

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Дрейзина Валерия Элезаровича на диссертационную работу «Средство диэлькометрического контроля бензина», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук **Поляковым Сергеем Александровичем** по специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Актуальность темы диссертационной работы.

Диэлькометрический способ измерения и контроля свойств различных веществ, относящихся к диэлектрикам, получил широкое распространение в технологическом контроле различных производств. Наиболее часто его используют для контроля влажности различных материалов, а также различных свойств диэлектриков, косвенно связанных с их диэлектрической проницаемостью и активными потерями в переменном электрическом поле. В диссертации С. А. Полякова этот метод использован при создании прибора для экспрессного контроля свойств моторных топлив. Масштабы производства и потребления автомобильных топлив громадны, а от их качества зависит не только эффективность и долговечность работы двигателя, но и экологичность его эксплуатации, поскольку автомобильный транспорт является одним из главных источников загрязнения воздушного пространства крупных городов.

Основным параметром, характеризующим качество автомобильных бензинов, является октановое число. Оно косвенно связано с величиной диэлектрической проницаемости бензина. Поэтому для экспрессного контроля октанового числа бензина широко применяются приборы – октанометры, основанные на диэлькометрическом методе. Они достаточно хорошо работают, если в бензине не содержатся электропроводящие примеси и вода. Добавки воды даже в очень небольших количествах резко искажают показания этих приборов, и результаты измерений становятся недостовер-

ными. Существенно влияют на показания этих приборов и вариации температуры контролируемого топлива. Заслугой диссертанта является разработка многопараметрового метода контроля, который позволил создать прибор с автоматической коррекцией показаний при вариациях температуры контролируемого топлива и при содержании в нём воды, которая может появиться в бензине как в результате естественных процессов, так и в результате преднамеренной фальсификации топлива.

Поэтому актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

Научная новизна теоретических положений диссертации состоит в следующем:

– разработан трёхпараметровый способ экспрессного контроля октанового числа автомобильных бензинов, базирующийся на диэлектрическом методе и отличающийся автоматической компенсацией влияния электрической проводимости контролируемой среды и вариаций ее температуры;

– на основе предложенного способа создан прибор, использующий резонансный автогенераторный метод измерения с использованием одноконтурной схемы, отличающейся наличием двух выходных сигналов, один из которых – частотный – определяется диэлектрической проницаемостью контролируемой среды, а второй – амплитудный – её электрической проводимостью; при этом её температура контролируется отдельным миниатюрным термодатчиком, встроенным в ёмкостный первичный преобразователь, что и позволило осуществить автоматическую коррекцию результатов измерений по удельной электрической проводимости и температуре и, тем самым, существенно повысить точность определения октанового числа;

– помимо этого проведен теоретический анализ и математическое моделирование перспективного двухконтурного метода с фазовым определением резонансной частоты, потенциально позволяющий более точно отстраиваться от влияния вариаций электропроводности контролируемой сре-

ды в широком диапазоне.

Практическая ценность работы несомненна и заключается в том, что разработанный метод реализован в опытном образце прибора, разработана методика его использования при контроле октанового числа бензина. Его оригинальность подтверждена полученным патентом на изобретение. Прибор зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений и проведены его испытания в лаборатории контроля нефтепродуктов «ЗАО Приокский терминал» (г. Орел), подтвержденное протоколом испытаний.

Достоверность основных положений и выводов диссертационной работы определяется корректным использованием методов математического и схемотехнического моделирования, методов аппроксимации нелинейных характеристик и определения погрешностей измерений и подтверждается результатами экспериментальных испытаний разработанного прибора.

Общий анализ содержания диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы (140 наименований) и четырёх приложений; включает 121 страницу основного текста, 29 рисунков и 6 таблиц.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, практическая ценность и положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ основных свойств автомобильных бензинов, рассмотрены основные технические требования к ним, приведена классификация марок автомобильных бензинов, проведен достаточно полный анализ существующих методов контроля параметров бензина и определены основные контролируемые параметры при экспрессных методах их контроля. На основе проведенного обзора сделан вывод о преимущественном использовании дизелькометрического метода контроля октанового числа бензина, использующего зависимость октанового числа от электрических свойств бензина. Рассмотрены особенности реализации ди-

элькометрического метода на основе автогенераторных схем и общая классификация функциональных моделей контроля бензина диэлькометрическим способом (которые ошибочно названы математическими моделями). Завершается глава формулированием и обсуждением задачи построения математической модели контроля октанового числа бензина путём измерения его диэлектрической проницаемости и удельной электропроводности с использованием диэлькометрического метода. К сожалению, при обзоре методов контроля параметров автомобильных бензинов не проведён анализ конкретных существующих приборов для контроля октанового числа бензина и отсутствуют развёрнутая формулировка и обоснования задач, решаемых в диссертационной работе.

Во второй главе рассмотрен процесс преобразования измерительной информации при контроле октанового числа бензина путём измерения его диэлектрической проницаемости и электрической проводимости диэлькометрическим двухпараметровым резонансным методом с корректировкой по его температуре, измеренной с помощью дополнительного температурного датчика, помещаемого в полость ёмкостного измерительного преобразователя. Приведена графическая модель процесса контроля, практически представляющая собой структурную схему трёхпараметрового прибора с вычислением октанового числа по результатам измерений смещения резонансной частоты автогенератора и амплитуды сигнала на втором выходе генератора, которое зависит от изменений добротности резонансного контура, связанных с электропроводностью бензина. Температурная коррекция вводится по показаниям отдельного температурного датчика. Далее проводится качественный анализ основных мешающих факторов, влияющих на первичный преобразователь и измерительную схему. К мешающим факторам почему-то отнесены и погрешности измерений частоты и амплитуды сигналов, снимаемых с измерительного контура. Конечно, эти погрешности вносят дополнительную долю неопределённости в конечный результат измерений, но относить их к мешающим факторам некорректно

(к мешающим факторам можно отнести лишь причины, вызывающие эти погрешности).

Сделана попытка качественного анализа случайных флуктуаций измеряемых параметров под воздействием указанных факторов, а также влияния фракционного состава контролируемой среды. Однако, полученные в результате такого анализа выводы тривиальны и не требовали проведения математических выкладок. Более полезен проведенный анализ влияния вариаций электрических потерь в ёмкостном датчике, обусловленных наличием прямой электрической проводимости контролируемой среды и мнимой составляющей комплексной диэлектрической проницаемости в переменном электрическом поле.

Далее приведены экспериментально полученные зависимости диэлектрической проницаемости от октанового числа бензина для разных его марок, которые пересчитаны в соответствующие изменения ёмкости измерительного преобразователя при заданных значениях ёмкости холостого преобразователя и рабочей частоты. При изменении октановых чисел от 92 до 98 изменения ёмкости измерительного преобразователя составляют от 184,4 до 203,5 пФ, т.е. ёмкость изменяется в пределах 10 %. Это уже существенный ориентир для конструирования соответствующего прибора. На основании этого рассчитаны резонансные кривые и частоты резонанса для бензина марок АИ92, АИ95 и АИ98 и сделан вывод о возможности допускового контроля октанового числа бензинов всех этих марок без принудительной подстройки резонансной частоты контура.

Далее рассмотрен достаточно интересный способ повышения точности измерения электрической проводимости контролируемой среды при одновременном изменении диэлектрической проницаемости за счёт использования двух связанных резонансных контуров, благодаря чему вершина резонансной кривой становится плоской в достаточно широком интервале частот, а значит небольшие изменения ёмкости измерительного преобразователя не будут вызывать изменений напряжения на контуре.

Увеличение неопределённости при определении смещений резонансной частоты таких связанных контуров эффективно преодолевается за счёт её определения по фазочастотной характеристике, которая на резонансной частоте меняет свой знак. Этот вариант прибора в диссертации остался не реализованным, однако его теоретическая проработка создаёт значимый задел для дальнейшего совершенствования прибора.

Завершается глава описанием принципиальной схемы измерительного одноконтурного автогенератора с двумя выходами, которая и была реализована в разработанном приборе. Получены выражения для резонансной частоты автогенератора и напряжения, снимаемого с его второго выхода при учёте активных потерь в измерительном преобразователе за счёт электрической проводимости бензина.

В третьей главе приводится описание функциональной схемы прибора для экспресс-контроля октанового числа бензина на основе одноконтурного автогенератора. Приводимая функциональная схема прибора (рис. 3.1) является дальнейшим развитием схемы, приводимой во второй главе (рис. 2.1). Она более детальна и содержит дополнительный опорный кварцованный генератор, позволивший в пять раз повысить чувствительность к вариациям резонансной частоты.

Далее, в связи с различиями в компонентном составе бензинов даже одной и той же марки от разных производителей предлагается производить калибровку прибора по температурной зависимости диэлектрической проницаемости для бензинов от конкретных производителей и приводится методика экспериментального определения корректирующих коэффициентов для аппроксимации этих зависимостей. Аналогичная методика разработана для определения корректирующих коэффициентов при учёте вариаций удельной электрической проводимости бензинов. Такая калибровка прибора на образцах бензинов конкретного производителя позволяет повысить точность контроля октанового числа бензина в достаточно широком диапазоне вариаций температуры топлива и его удельной электрической прово-

димости. Разработка подробных методик такой калибровки безусловно следует считать заслугой диссертанта. Для интерполяции полученных при калибровке табличных зависимостей используется сплайн-аппроксимация кубическими полиномами. Все эти меры позволили снизить погрешность определения октанового числа бензина до 1,0 процента. Далее детально описывается алгоритм процедуры контроля бензина с помощью разработанного прибора.

Четвёртая глава посвящена технической реализации прибора. Приводится описание конструкции оригинального ёмкостного первичного преобразователя с встроенным полупроводниковым температурным датчиком. Измерительный преобразователь конструктивно объединён с электронным блоком, что позволило существенно сократить габариты прибора и повысить удобство его эксплуатации. Наличие автономного источника электропитания от химических элементов с напряжением 3-4,5 В и герметизация отсека, в котором размещаются электронные узлы прибора, обеспечивают его пожаро- и взрывобезопасность, что весьма важно, т.к. он эксплуатируется в условиях, когда в окружающем воздухе могут присутствовать пары бензина.

Далее проводится оценка сложности алгоритма экспресс-контроля бензина разработанным прибором, уточняются влияния калибровки на точность контроля и проводится оценка составляющих суммарной погрешности прибора. Показано что суммарная погрешность прибора при условии выполнения калибровок на образцах конкретного производителя не превысит 1,0 % во всём допустимом диапазоне вариаций температуры и электрической проводимости бензина. И, наконец, проводится сравнение созданного прибора по основным техническим характеристикам с тремя лучшими аналогами. Показано, что созданный прибор превосходит аналоги по основным техническим характеристикам.

В Заключении сформулированы основные результаты работы.

К сожалению, диссертационная работа не свободна от недостатков.

Основные из них приведены ниже.

Замечания:

1. В структурных схемах разрабатываемого прибора (рис. 2.1 и 3.1) показано, что на входе ёмкостного первичного преобразователя действуют две величины: диэлектрическая проницаемость бензина и его электрическая проводимость, а температура бензина действует только на входе датчика температуры. На самом деле, на входе ёмкостного преобразователя действуют все три величины, иначе не нужны были бы отдельный канал измерения температуры бензина и введение температурной поправки в конечный результат измерения.

2. Проведённый в п. 2.1 анализ влияния стохастических шумов и помех на работу автогенераторной измерительной схемы малопродуктивен, т.к. позволил сделать лишь тривиальный вывод о том, что необходимо снижать чувствительность первичного преобразователя и измерительной схемы к мешающим факторам и повышать чувствительность к полезному воздействию.

3. Ещё более бесполезным представляется проведенный на стр. 36-38 анализ влияния фракционного состава контролируемого продукта на ёмкость измерительного преобразователя, тем более, что задача контроля фракционного состава не ставится.

4. На функциональной схеме прибора (рис. 3.1) показана ёмкость $C_{\text{экв}}$, включённая последовательно с ёмкостным преобразователем, а на с. 85 (гл. 4) аналитически показано, что включение этой дополнительной ёмкости резко снижает чувствительность ёмкостного преобразователя к полезному воздействию (что ясно и без доказательства). Вызывает недоумение: зачем понадобилось показывать эту ёмкость на данном рисунке, тем более, что на всех других схемах измерительного автогенератора (рис. 2.16, 3.3 и 4.4.) данная ёмкость отсутствует.

5. Не совсем удачно размещение материала по главам диссертации:

- в первой главе обзор методов контроля параметров автомобильного

топлива не включает сравнительный анализ характеристик существующих приборов и отсутствует формулировка и обоснование решаемых в диссертации задач;

- во второй главе нет логической связи между отдельными рассматриваемыми вопросами, а часть материала слабо связана с задачами диссертационной работы и в дальнейшем не используется;

- главы третью и четвертую было бы логично поменять местами: не имея описания технической реализации прибора сложно воспринимать алгоритм его работы, понимать, зачем нужно его калибровать на конкретных образцах и как это надо делать, хотя анализ погрешностей прибора и его сравнение с аналогами надо, конечно, оставить в четвертой главе;

- текст диссертации не свободен от некоторых опечаток, грамматических и стилистических погрешностей.

Однако, отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают общей положительной оценки работы.

Результаты работы достаточно полно опубликованы в 8 работах, в том числе 2 статьи опубликованы в ведущих рецензируемых изданиях из перечня ВАК, на разработанный прибор получены патент на изобретение и патент на полезную модель.

Содержание диссертации полностью отвечает научной специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает сущность и содержание диссертационной работы, позволяет составить целостное представление о проделанной работе.

На основе всего вышесказанного можно заключить, что диссертационная работа Полякова С.А. посвящена решению актуальной научно-технической задачи, имеющей важное народно-хозяйственное значение, представляет собой законченную научную работу, в которой получены новые научные и прикладные результаты, доведенные до реализации нового

прибора, превосходящего по своим характеристикам имеющиеся мировые аналоги. Диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент
профессор кафедры «Конструирование
и технология электронно-вычислительных средств»,
д.т.н., академик технологических наук

 Дрейзин
Валерий Элезарович

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94,
Юго-Западный государственный университет
Тел.: 8(4712) 58-71-00, E-mail: Drejzin_ve@mail.ru

Подпись профессора Дрейзина В. Э. удостоверяю





Удостоверяю

Специально по копии



