

Бондаренко Е.В., Федотов А.М., Шайлин Р.Т.
Оренбургский государственный университет
E-mail: raul20082008@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ СЕТИ ЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ КОМПРИМИРОВАННЫМ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ

В статье содержатся методические указания для формирования сети заправочных станций природным газом, обслуживающий городской маршрутный транспорт. Представлен показатель, позволяющий оценить заправочную сеть с позиции доступности для клиентов. Приведены блок-схема методики подбора комплекта газовых баллонов компримированным природным газом для автобусов, блок-схема выбора средств заправки метаном с учетом показателей работы городских автобусов на маршруте, структура комплекса задач и целей исследования.

Ключевые слова: компримированный природный газ, заправочная станция, передвижные средства заправки, газобаллонное оборудование.

Задача по расширению парка автотранспортных средств (АТС), работающего на компримированном природном газе (КПГ), приняло характер государственного значения. В частности, в Федеральном законе от 23.11.2009 г. №261-ФЗ (ред. от 02.07.2013 г.) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» указывается требование по увеличению количества высокоэкономичных в части использования моторных топлив транспортных средств (3 гл. 14 ст. 4 п. 6 пп), и необходимости 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.) [1]. В этой связи 1 апреля 2013 г. в Доме Советов Оренбургской области прошло совещание рабочей группы, на которой была озвучена необходимость разработки региональной программы «Расширение парка техники, работающей на природном газе, и региональной газозаправочной сети до 2015 года и на перспективу до 2020 года». Данная программа способствует разработке схемы территориального размещения сети стационарных и передвижных газовых заправочных станций на территории Оренбургской области и увеличению объема замещения бензина и дизельного топлива на транспорте [2].

Использование природного газа в качестве моторного топлива было актуально до принятия вышеуказанного закона. На региональном уровне вводились программы развития применения газомоторного топлива, но, как показала практика, запланированные показатели не были достигнуты, из-за рисков, связанных с

финансовыми затруднениями субъектов Программ и наличия на рынке более экономически привлекательного переоборудования на газ сжиженный нефтяной [3].

Как отмечалось в обзорных исследованиях, изложенных в работах [3]–[5], в современных условиях роста возрастающего интереса к использованию КПГ в качестве моторного топлива целесообразным является формирование и развитие газозаправочного комплекса по принципу «материнская – дочерняя» заправки, т. е. расширение зоны реализации КПГ за счёт передвижных заправочных средств.

В рамках поставленной цели исследования и в процессе решения поставленных задач необходимо учитывать следующие условия и требования:

- рассматриваемые «дочерние» заправки ориентированы на обслуживание парка автобусов, участвующих в регулярных пассажирских перевозках, что предполагает наличие достаточного количества и номенклатуры передвижных заправочных средств;

- поддержание достаточно высокого уровня технологической дисциплины при проведении заправочного процесса – бесперебойности обслуживания АТС;

- площади заправочных пунктов и стоянок, ожидающих обслуживание на заправке АТС, определяются исходя из потребности, обращаемого на него подвижного состава;

- учет влияния дорожной сети, схемы основных транспортных потоков, размещения пунктов тяготения рассматриваемого подвижного состава (конечных пунктов), расстояния между пунктами базирования заправок, лимитирующего расстояния от пункта размещения

подвижного состава до пункта базирования заправочной точки.

Комплексный учёт перечисленных выше условий и требований предопределяет необходимость разработки в рамках настоящего исследования соответствующих математических моделей и методик, позволяющих находить организационные и управленческие решения, направленные на создание рациональной сети заправочных станций на примере автобусного парка, участвующего в регулярных пассажирских перевозках.

Поскольку для существующего парка газобаллонных АТС, работающего на КПГ, известна периодичность поступления на заправочную станцию, то, в первую очередь, рассматривается соотношение заправочной ёмкости АТС и заправочной мощности автомобильной газонаполнительной компрессорной станции (АГНКС) или передвижного средства заправки (ПСЗ) в зависимости от установленного среднесуточного пробега по парку в составе функционирующей системы «автобусный парк – газозаправочный комплекс»:

$$(V_3^{\text{атс}}, V_3^{\text{агнкс}}) = f(\bar{L}_{\text{сс}}^{\text{парк}}), \quad (1)$$

где $V_3^{\text{атс}}$ – заправочная ёмкость автомобиля, куб. м;

$V_3^{\text{агнкс}}$ – заправочная мощность АГНКС, куб. м;

$\bar{L}_{\text{сс}}^{\text{парк}}$ – запас хода по парку, км.

В соответствии с полученными показателями мощностных и пробеговых характеристик, определяются технико-экономические показатели для заправочных средств, участвующих в формировании газозаправочного комплекса.

При формировании заправочной сети КПГ возникает необходимость в технико-экономическом обосновании целесообразного размера и места расположения объектов заправочной структуры для обслуживания имеющегося спроса на КПГ подвижным составом, привязанным к заправочному пункту.

Исходя из указанных предпосылок, в каждом пункте размещения подвижного состава формируется поток требований на заправку. На территории рассматриваемого региона Y_0 предполагается несколько пунктов формирования потока требований, как от обслуживаемой i -й группы подвижного состава, так и от j -ого заправочного средства, требующего наполнения

КПГ. Кроме того автомобильные дороги и ограничения по месту размещения объектов заправочного комплекса могут рассматриваться в качестве пунктов возникновения запрета на возможность размещения объекта заправочной сети и маршрута передвижения ПСЗ. Таким образом, формируется поток требований на заправку $f_i(x, y)$ и наполнение $f_j(x, y)$ по всей сети региона.

В регионе также необходимо учитывать расположение существующих АГНКС, которые выступают в качестве «материнских» заправок, имеющих свою зону влияния, определяемую величиной плеча заправки – расстояние транспортного пробега для осуществления обслуживания на заправочной станции. Плечо заправки выступает как величина, вносящая весомый вклад в решение потребителя обратиться на j -ый заправочный пункт или АГНКС $F_{ij}(x, y; G)$, где x, y – топографические координаты региона Y_0 , G – принятая (рассматриваемая) структура объектов сети.

Для рассматриваемой заправочной сети, транспортная удаленность её объектов от потребителя, определяет вероятность появления клиента на j -ом заправочном пункте $m_j(x, y, G)$:

$$m_j(x, y, G) = 1 - \max_j(F_{ij}(x, y, G)) \quad (2)$$

Части потоков требований на заправку, отсекаемые пределами соответствующих зон влияния, фактически представляют собой требование к размещению дополнительного объекта заправочной сети $L_i[G]$ из-за их удаленности:

$$L_i[G] = \iint_{Y_0} f_i(x, y) m_j(x, y, G) dx dy, \quad (3)$$

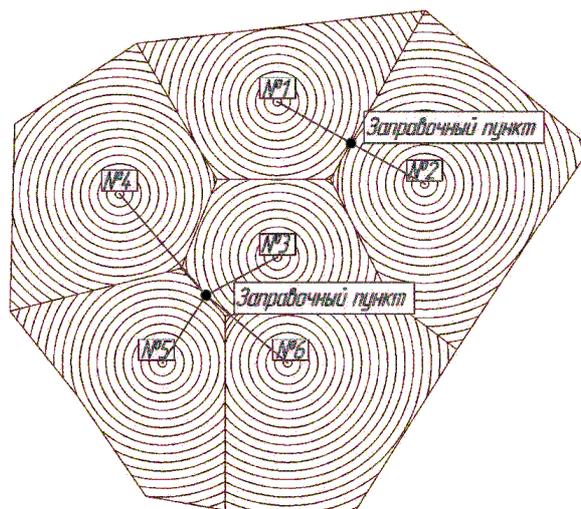
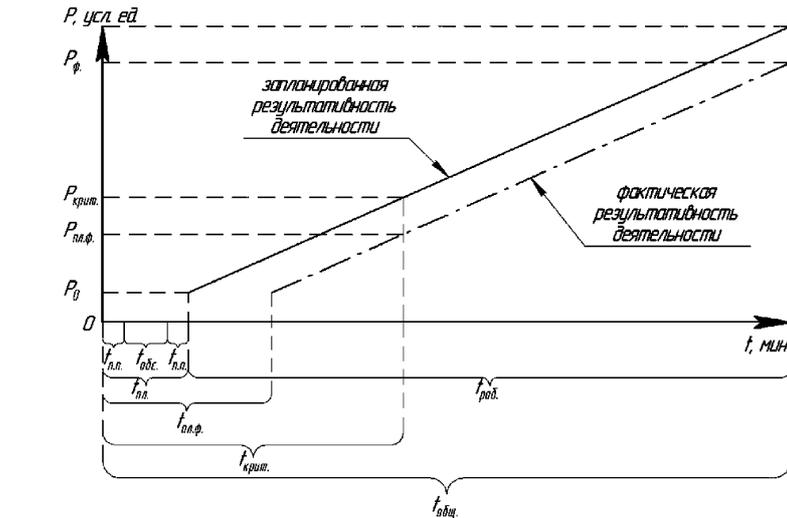


Рисунок 1. Схема ареала вероятного размещения объектов заправочной сети в зависимости от удаленности от потребителей

Ареал влияния, представленный на рисунке 1, является примером доступности пунктов заправочной сети и определяет величину соответствующей клиентской удовлетворенности расположением объектов заправочной сети Z, которые (совместно с затратами на: плечо заправки (h_i), расстояние поставки КПП (l_i), создание и функционирование заправочного пункта ($C_N[G]$)) должны стремиться к минимуму:

$$z[G] = \sum_i L_i[G] + \sum_i h_i + \sum_i C_N[G] \rightarrow \min_G \quad (4)$$

Для оценки предлагаемых решений по формированию региональной сети заправочных станций КПП и сравнения с существующей АГНКС разработан оценочный показатель, названный как «коэффициент удовлетворен-



P_ϕ – фактическая результативность, усл. ед.; $P_{крит.}$ – критическая потеря результативности, усл. ед.; $P_{пл.ф.}$ – фактическая потеря результативности, усл. ед.; P_0 – результативность без учета затрат пробега до и от пункта обслуживания, усл. ед.; $t_{пл.}$ – время на прохождение пути до пункта обслуживания, мин.; $t_{обс.}$ – время обслуживания, мин.; $t_{пл.ф.}$ – планируемое время обслуживания, мин.; $t_{крит.}$ – критически возможное время прохождения обслуживания, мин.; $t_{обш.}$ – планируемый интервал времени результативной деятельности, мин.; $t_{обш.}$ – общее время деятельности, мин.

Рисунок 2. Графическое сравнение оценочного показателя обслуживаемого объекта

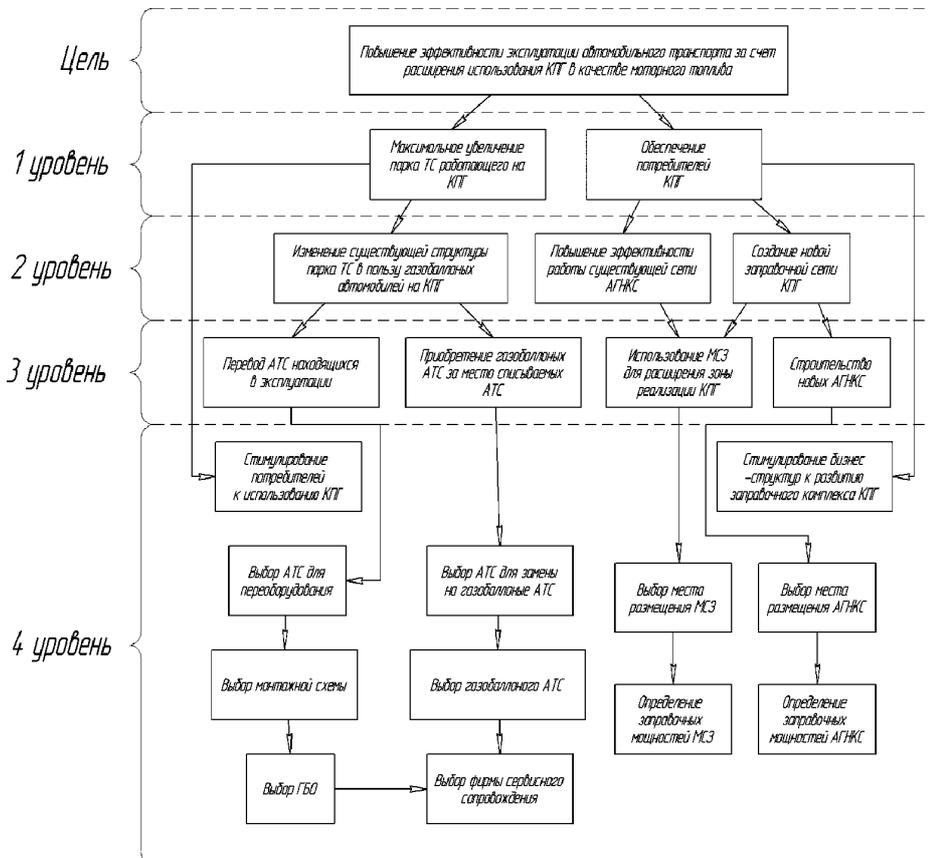


Рисунок 3. Иерархическая схема целей и задач исследований

ности объектами обслуживания». Данный показатель учитывает следующие факторы: «плечо» заправки, дорожная сеть, пропускная способность заправочного пункта и его влияние на время транспортной работы подвижного состава. В графическом виде оценочный показатель может быть представлен в виде зависимости результативности от временных показателей (рисунок 2) [6].

Математическая формулировка данного оценочного показателя выглядит следующим образом [6]:

$$K_{уд} = 1 - \frac{(P_{пл.ф.} - QLC)t_{общ}}{t_{крит} P_{общ.} - t_{общ} QLC}, \quad (5)$$

где $P_{пл.ф.}$ – фактическая потеря результативности, ед. рез. децат.;

$P_{общ.}$ – общая планируемая результативность деятельности, ед. рез. децат.;

$t_{общ.}$ – общее время деятельности, ч.;

$t_{крит}$ – критически возможное время прохождения обслуживания, ч.;

Q – линейный расход топлива, ед. топл.;

L – пробег до пункта обслуживания, км;

C – стоимости ед. топл., руб.

Учитывая все вышеизложенное, был разработан комплекс задач объединенных в структуру, направленный на достижение генеральной цели. Комплекс задач учитывает основные факторы, влияющие на развитии транспортного комплекса региона, работающего на КПП (рисунок 3).

Для решения каждой задачи 4 уровня необходимо определить факторы, определяющие оптимальные решения поставленной цели. На рисунке представлен развернутый 4 уровень задач.

На основе представленных сведений, задачи 4 уровня были объединены в отдельные группы по принципу взаимовлияния и общ-

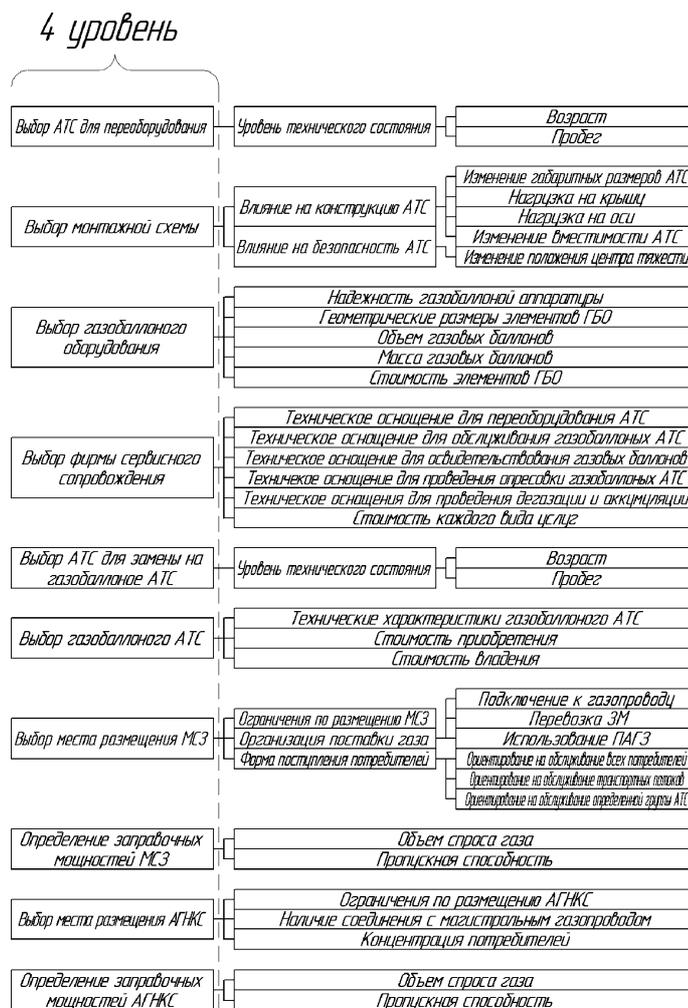


Рисунок 4. Развернутое представление задач 4 уровня

ности сведений. На основе этих объединений были сформированы методики, представленные в виде блок-схем на рисунках 5, 6.

Методика, представленная на рисунке 5, позволяет рационально определять параметры заправочных пунктов КПП. Кроме этого диспетчерские службы смогут руководить заправочным процессом, формируя график заправки, который положительно скажется на регулярности пассажирских перевозок. Так как расширение зоны реализации КПП позволяет

снизить запас хода маршрутных АТС, то предоставляется возможность пересмотра комплектности ГБО устанавливаемых на транспорт. Для этой задачи (формирование комплекта газовых баллонов КПП) разработана методика, представленная на рисунке 6.

Алгоритм методики позволяет формировать комплект газовых баллонов с учетом места размещения на транспорте, с обеспечением необходимого запаса хода и отсутствия влияния на конструктивную безопасность АТС, при

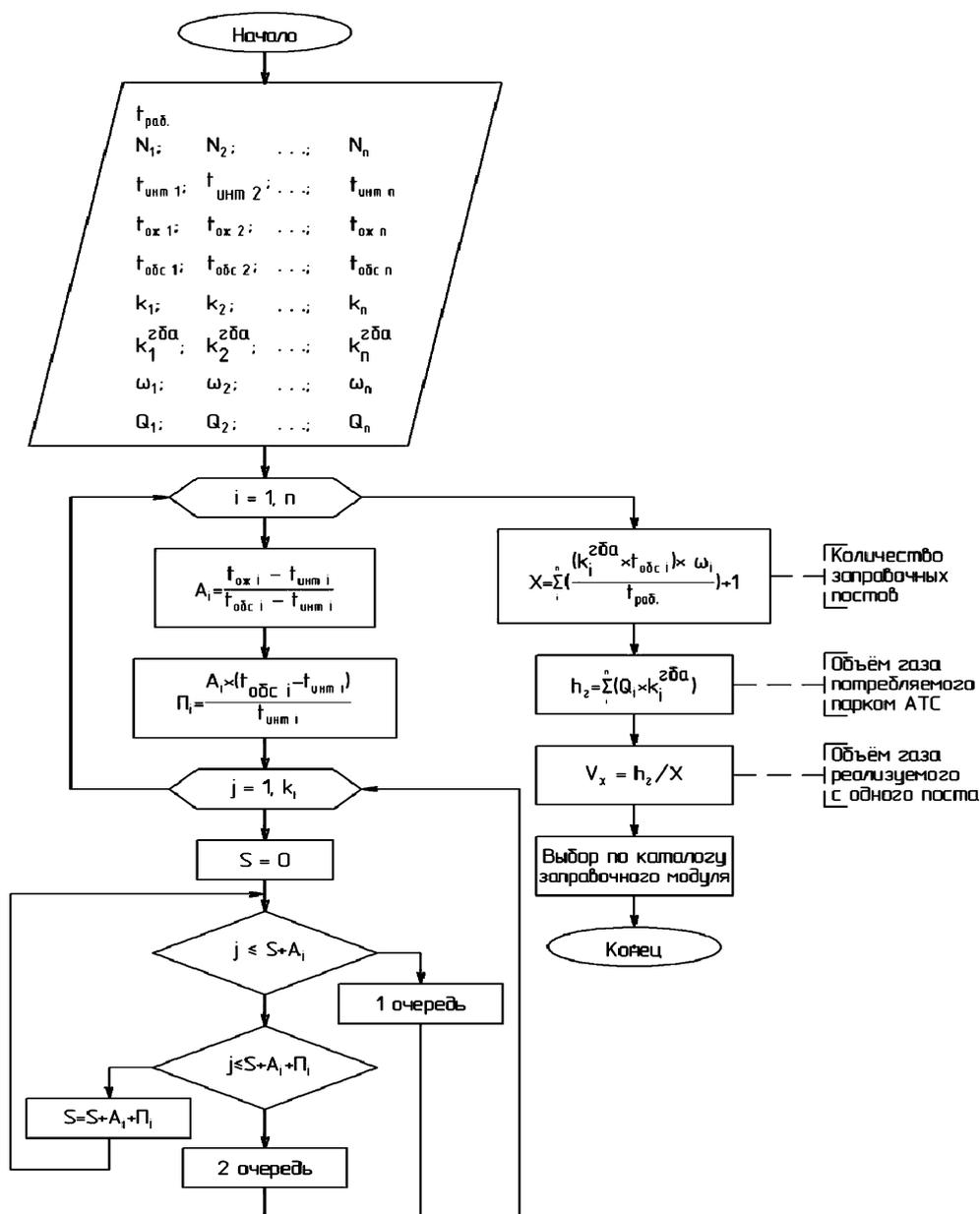


Рисунок 5. Методика выбора средств заправки метаном с учетом показателей работы городских автобусов на маршруте

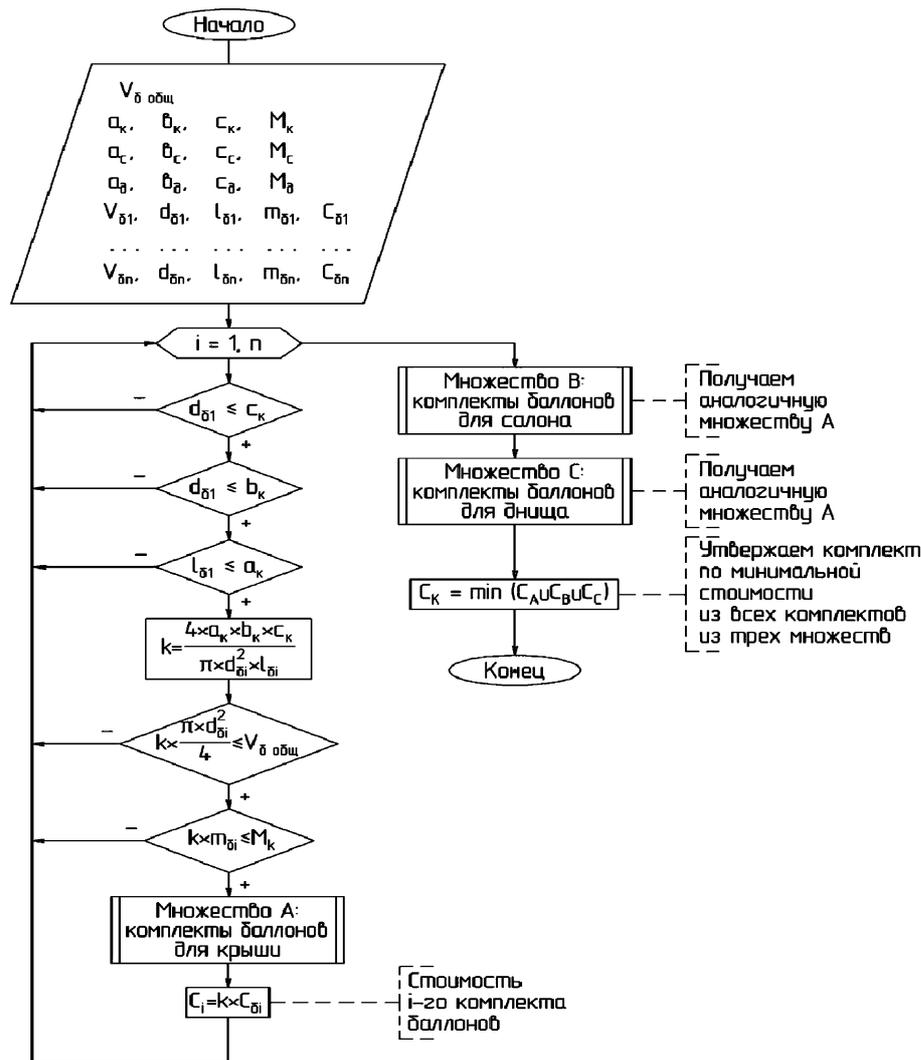


Рисунок 6. Методика подбора комплекта газовых баллонов КПП для автобусов

минимальных издержках на приобретение комплекта газовых баллонов.

Системные решения, представленные в данной работе, позволяют рационально определять место размещения заправочных пунктов КПП и их параметры. Это способствует развитию сети «дочерних» метановых заправок работающих с использованием ПСЗ по принципу «материнская – дочерняя» заправка. Предлагаемые решения также положительно отразятся на динамике перевода пассажирского транс-

порта на КПП, так как появляется возможность экономии денежных средств на приобретение ГБО за счёт оптимизации количества устанавливаемых баллонов. Помимо экономии при использовании КПП в качестве топлива, сократится отрицательное экологическое воздействие пассажирского транспорта, а также за счет уменьшения количества баллонов на АТС снизится влияние на надежность конструкции и возрастет визуальная привлекательность автобусов, работающих на метане.

22.08.2014

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 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 третьей международной научно-практической конференции. – Орел: Госуниверситет – УНПК, 2013. – С. 41–45.
3. 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.
4. Бондаренко, Е.В. Оценка эффективности эксплуатации автобусного парка на природном газе (на примере г. Оренбурга) / Е. В. Бондаренко, В. И. Миркитанов, А. А. Филиппов // Вестник Оренбургского государственного университета, 2007. – № 1. – С. 25–31.
5. Бондаренко, Е.В. Оценка экологической опасности и экономической эффективности эксплуатации автомобилей на альтернативных видах топлива / Е.В. Бондаренко, А.А.Филиппов // Вестник Оренбургского государственного университета, 2004. – №7. – С. 138–142.
6. 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, 2014. – № 1(44) – С. 15–21.

Сведения об авторах:

Бондаренко Елена Викторовна, профессор кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей транспортного факультета Оренбургского государственного университета, доктор технических наук, профессор

Федотов Александр Михайлович, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей транспортного факультета Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук

Шайлин Равиль Ташбулатович, ведущий инженер кафедры автомобилей и безопасности движения транспортного факультета Оренбургского государственного университета

480000, г. Оренбург, пр-т Победы, 149, ауд. 10302, тел. (3532) 912224, e-mail: raul20082008@mail.ru