

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗВИТИИ СЕТИ ГАЗОВЫХ ЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

А. А. Евстифеев

*Кафедра «Компьютерные системы и технологии», aaevastifeev@mephi.ru;
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
г. Москва, Россия*

Ключевые слова: автомобильная газонаполнительная компрессорная станция; место строительства; принятие решений; системный анализ; функциональная диаграмма.

Аннотация: Дано описание элементов проекта разработки программных средств автоматизации процессов поддержки принятия решений при планировании мероприятий развития региональной сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций: диаграммы процессов проектирования и строительства газовых заправочных станций; задачи поиска мест для рационального размещения газовых станций заправки по критериям технологической (параметры производственного оборудования), структурной, стоимостной и топологической оптимальности. Функциональная диаграмма содержит описание всех информационных потоков и потоков управления. Предложен вариант решения задачи размещения объектов заправки транспорта природным газом, использующий алгоритм направленного перебора вариантов решений.

Введение

Агрессивная государственная политика в области повышения экологических требований к транспортным средствам [1], снижение доходов населения [2] и фискальная нагрузка в виде акцизов на нефтяные топлива [3] вынуждают использовать более дешевое моторное топливо, одним из хорошо известных видов которого является природный газ. Первые промышленные партии транспортных средств с газобаллонным оборудованием для сжатого природного газа произведены отечественными автомобильными заводами в конце 1940-х – начале 1950-х годов XX века [3]. В период с начала 1980-х до середины 1990-х годов XX века построена базовая сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) и накоплен опыт эксплуатации транспортных средств на газомоторном топливе [4]. В настоящее время на территории РФ действует 513 АГНКС, из которых в течение года построены 12 станций (2,33 %). В настоящее время интенсивно идет проектирование и строительство объектов в Белгородской области, с учетом возведенных станций заправки ожидается рост количества газомоторных транспортных средств. В соответствии с государственной программой Российской Федерации «Расширение использования природного газа в качестве моторного топлива на транспорте и техникой специального назначения» к 2022 году планируется построить 896 станций. Для достижения поставленной цели выделяются значительные бюджетные субсидии в размере до 40 млн р. на станцию [5]. При этом места размещения новых станций не оговариваются, в результате чего существуют примеры размещения двух станций стоимостью около 200 млн р. в пределах одного перекрестка [6]. Современные требования

по инженерным и газовым коммуникациям, подготовка съездов на дорожное полотно, землеотведение, требования пожарной безопасности и другие делают невозможным правильный выбор места размещения без применения программных средств автоматизации процессов поддержки принятия решений (ПС АПППР).

Вопросам принятия решений при проектировании и строительстве объектов инфраструктуры заправки транспорта природным газом посвящено достаточно много работ. Например, в статье [7] систематизированы основные проблемы, с которыми сталкиваются инвестор, застройщик и государство при проектировании и строительстве объектов инфраструктуры заправки, и предложен перечень мероприятий, направленных на организацию процесса устойчивого систематизированного развития сети.

Несмотря на наличие большого числа публикаций, посвященных строительству газовых заправочных станций, системные исследования автоматизации и процессов поддержки принятия решений при выборе рациональных мест размещения, определении проектной производительности основного производственного оборудования объекта и проектировании представлены недостаточно.

Цель работы – разработка в соответствии с методологией [7] следующих элементов ПС АПППР:

- диаграммы процессов проектирования и строительства газовых заправочных станций;
- постановки задачи поиска мест для рационального размещения газовых станций заправки
- варианта решения задачи размещения объектов заправки транспорта природным газом.

Диаграмма процессов проектирования и строительства газовых заправочных станций

Основными процессами при проектировании и строительстве сети газовых заправочных станций являются (рис. 1):

- сбор информации и анализ обеспеченности территории газовыми заправочными станциями [8]. Принятие решения о необходимости строительства и количестве новых станций;
- выбор подходящих для строительства мест и оптимизация сети подлежащих строительству станций [9];
- выбор типовых технических решений [10];
- разработка и согласование проектно-сметной и разрешительной документации (ПСД) [11];
- заказ оборудования и выполнение строительно-монтажных работ (СМР) [12].

Основные информационные потоки:

а) $I_0 - I_5$ – входная и выходная информация: I_0 – информация о действующих станциях и их загрузке; I_1 – потребность в газомоторном топливе; I_2 – координаты газовых станций, производительность, предварительная стоимость; I_3 – типовые технические решения, подобранные с учетом производительности, коммуникаций и схемы местности; I_4 – проектная документация, сметная стоимость каждой газовой станции; I_5 – сеть построенных станций заправки транспорта природным газом;

б) I_{34}, I_{45} – обратные связи;

в) $C_1 - C_5$ – управляющая информация: C_1 – потребность в газомоторном топливе, оформленная в виде соглашений с администрацией регионов и крупными потребителями, программ перевода транспорта, графиков синхронизации; C_2 – территориальное планирование, расположение крупных автобаз; C_2 – технические условия на подключение к инженерным сетям; C_4 – нормативы по проектированию опасных производственных объектов; C_5 – нормативы технических регламентов пожарной и промышленной безопасности, требования строительных норм и правил.

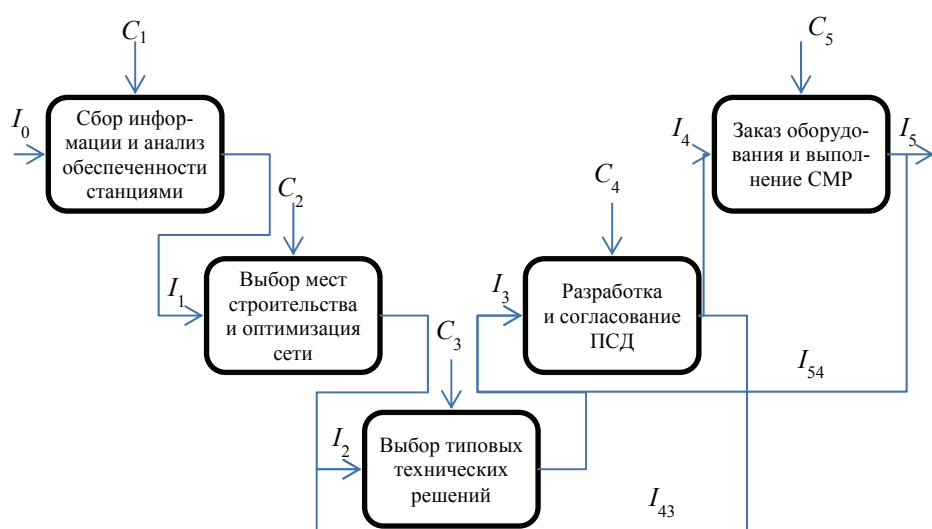


Рис. 1. Функциональная диаграмма основных процессов проектирования и строительства сети газовых заправочных станций

Постановка задачи поиска мест для рационального размещения газовых станций заправки

Общая задача состоит в построении на временном интервале $\Delta t \in [0, T]$ вариантов структур типовых проектных решений $TP = \langle X, K \rangle$ и выборе управляющих воздействий $\langle C, A, X, K, R \rangle$, оптимальных по критерию

$$Z(TP, \langle C, A, X, K, R \rangle, \Delta t) \rightarrow \max \quad (1)$$

при общесистемных $Z \in \bigcup_{k, v=1}^{K, V} G_{kv}$, частных $(Z_{kv}, TP, \Delta t) \in G_{kv}$, топологических

$(Z^{xy}, S^{xy}, \Delta t) \in G_{xy}$, структурных $(S, \Delta t) \in G_s$ и связанных с характеристиками средств управления $(Z^{pq}, TP, X, K, \Delta t) \in G_{pq}$ ограничениях.

В (1) Z – показатель эффективности; $\{Z_{ИУ}\}$, $\{Z_{АГНКС}\}$, $\{Z_{Сеть АГНКС}\}$ – векторные компоненты Z , $Z = (\{Z_{ИУ}\}, \{Z_{АГНКС}\}, \{Z_{Сеть АГНКС}\})$; Z_{kv} , Z_{xy} , Z_{pq} – векторные компоненты K для каждого объекта r ($r = 1, \dots, n_h$) h -го уровня ($h = 1, 2, 3$; 1 – исполнительное устройство (ИУ) технологического оборудования; 2 – АГНКС; 3 – сеть АГНКС); C и A – множества функций и алгоритмов управления; X – множества средств управления вида, элементы множества $\{X_{pq}\}$ вида p ($p = 1, \dots, P$) и уровня q ($q = 1, \dots, Q$); K – отношения между средствами управления, элементы множества $\{K_{pq}\}$; TP – множество видов структур типовых проектных решений, S_{xy} – множество видов территориально распределенных структур; R – множество вариантов структур и управляющих воздействий; G , G_{kv} , G_{xy} , G_{pq} – множества целей, воздействий и ограничений среды, k, v – тип и вид системы среды соответственно, $k = 1, \dots, K$ и $v = 1, \dots, V$; x и y – пространственные координаты, соответственно $x = 1, \dots, x_{\max}$ и $y = 1, \dots, y_{\max}$.

Вариант решения задачи размещения объектов заправки транспорта природным газом

Выбор направления развития региональной сети АГНКС осуществляется по методике, которую можно представить в виде следующего алгоритма.

На *первом* этапе проводится сбор данных о внешней среде и взаимоотношениях с ней региональной сети АГНКС, а также определяется возможность использования ранее известных средств, моделей и алгоритмов.

1.1. Определение целей, постановка задач, выделение региональной сети АГНКС из внешней среды и формирование требований по интеграции, воздействиям внешней среды и ограничениям основного производственного оборудования АГНКС G_{kv} .

1.2. Определение численности и состава действующего основного технологического оборудования, установленного на действующих АГНКС региона. Анализ режима работы станций и маршрутов движения ключевых потребителей (автобусов и грузового транспорта);

1.3. Построение показателя эффективности Z по законам иерархичности, целостности и с учетом возможных вариантов реализации путем суммирования показателей для различных исполнительных устройств, структурных и технологических схем АГНКС и вариантов реализации региональной сети АГНКС

$$Z(X_{pq}, K_{pq}) = \sum_{r=1}^n \frac{D_r(X_{pq}, K_{pq}) - \Pi_r(X_{pq}, K_{pq})}{I_r(X_{pq}, K_{pq})} \rightarrow \max,$$

где D_r , I_r – результаты и издержки функционирования АГНКС соответственно; Π_r – потери при функционировании АГНКС.

1.4. Обеспечение доступа к банку типовых проектных решений или формирование нового банка типовых проектных решений для предметной области.

1.5. Построение пространства параметров R_{kv} , базисные векторы которого определяются основными ограничениями производственного оборудования АГНКС G_{kv}^* , задание области эффективных решений $E_{эф}$.

1.6. Поиск типовых проектных решений, обеспечивающих попадание в $E_{эф}$ за Δt . При нахождении типового проектного решения переход к этапу пять.

На *втором* этапе проводится построение условия принятия решения путем применения моделей и синтеза функций управления технологических элементов и оборудования АГНКС.

2.1. Задание множеств функций управления $\{C_i\}$ ($i = 1, \dots, I$), производственных процессов $\{P_j\}$ ($j = 1, \dots, J$), процессов снабжения и обслуживания $\{H_m\}$ ($m = 1, \dots, M$).

2.2. Построение элементарных задач управления

$$F_{ijm} : C_i \times P_j \times H_m, i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, J, m = 1, \dots, M, \forall i, j, m, \left\| \delta_{ijm}^{cm} \right\|, \left\| \delta_{ijm}^{cm} \right\| = \begin{cases} 0, & \neg \exists F_{ijm} \\ F_{ijm} \end{cases}$$

2.3. Создание модели принятия решения [13] в соответствии со структурой технологических процессов заправки транспорта газовым моторным топливом [14]. Отсечение вариантов и структур, не имеющих физического смысла; возможности технической реализации; экономической целесообразности. Направленным перебором по основным техническим показателям проводится выбор варианта оптимального или наилучшего по критерию Z .

2.4. Определение возможности достижения $E_{эф}$ за Δt . При нахождении решения – переход к этапу пять, при его отсутствии – к этапу три.

На *третьем* этапе формулируются требования к новым технологиям и средствам, обеспечивающим развитие региональной сети АГНКС.

3.1. Задаются технические и технологические требования и ограничения на используемые технические и технологические решения: уровень потребления топливно-энергетических ресурсов; требования по размещению, мобильности, средств и способов доставки и хранения товарной продукции, размерам площадки для размещения, наличию и видам средств пожаротушения, сроку эксплуатации, наработке на отказ; фактическая производительность и т.д.

3.2. Формируется множество элементов и оборудования АГНКС, неудовлетворяющих современным требованиям.

3.3. Определяется возможность замены неудовлетворяющих требованиям развития региональной сети АГНКС элементов и оборудования АГНКС известными, но ранее не использованными, техническими средствами, технологиями и решениями. При наличии апробированного решения, обеспечивающего возможность достижения $E_{эф}$ за Δt , переход к этапу четыре, при отсутствии – к п. 3.4.

3.4. Формируется перечень элементов и оборудования АГНКС, требующих разработки новых технических и технологических решений.

3.5. Разработка новых технологических и технических решений [15].

3.6. Апробация и опытная эксплуатация новых технологических и технических решений.

3.7. Внедрение новых технических и технологических решений.

3.8. Определение возможности достижения $E_{эф}$ за Δt . При нахождении решения – переход к этапу пять, при отсутствии – к этапу четыре.

На *четвертом* этапе проводится построение структур и управления, оптимальных или наилучших по критерию Z .

Под критерием управления в данной работе понимается условие (мерило), в соответствии с которым объект определяется (классифицируется) как оптимальных или наилучших по критерию Z .

Будем в дальнейшем называть Z стратегией развития такой, что $z^* \in Z$, где z^* – шаг развития сети (пункт (строка) перспективного плана развития и реконструкции сети).

В общем случае критерий управления связан с некоторой совокупностью признаков (показателей), характеризующих уровень развития региональной сети АГНКС. Количественные показатели дают основу для определения количественных критериев управления.

В формализованном виде можно записать следующим образом: пусть R_i^j – показатель i -го свойства j -й АГНКС сети, где $[i = 1(1)n; j = 1(1)m]$, тогда вектор показателей уровня развития j -й АГНКС сети определяется как $R^j_{<n>} = \langle R_1^j, R_2^j, \dots, R_n^j \rangle$, а $\{R_i^d\}$ – область допустимых значений показателя; по критерию управления j -й объект оптимальный или наилучший по критерию Z , если

$$\bigcap_{i=1}^n (R_i^j \in \{R_i^d\}) = Z, [j = 1(1)m],$$

где \cap – символ булева пересечения событий; Z – достоверное событие (истинное высказывание).

4.1. Построение области допустимых значений показателя $\{R_i^d\}$.

4.2. Определение текущего уровня развития объектов региональной сети АГНКС $R^j_{<n>}$.

4.3. Формирование множества объектов региональной сети АГНКС, находящихся в стадиях деградации, реконструкции, ликвидации и строительства $\{R_i^{*k}\}$.

4.4. Формирование требований к ресурсному обеспечению региональной сети АГНКС: персоналу, топливно-энергетическим ресурсам, инженерным коммуникациям и сооружениям, зданиям и сооружениям, источникам товарной

продукции для действующих, реконструируемых и вновь возводимых АГНКС, записанный в виде $W_{<n>}^{*k} = \langle W_1^{*k}, W_2^{*k}, \dots, W_n^{*k} \rangle$, где W_i^{*k} – показатель i -го свойства требований к ресурсному обеспечению k -й АГНКС перспективной сети R^* и $[i = 1(1)n; k = 1(1)K]$.

4.5. Выбор видов организационных и технических средств управления производственных процессов $S_{<n>}^{*k} = \langle S_1^{*k}, S_2^{*k}, \dots, S_n^{*k} \rangle$, где S_i^{*k} – показатель i -го свойства требований к средствам управления производственными процессами k -й АГНКС перспективной сети R^* и $[i = 1(1)n; k = 1(1)K]$.

4.6. Формирование требований к информационному и программному обеспечению, а также средствам автоматизации процессов производственной деятельности и фискальной отчетности $I_{<n>}^{*k} = \langle I_1^{*k}, I_2^{*k}, \dots, I_n^{*k} \rangle$, где I_i^{*k} – показатель i -го свойства требований к информационному и программному обеспечению k -й АГНКС перспективной сети R^* и $[i = 1(1)n; k = 1(1)K]$.

4.7. Построение системы управления региональной сетью АГНКС

$$\bigcap_{i=1}^n \left[\left(\langle R_i^{*k}, W_i^{*k}, S_i^{*k}, I_i^{*k} \rangle \in \{R_i^d\} \right) \right] \approx Z, \quad [k = 1(1)K].$$

На *пятом* этапе путем направленного перебора по основным показателям находится вариант наилучшего приближения к целевой области, формируется перспективный план реконструкции и строительства АГНКС, проверка на опытном объекте и внесение изменений в банк типовых проектных решений.

Для обеспечения управления процессом исполнения плана реконструкции и строительства используется процесс мониторинга хода исполнения мероприятий, вошедших в план. Процесс мониторинга является средством реализации обратной связи с лицами принимающими решения и позволяет оперативно корректировать процесс реконструкции и строительства региональной сети АГНКС, в случае возникновения необходимости корректировки плана осуществляется переход к новой итерации (п. 1.1).

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований составлена функциональная диаграмма процесса проектирования и строительства сети газовых заправочных станций и поставлена задача поиска мест для рационального размещения газовых станций заправки по критериям технологической, структурной, стоимостной и топологической оптимальности. Предложен вариант решения поставленной задачи с использованием метода направленного перебора. Исходные данные для задачи – территория, на которой необходимо обеспечить заправку газовых автомобилей с привязанным графом улично-дорожной сети, указанием мест размещения существующих объектов заправки и их мощности, схемой инфраструктуры инженерных коммуникаций, необходимых для работы станции. Искомые параметры: координаты наиболее удачного места размещения новых станции, их количество и производительность.

Представленное описание предназначено для разработки ПС АПППР при планировании развития сети газовых заправочных станций, проектировании, строительстве и реконструкции объектов инфраструктуры газовой заправки транспорта. Дальнейшее развитие работы заключается в разработке алгоритмов, способов представления информации в информационной системе, проектировании системы хранения информации и разработке программного обеспечения.

Список литературы

1. О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха : Федер. закон от 26 июля 2019 г. № 195-ФЗ // Российская газета. – № 166 (7924). – 2019. – 31 июля.
2. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов. – Текст : электронный // Министерство экономического развития Российской Федерации. – URL : https://www.economy.gov.ru/material/file/956cde638e96c25da7d978fe3424ad87/Progn_oz.pdf (дата обращения: 18.11.2020).
3. О внесении изменений в часть вторую Налогового кодекса Российской Федерации в части введения обратного акциза на этан, сжиженные углеводородные газы и инвестиционного коэффициента, применяемого при определении размера обратного акциза на нефтяное сырье : Федер. закон от 15 октября 2020 г. № 321-ФЗ // Российская газета. – № 235 (8289). – 2020. – 19 октября.
4. Васильев, Ю. Н. Газозаправка транспорта / Ю. Н. Васильев, А. И. Гриценко, К. Ю. Чириков. – М. : Недра, 1995. – 446 с.
5. Сравнение экономических показателей при использовании жидкого моторного и газомоторного топлив / С. В. Люгай, А. А. Евстифеев, В. В. Тимофеев [и др.] // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5 (35). – С. 14 – 19.
6. Об утверждении Правил предоставления в 2019 году иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации, источником финансового обеспечения которых являются бюджетные ассигнования резервного фонда Правительства Российской Федерации, в целях реализации мероприятий по развитию рынка газомоторного топлива : постановление Правительства РФ от 18 октября 2019 г. № 1344. – Текст : электронный // Гарант. – URL : <https://base.garant.ru/72894122/> (дата обращения: 26.04.2021).
7. Евстифеев, А. А. Методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС / А. А. Евстифеев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 3 (39). – С. 53 – 60.
8. Борис, А. Ю. Снабжения предприятий муниципального автотранспорта газомоторным топливом на основе природного газа / А. Ю. Борис, Е. А. Грабильников, И. В. Гречишкина // Инновационное развитие. – 2018. – № 6 (23). – С. 34 – 39.
9. Евстифеев, А. А. Основы логико-вероятностного анализа безопасности транспортных средств на газовом топливе / А. А. Евстифеев, С. В. Люгай. – М. : Газпром ВНИИГАЗ, 2017. – 206 с.
10. Пучков, В. А. Административно-правовые режимы управления природным и техногенным рисками / В. А. Пучков, Ю. С. Авдоткина, В. П. Авдоткин. – М. : ВНИИ ГОЧС МЧС России, 2011. – 328 с.
11. Баулина, О. А. Управление проектами : учеб.-метод. пособие / О. А. Баулина, В. В. Ключин. – Волгоград : Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2016. – 352 с.
12. Стратегическое планирование и аудит социально-экономического развития региона / А. Г. Атаева, А. Ф. Батыргареев, А. В. Гагин [и др.]. – М. : Экономика, 2012. – 310 с.
13. Решение проблемы оптимального синтеза технологических процессов сложных систем / Е. Н. Малыгин, В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова, Ю. В. Немтинова // Вестн. Тамб. ун-та. Серия: Естеств. и техн. науки. – 2002. – Т. 7, № 2. – С. 242 – 245.
14. Рыбина, Г. В. Применение интеллектуального анализа данных для построения баз знаний интегрированных экспертных систем / Г. В. Рыбина // Авиакосмическое приборостроение. – 2012. – № 11. – С. 36 – 53.
15. Безродный, А. А. Системный анализ и построение структур эффективного управления сетями АЗС / А. А. Безродный, Р. Р. Юнушев, А. М. Короленок // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2020. – Т. 10, № 1. – С. 96 – 105. doi: 10.28999/2541-9595-2020-10-1-96-105

The System Analysis of Decision Support in the Development of a Network of Gas Filling Stations

A. A. Evstifeev

*Department of Computer Systems and Technologies, aaevsstifeev@mephi.ru;
National Research Nuclear University "MEPhI", Moscow, Russia*

Keywords: automobile gas filling compressor station; construction site; making decisions; system analysis; functional diagram.

Abstract: The article describes the elements of the project for the development of software tools for automating decision support processes when planning measures for the development of a regional network of automobile gas filling compressor stations: diagrams of the design and construction of gas filling stations; the problem of finding places for the rational placement of gas filling stations according to the criteria of process (industrial equipment parameters), structure, cost and topology optimality. The functional diagram contains a description of all information flows and control flows. A variant of the solution of the problem of placing objects of transportation with natural gas, using an algorithm of directed enumeration of variants of solutions, is proposed.

References

1. *Rossiyskaya gazeta*, no. 166 (7924), 2019, 31 July. (In Russ.)
2. <https://www.economy.gov.ru/material/file/956cde638e96c25da7d978fe3424ad87/Prognoz.pdf> (accessed 18 November 2020).
3. *Rossiyskaya gazeta*, no. 235 (8289), 2020, 19 October. (In Russ.)
4. Vasil'yev Yu.N., Gritsenko A.I., Chirikov K.Yu. *Gazozapravka transporta* [Gas refueling of transport], Moscow: Nedra, 1995, 446 p. (In Russ.)
5. Lyugay S.V., Yevstifeev A.A., Timofeyev V.V., Balashov M.L., Drygina Yu.N. [Comparison of economic indicators when using liquid motor and gas motor fuels], *Transport na al'ternativnom toplive* [Transport on alternative fuel], 2013, no. 5 (35), pp. 14-19. (In Russ., abstract in Eng.)
6. <https://base.garant.ru/72894122/> (accessed 26 April 2021).
7. Yevstifeev A.A. [Methodology of rational construction and continuous improvement of the regional network of CNG filling stations], *Transport na al'ternativnom toplive* [Transport on alternative fuel], 2014, no. 3 (39), pp. 53-60. (In Russ., abstract in Eng.)
8. Boris A.Yu., Grabil'nikov Ye.A., Grechishkina I.V. [Supply of the enterprises of municipal vehicles with gas engine fuel based on natural gas], *Innovatsionnoye razvitiye* [Innovative development], 2018, no. 6 (23), pp. 34-39. (In Russ., abstract in Eng.)
9. Yevstifeev A.A., Lyugay S.V. *Osnovy logiko-veroyatnostnogo analiza bezopasnosti transportnykh sredstv na gazovom toplive* [Osnovy logiko-probabilistic analysis of the safety of vehicles on gas fuel], Moscow: Gazprom VNIIGAZ, 2017, 206 p. (In Russ.)
10. Puchkov V.A., Avdot'ina Yu.S., Avdot'in V.P. *Administrativno-pravovyye rezhimy upravleniya prirodnykh i tekhnogennym riskami* [Administrative and legal regimes of management of natural and technogenic risks], Moscow: VNII GOCHS MCHS Rossii, 2011, 328 p. (In Russ.)
11. Baulina O.A., Klyushin V.V. *Upravleniye proyektami: uchebno-metodicheskoye posobiye* [Project management: teaching aid], Volgograd: Volgogradskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitel'nyy universitet, 2016, 352 p. (In Russ.)

12. Atayeva A.G., Batyrgareyev A.F., Gagin A.V. [et al.] *Strategicheskoye planirovaniye i audit sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona* [Strategic planning and audit of socio-economic development of the region], Moscow: Ekonomika, 2012, 310 p. (In Russ.)

13. Malygin Ye.N., Nemtinov V.A., Zimmukhova Zh.Ye., Nemtinova Yu.V. [Solution of the problem of optimal synthesis of technological processes of complex systems], *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskkiye nauki* [Tambov University Bulletin. Series: Natural and technical sciences], 2002, vol. 7, no. 2, pp. 242-245. (In Russ., abstract in Eng.)

14. Rybina G.V. [Application of data mining for the construction of knowledge bases of integrated expert systems], *Avia-kosmicheskoye priborostroyeniye* [Avia-space instrument-making], 2012, no. 11, pp. 36-53. (In Russ., abstract in Eng.)

15. Bezrodnyy A.A., Yunushev R.R., Korolenok A.M. [System analysis and construction of structures for effective management of gas station networks], *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefi i nefteproduktov* [Science and technology of pipeline transport of oil and oil products], 2020, vol. 10, no. 1, pp. 96-105, doi: 10.28999/2541-9595-2020-10-1-96-105 (In Russ., abstract in Eng.)

Systemanalyse der Entscheidungsunterstützung beim Aufbau eines Gastankstellennetzes

Zusammenfassung: Der Artikel beschreibt die Elemente des Projekts zur Entwicklung von Softwarewerkzeugen zur Automatisierung von Entscheidungsunterstützungsprozessen bei der Planung von Maßnahmen zum Aufbau eines regionalen Netzes von Automobil-Gas-Füller-Kompressor-Stationen: Schemata zum Entwurf und Bau von Gastankstellen; das Problem, Orte für die rationelle Platzierung von Gastankstellen nach den Kriterien technologischer (Parameter der Produktionsausrüstung), struktureller, topologischer, und Kostenoptimalität zu finden. Das Funktionsdiagramm enthält die Beschreibung aller Informationsflüsse und Steuerflüsse. Es ist eine Variante der Lösung des Problems der Platzierung von Transportmitteln mit Erdgas unter Verwendung des Algorithmus der gerichteten Aufzählung von Lösungsvarianten vorgeschlagen.

Analyse systémique de l'aide à la decision avec le développement du réseau des stations-service à gaz

Résumé: Sont décrits les éléments d'un projet de l'élaboration des outils du logiciel de l'automatisation des processus de maintient de la prise des décisions lors de la planification d'activités du développement d'un réseau régional routier de remplissage par gaz des stations de compression: diagrammes des processus de la conception et de la construction des stations-service à gaz; tâches de recherche des places pour le lieu d'implantation des stations à gaz par critères d'optimalité technologique (paramètres de l'équipement de production), structurelle, de valeur et topologique. Le diagramme fonctionnel décrit tous les flux d'informations et les flux de contrôle. Est proposé une variante de résoudre le problème d'emplacement des stations à gaz naturel utilisant un algorithme de la sélection directionnelle des options de solution.

Автор: *Евстифеев Андрей Александрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Компьютерные системы и технологии», Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия.

Рецензент: *Кулик Сергей Дмитриевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Компьютерные системы и технологии», Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Россия.