

УДК 621.43: 622.753.1

Д.В. Цыганков, А.М. Мирошников, Э.Г. Винограй

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СНИЖЕНИЮ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОКСИГЕНАТНЫХ БЕНЗИНОВ

Основным направлением для улучшения эксплуатационных и экологических свойств автомобильных бензинов в настоящее время является использование многофункциональных присадок и добавок [3,4]. После законодательного запрещения использования тетроэтилсвинца в ведущих странах мира, а также в России на первое место вышли оксигенаты – кислородосодержащие вещества, включающие спирты, эфиры, альдегиды и другие соединения. В США и ЕС принятые законы об обязательном содержании в бензине оксигенатов в количестве не менее 2% массовых долей в пересчете на кислород. Российский ГОСТ Р 51866 – 2002 «Бензин неэтилированный» соответствует европейской нормали ЕН 228 – 99 и предусматривает добавку оксигенатов в количестве до 2,7%. Использование бензинов с оксигенатами даёт снижение токсичности отработавших газов по СО, СН от 10 до 50%.

На предприятиях Кузбасского региона производятся в виде полезных продуктов и отходов ряд химических соединений, которые могут быть использованы в составе топливных присадок [8]. Это оксигенаты: спирты индивидуальные или в виде технических фракций, эфиры, амины, ароматики, а также соединения со смешанными функциями. В настоящей работе для всестороннего исследования возможностей создания экологичного моторного топлива на основе регионального сырья использован методологический алгоритм системного подхода, разработанный Э.Г. Винограем [1,2]. Концепция системного подхода, развивающаяся им в указанных работах,

исходит из понимания системы как организованного целого, обеспечивающего разрешение актуальных противоречий (проблем) в заданных условиях среды. Разрешение актуальных проблем рассматривается как главная характеристика системы, определяющая способ и последовательность исследования или проектирования всех других системных характеристик сложного объекта: функций (дисфункций), т.е. свойств, способствующих или препятствующих разрешению проблемы в данных условиях среды, динамики (способов действия системы), структуры организационного механизма взаимосвязывающего и фокусирующего все характеристики системы на разрешении актуальной проблемы.

Методологический аппарат системного подхода позволяет изучить сложные, трудноструктурируемые объекты не поддающиеся исследованию известными математическими методами. Системный подход, основу которого составляют качественные методы, является для сложных объектов качественным аналогом математики. Он ориентирован на достижение строгости, точности, алгоритмизированности, т.е. является по сути конструктивной качественной математикой, актуальной в среде сложных (сверхсложных) объектов и проблем, где обычная количественная математика неадекватна или вообще неприменима. К особенностям системного подхода относится междисциплинарность рассматриваемых проблем, соединение рационально-аналитических технологий с опытом и интуицией экспертов, многоальтернативность подходов к решению проблемы с ори-

ентацией на взаимодополняющее комплексирование альтернатив, учет факторов неопределенности и риска при решении проблем, ориентация на выбор оптимальных решений.

Была избрана проблема, требующая незамедлительного решения, и система, способствующая её решению. Актуальной проблемой в нашем случае является проблема загрязнения окружающей среды нашего региона наиболее значительной группой автомобилей – автомобилями с бензиновыми двигателями. В качестве системы, способствующей решению проблемы, был выбран улучшенный оксигенатными добавками автомобильный бензин.

Алгоритм исследования указанной проблемы состоит из 8-ми последовательных этапов.

### **1. Фиксация противоречий, актуальных для познания, проектирования и управления.**

Данный этап – ключевой в развертывании системного исследования, так как актуальное противоречие (проблема) выступает в качестве системоформирующего и системодвижущего фактора.

Избранная нами актуальная проблема имеет сложную структуру, образуемую множеством взаимодействующих сторон:

- а) загрязнения окружающей среды отработавшими газами автомобилей;
- б) загрязнения окружающей среды связанные с различного рода утечками бензина;
- в) актуальность утилизации вредных отходов предприятий региона;
- г) гибель и травматизм людей при эксплуатации автотранспорта.

Таким образом, актуальная проблема суммируется в создании композиции улучшенного бензина с включением отходов и продуктов химических предприятий, который позволяет снизить вредные выбросы при улучшении или сохранении эксплуатационных характеристик автомобиля.

## 2. Для разрешения актуальной проблемы обозначим цель и критерии оценки её достижения.

Цель – снизить вредное воздействие автомобилей с бензиновыми двигателями на окружающую среду в городе.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- а) изучить возможные причины возникновения загрязнений;
- б) определить пути снижения загрязнений.

Возможные пути снижения загрязнений:

- совершенствование существующих конструкций автомобилей и двигателей;
- использование чистых высокооктановых бензинов, получаемых различными деструктивными методами, как правило, на нефтеперерабатывающих заводах;
- использование бензинов улучшенных при помощи различных присадок и добавок.

Из вышеперечисленных путей снижения загрязнений доступно и эффективно использование бензинов улучшенных при помощи различных присадок и добавок. В этом случае необходимо решить следующие задачи: выбор марки бензина для улучшения и разработки вида добавки для его улучшения; разработка наиболее рациональных оксигенатных соединений обладающих максимальным эффектом и технологию получения улучшенного бензина; разработать и утвердить техническую документацию; организовать выпуск опытной партии улучшенного бензина; подтвердить эффективность полученных компози-

ций на стендовых и натуральных испытаниях.

Общим критерием оценки достижения цели служит степень улучшения рабочего процесса двигателя, которая выражается с одной стороны улучшением физико-химических свойств бензина (теплотворной способности, фракционного состава, октановых чисел, сохраняемости и д.р.), а с другой снижением токсичности отработавших газов и улучшением тягово-скоростных свойств автомобиля. Последнее качество в эксплуатации проявляется улучшением динамичности, т.е. способностью автомобиля к быстрому увеличению скорости. Это важное свойство относится к элементам активной безопасности, т.к. позволяет снизить частоту столкновений автомобилей и как следствие ДТП. В результате сокращается гибель и травматизм людей и животных, что в целом снижает вредное влияние на окружающую среду [3]. На данном этапе важно чтобы улучшение одних свойств не приводило к ухудшению других.

## 3. Исследование актуальной среды проектируемой системы.

Актуальной средой для улучшенного бензина, представляющего собой сочетание товарного углеводорода (бензи-

на) и оксигенатной добавки, является совокупность внешних и внутренних факторов, оказывающих системоформирующее действие. На рис. 1 приведены наиболее значимые факторы актуальной среды:

- Региональный потребитель. В лице городской администрации проводит определенную региональную политику, имеет спрос и предпочтения, считает Кузбасс зоной экологического бедствия и поддерживает заинтересованность субъектов по снижению нагрузки на окружающую среду;
- Потребитель в лице автовладельцев. Имеет собственные предпочтения и хочет иметь качественный бензин по приемлемой цене. Он определяет спрос на продукцию. Он и члены его семьи живут в условиях загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом;
- Производитель (он может быть и разработчиком). Определяет выбор сырья и технологии производства, характер выпускаемой продукции и, как следствие, ее качество и себестоимость. В качестве производителя могут выступать как крупные химические предприятия, так и вновь образуемые малые предприятия, которые используют сырье крупных производителей;



Рис. 1. Актуальная среда для улучшенного бензина

- Рынок. Определяет место разработанного улучшенного бензина с оксигенатными добавками среди аналогичных разработок, цену на разработку и способы продвижения нового топлива, а также методы по стимулированию продаж. Улучшенный бензин также оказывает обратное влияние на рынок, так как способствует расширению потребительских предпочтений;

- Государство. С одной стороны, определяет политику в области промышленно – транспортной экологии, оказывает директивную роль (Закон о запрете использования этилированного бензина, нормирование бензинов с оксигенатными добавками ГОСТ Р 51866 – 2002 «Бензин неэтилированный»), а с другой выполняет контролирующую функцию как в отношении качества бензина, так и в плане контроля токсичности отработавших газов автомобилей.

Представленные на рис. 1 факторы актуальной среды одинаковы для всех стадий жизненного цикла улучшенного бензина, различается лишь степень их влияния на различных стадиях.

#### 4. Определение функций и дисфункций системы.

Функции системы – это её свойства, обеспечивающие достижение цели в заданных условиях среды. Функциональные свойства для выбранной нами системы: увеличение октановых чисел и коэффициента распределения детонационной стойкости (КРДС); рационально подобранные оксигенаты в композициях, что обеспечивает снижение токсичности отработавших газов; конкурентоспособность бензиновых композиций.

Соответственно дисфункции (факторы, препятствующие достижению цели) – невыполнение этих условий. Например, снижение физико-химических свойств, таких как октановые числа и КРДС переведут бензиновые композиции в разряд не-

востребованных даже при снижении токсичности отработавших газов. С другой стороны, при возможно высоких октановых числах и КРДС увеличение токсичности отработавших газов и снижение тягово-скоростных качеств автомобилей приведет к отсутствию полезного эффекта. Невостребованность бензиновых композиций на рынке сведет на нет все усилия его разработчиков и производителей. К дисфункции также относится неправильное хранение бензина на неподготовленных АЗС, где нет удаления механической влаги из ёмкостей. В этом случае возможен переход водорасторимых оксигенатов (например С1) в воду и при её сливе в окружающую среду.

#### 5. Проектирование или исследование конструкции или организационной структуры (элементы состава и соотношения между ними), которая способна обеспечить необходимые действия.

Главные звенья системы – оксигенатная добавка и сам товарный бензин. Улучшенный бензин можно представить в виде формулы

$$\text{УБ} = \text{ТБ} + \text{ОД},$$

где УБ – улучшенный бензин; ТБ – товарный бензин; ОД – оксигенатная добавка.

В системе характеристики должны быть сфокусированы на достижении функциональных

результатов, обеспечивающих разрешения актуального противоречия. В нашем случае – это состав улучшенного бензина, нацеленный на снижение загрязнений окружающей среды.

Разработаны две оксигенатные добавки на основе продукции и отходов химических предприятий г. Кемерова. Основой первой добавки является метanol (С1), второй – этанол (С2). Как известно из литературных источников [4, 5] и на основании проведённых испытаний [7] выявлено значительное снижение токсичности отработавших газов, особенно по СО при использовании данных спиртов. Количество С1 и С2 в бензиновых композициях подбиралось исходя из минимума содержания СО. При использовании только этих спиртов в составах композиций возможно расслоение их с бензинами, особенно при наличии воды. Для стабилизации композиций использовались высокомолекулярный спирт С5, содержание которого также подбиралось по минимуму СО. Для усиления полезного эффекта в обе композиции добавляется эфир С3 в небольших концентрациях, он выступает как активизатор горения и способствует более полному сгоранию углеводородов. По каждой композиции при стендовых испытаниях выявлено прирост октановых чисел и улучшение тягово-скоростных



Rис. 2. Способ действия системы

свойств [6]. Спирты имеют достаточно низкую температуру кипения и высокие октановые числа, в силу чего в композициях повышается коэффициент распределения детонационной стойкости (КРДС). Легкие фракции товарного бензина имеют детонационную стойкость ниже, чем тяжелые, причем, чем выше октановое число бензина, тем больше эта разница. В момент резкого ускорения в цилиндры попадают в первый момент именно легкие фракции с низкими октановыми числами, в результате двигатель в эти моменты работает с детонацией. Благодаря высокому КРДС в композициях наилучший результат может быть получен в высокооктановых бензинах.

Полученные композиции и их процентное содержание по объему в товарном бензине следующие C3:C1:C5=1:3:4 и C3:C2:C5=1:5:4

#### **6. Выявление способов действия системы, обеспечивающих способность к разрешению актуальной проблемы.**

Способ действия улучшенного бензина представлен на рис. 2.

#### **7. Проектирование и исследование организационного механизма, придающего функциональную ориентированность конструкции и динамике системы.**

Организационный механизм для выбранной нами системы представлен на рис. 3. Его элементы:

- государство, определяющее политику в области промышленно-транспортной экологии и формирующее стимулы улучшения бензинов оксигенатными добавками через законодательную и нормативную базу;

- городская администрация, определяющая региональную политику в отношении экологического состояния региона;

- контролирующие организации, осуществляющие контроль качества бензина и токсичности отработавших газов

автомобилей;

- производители бензина, разрабатывающие улучшенный бензин с учетом потребительских предпочтений и обеспечивающие их промышленный выпуск;

- рынок и его механизмы продвижения улучшенных бензинов до потребителей;

- средства массовой информации, способствующие доведению разъясняющей и рекомендательной информации до потребителя;

- система образования, обеспечивающая решение вопросов просвещения населения в области промышленно-транспортной экологии.

#### **8. Интегрированное отображение комплекса систем среда и его анализ с метасистемными позиций (сопоставительный анализ с родственными, альтернативными, в особенности конкурирующими системами).**

Интегрированное отображение в условиях влияния факторов актуальной среды на изучаемую нами систему представ-

лено на рис.1.

Альтернативными системами для улучшенного оксигенатными добавками бензина являются следующие.

- Получение высокооктанового бензина различными деструктивными способами без использования присадок и добавок (крекинг процессы, реформинг, платформинг и др.). Для бензинов с октановым числом выше АИ-80 этот способ становится более дорогостоящим по сравнению с присадками и добавками.

- Использование алкилсвинцовых антидетонаторов. Используются присадки на основе тетраэтилсвинца (ТЭС) и тетраметилсвинца (ТМС). На сегодняшний день эти присадки дают максимальную эффективность при минимальной цене, однако соединения свинца, попадая с отработавшими газами в атмосферу, наносят невосполнимый ущерб окружающей среде. Кроме того, они разрушают каталитические нейтрализаторы выхлопных газов. Поэтому применение этилированных



*Рис. 3. Организационный механизм функционирования и динамики системы*

бензинов в России с 2000 г. было запрещено.

- Использование антидетонаторов на основе аминов. Антидетонационный эффект аминосоединений проявляется при больших в сравнении с ТЭС концентрациями их в бензинах. Существенный недостаток - ограниченная растворимость в бензине, способность к образованию осадков и окрашенных соединений. Ресурсы аминов в регионе меньше, чем оксигенатов.

- Использование марганцевых антидетонаторов. Имеют токсичность примерно в 300 раз ниже, чем ТЭС. Хорошо растворимы в бензине и практически нерастворимы в воде. При низких температурах из бензиновых растворов не выпадают. Эффективность примерно одинакова с ТЭС, увеличивается полнота сгорания бензинов и снижается токсичность отработавших газов. Общий износ и коррозия деталей не изменяются. Нагар в двигателе, хотя и незначительный, вызывает перебой в работе свечей зажигания за счет утечки тока по поверхности изолятора свечи и образования токопроводящих нитей между электродами свечи.

- Использование антиде-

тонаторов на основе соединений железа. Высокими антидетонационными свойствами обладает пентакарбонилжелезо (ПКЖ). Эффективность на 15 – 20% ниже, чем ТЭС. При сгорании ПКЖ образуется окись железа, отлагающаяся в камере горения в виде легкоподвижного осадка с высокими абразивными свойствами.

- Использование присадок на основе марганца и железа экономически выгоднее, чем применение добавок на основе аминов [5].

Выбранная нами система – улучшенный автомобильный бензин – могла бы внести существенный вклад в решение проблемы снижения загрязнения окружающей среды города по СО и СН, что подтверждается при контроле токсичности отработавших газов по ГОСТ 17.2.2.03 – 87 «Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями».

Кроме того, использование улучшенного бензина с оксигенатными добавками имеет ряд преимуществ по сравнению с другими альтернативными системами: оксигенатные добавки экономически более эффектив-

ны по сравнению с другими способами улучшения качества бензина, так как себестоимость готового продукта практически не изменяется; расходуется до 10% меньше нефтяного топлива, вместо него используют оксигенаты в том числе и возобновляемые как например этанол или сивушное масло; прекращается сжигание побочных продуктов и отходов химических предприятий, которые могут быть использованы в качестве сырья для производства композиций и, как следствие, некоторое снижение экологической напряженности региона; создание дополнительных рабочих мест на предприятиях химической промышленности города, а также в рамках малого бизнеса.

Практическим результатом системного подхода является создание композиции экологически более безопасного бензина, а также организационной структурой его производства и реализации с привлечением крупных и мелких предприятий, что позволило получить и успешно реализовать несколько опытно-промышленных партий оксигенатного бензина.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винограй Э.Г. Общая теория организации и системно-организационный подход. – Томск: Изд. ТГУ, 1989. – 236 с.
2. Винограй Э.Г. Основы общей теории систем. – Кемерово: КемТИПП, 1993.- 339с.
3. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов / Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2001. – 273с.
4. Сафонов А.С., Ушаков А.И., Чечкенёв И.В. Автомобильные топлива. – СПб. 2002. – 264 с.
5. Масленников Р.Р. Эксплуатационные материалы. – Кемерово, 2002. – 215с.
6. Цыганков Д.В., Мирошников А.М., Масленников Р.Р., Кудреватых А.В. Использование регулировочных характеристик для количественной оценки детонационной стойкости бензинов. Вестн. КузГТУ, 2002, №2, с. 74-76.
7. Цыганков Д.В., Мирошников А.М., Тишков Н.С., Питенёв Е.В. Оксигенатные присадки к топливу на основе регионального сырья. Вестн. КузГТУ, 2004, №3, с. 93-94.
8. Мирошников А.М., Цыганков Д.В., Салищев А.В. Разработка, испытание и внедрение компонентов нефтяного топлива с улучшенными эксплуатационными и экологическими характеристиками. Кузбасская торгово-промышленная палата. Инновации и изобретения года. Материалы регионального конкурса. – Кемерово 2004, с. 35.

□ Авторы статьи:

Цыганков

Дмитрий Владимирович

– ассистент каф. «Эксплуатация автомобилей»

Мирошников

Александр Михайлович

- докт. техн. наук, профессор, зав. каф. «Органическая химия» КемТИПП

Винограй

Эмиль Григорьевич

- докт. филос. наук, профессор, зав. каф. «Философия и политология» КемТИПП