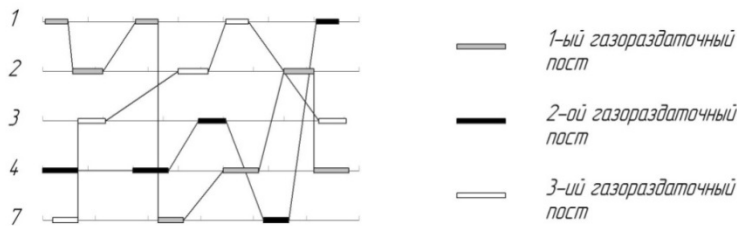


Рисунок 3 – Пример организация обслуживания на заправочных постах для маршрутов 2-ой категории

Определение месторасположения заправки основывается на ограничениях, описанных в нормативных документах касающихся эксплуатации АГНКС, перевозки и хранения природного газа. Для маршрутов города Оренбурга было проведено определение таких мест. Наполнение заправочных модулей будет осуществляться с помощью ПАГЗ, который будет совершать челночные рейсы. Соблюдая условия формулы (3) были определены места размещения заправочных пунктов (рисунок 4).

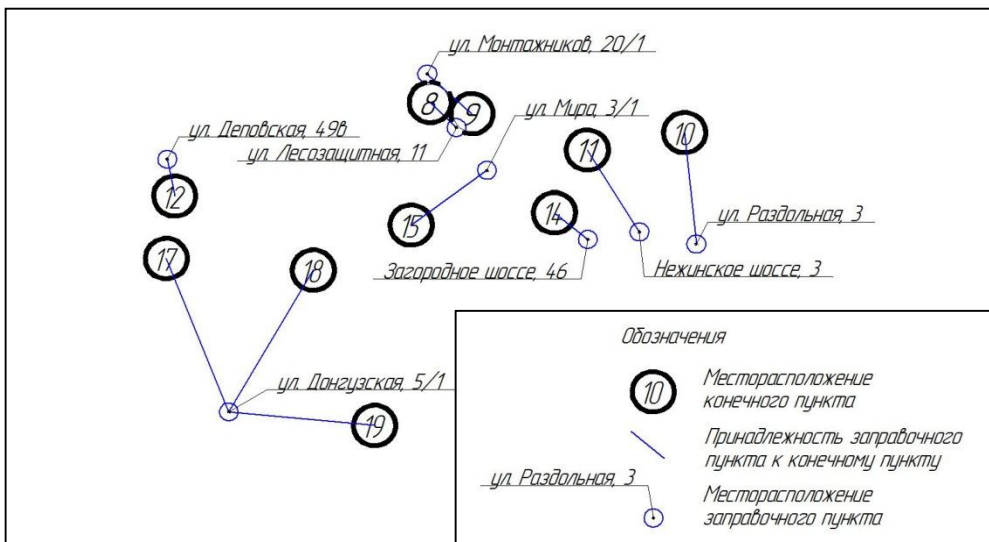


Рисунок 4 – Размещение заправочных пунктов для маршрутов 3-ей категории

Решения, представленные в данной работе, позволяют создать сеть заправочных пунктов для каждого потребителя (в данном случае автобусного

парка задействованного в регулярных маршрутных пассажироперевозках). Эта информация поможет определить потребность в строительстве новых АГНКС или «дочерних» заправочных пунктов размещенных вблизи потребителей. Также, необходимо отметить, формирование порядка очередности заездов на заправку позволит снизить вероятность простоев в очередях на заправке. При этом использование автобусным парком газозаправочной сети подстроенной под этот парк, даст в дальнейшем толчок к масштабному переводу легкового транспорта на КПП за счёт наличия уже сформированной заправочной сети.

#### *Список литературы*

- 1. Официальный сайт компании «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс] : база данных. – Электрон. дан. – М., [200-]. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/>. – Загл. с экрана.*
- 2. Бондаренко, Е.В. К вопросу о необходимости развития сети метановых заправок в г. Оренбурге / Е.В. Бондаренко, А.А. Филиппов, М.Р. Фазуллин, Р.Т. Шайлин // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. - №4. – с. 15-23.*
- 3. Бондаренко, Е.В. К вопросу о разработке и реализации программы «Расширение парка техники, работающей на природном газе и региональной заправочной сети до 2015 года и на перспективу до 2020 года» / Е.В. Бондаренко, А.А. Филиппов, Р.Т. Шайлин // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 3-ей международной научно-практической конференции (ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»). – Орел, 2013. – С. 41-45.*
- 4. Бондаренко, Е.В. Коэффициент потребительской оценки результативности деятельности обслуживающих предприятий, как основа для разработки инновационных проектов / Е.В. Бондаренко, А.А. Филиппов, Р.Т. Шайлин // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2014. - № 1(44) – С. 15-21.*
- 5. Бондаренко, Е.В. Формирование сети заправочных станций компримированным природным газом / Е.В. Бондаренко, А.М. Федотов, Р.Т. Шайлин // Вестник Оренбургского государственного университета. – Оренбург, 2014. - №10. – С.23-29.*