

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

© 2025 А.С. Подгорный

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 14.02.2025

В статье представлены результаты исследования вопроса связанного с определением наиболее важных направлений развития стандартизации при решении актуальных задач обеспечения качества современных автомобилей по параметрам электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: качество; стандартизация; автомобиль; электромагнитная совместимость.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-1-105-111

EDN: UZTONW

Структура нормативных документов (НД), определяющих требования к электромагнитной совместимости современных автомобилей, имеет ярко выраженный иерархический порядок. На вершине стоят документы, формирующие общую законодательную базу, обязывающую реализовывать соответствующую деятельность. Это могут быть государственные законы или межгосударственные соглашения (рисунок 1). Следующий нижний уровень нормативной документации, включающий подзаконные акты, указы, распоряжения и технические регламенты, определяет более конкретные задачи, относящие решение конкретных вопросов в соответствующие ведомства. На третьем уровне начинается работа технических комитетов, которые основываясь на регламентирующей их деятельность законодательной базе формируют соответствующую техническую НД. На данном этапе создаются новые или дополняются существующие технические стандарты, или выпускаются к ним пояснения по формулировкам и уточнения. В настоящее время, для обеспечения мировой стандартизации, за базу, как правило, берутся международные стандарты, которые либо принимаются в полном объеме, или перерабатываются с учетом определенных законодательных особенностей. В случае отсутствия международной практики ведущих стран создается национальная нормативная документация, базирующаяся на собственном опыте [1 – 3].

При наработке определенных знаний в рамках научных исследований, профильные национальные технические комитеты выходят со своими предложениями на соответствующие международные комиссии, где рассматриваются вопросы внесения поправок.

Низший уровень иерархии НД в обязательном порядке базируется на регламентирующих технических стандартах, но допускает формирование расширенных требований, учитывающих определенную специфику выпускаемой продукции [4, 5]. Сюда относятся стандарты организаций и технические требования на продукцию. Касательно направления ЭМС автотранспортных средств, анализируя практику ведущих мировых и отечественных производителей, данный уровень НД является наиболее расширенным и определяет более высокий запас по требованиям.

Рассматривая НД в контексте системы управления качеством параметров ЭМС, то очевидно, что она является тем самым базовым звеном, определяющим выходные показатели на всех этапах жизненного цикла автотранспортного средства (АТС). В обобщающем виде комплексный процесс управления можно представить в виде схемы, показанной на рисунке 2.

На каждом этапе жизненного цикла АТС, нормативная документация предъявляет соответствующие требования, в общем случае вращающиеся как соответствие некоторому предельному уровню E_{lim} . При этом АТС имеет соответствующие некие параметры помехоустойчивости $E_{АТС}$. Их разница на конкретном этапе жизненного цикла является показателем качества

$$\Delta E = E_{АТС} - E_{lim}. \quad (1)$$

Если $\Delta E \geq 0$, то АТС соответствует текущим требованиям, если $\Delta E < 0$, то АТС не удовлетворяет действующим стандартам, или появились новые условия, которые не определены в НД и соответственно для конкретного случая E_{lim} не определен достаточно корректно.

По условию $\Delta E < 0$ начинается производство управление качеством по цепи обратной связи и производится коррекция E_{lim} и $E_{АТС}$, которую в обобщенном виде можно представить в виде выражений

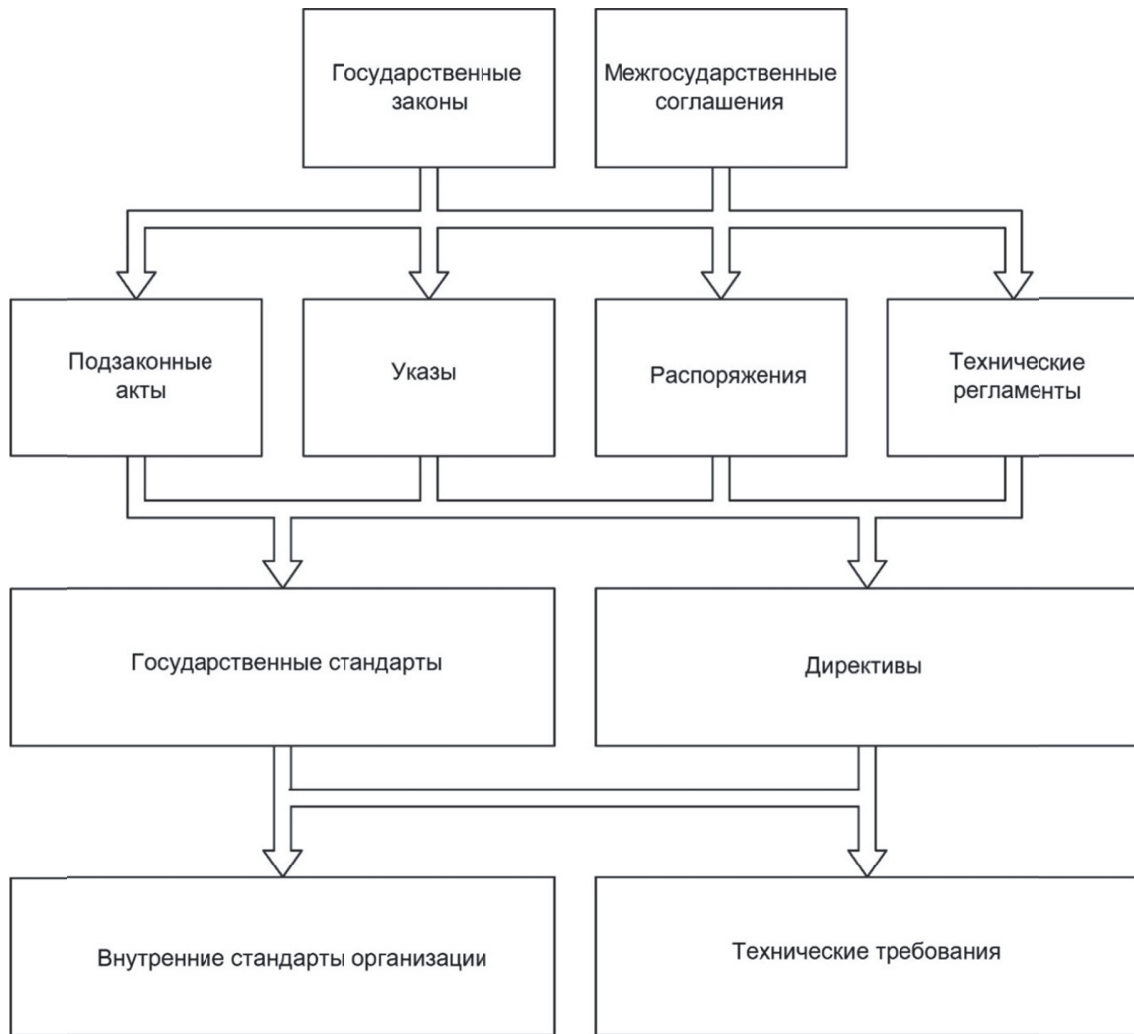


Рисунок 1 – Обобщённая иерархия нормативной документации

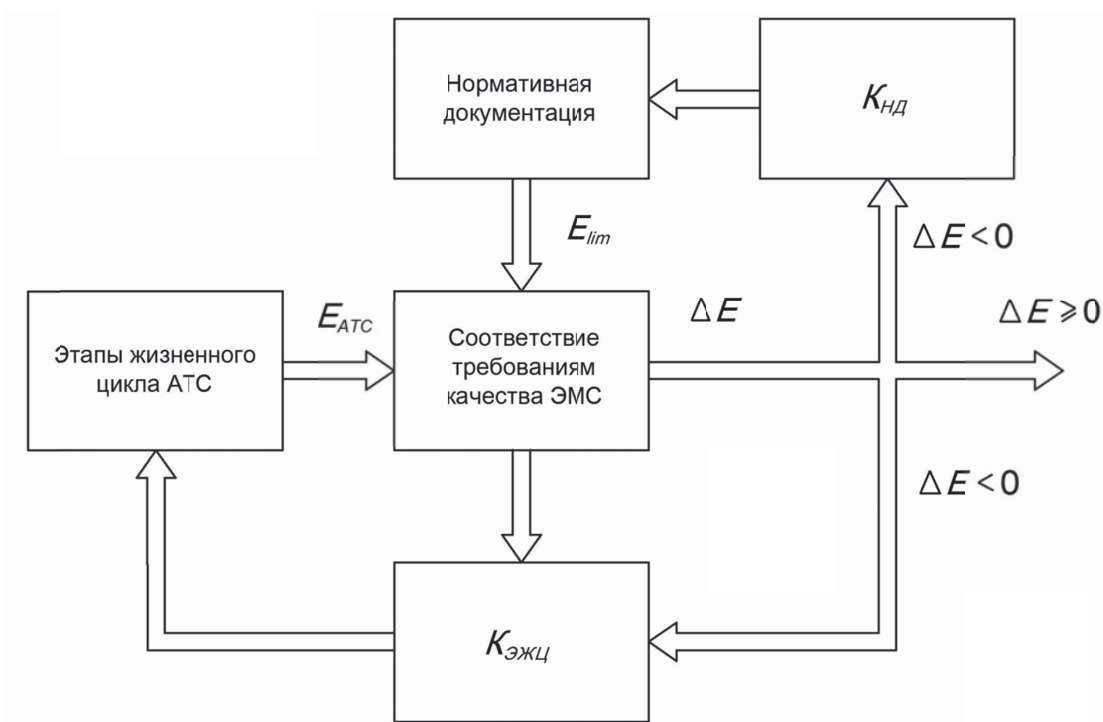


Рисунок 2 – Комплексный процесс управления качеством параметров ЭМС на базе нормативной документации

$$\Delta E_{\text{АТС}} = |\Delta E| \times K_{\text{ЭЖЦ}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{ЭЖЦ}}$ – коэффициент передачи конкретного этапа жизненного цикла.

$$\Delta E_{\text{НД}} = |\Delta E| \times K_{\text{НД}}, \quad (3)$$

где $K_{\text{НД}}$ – коэффициент передачи конкретной нормативной документации соответствующего этапа жизненного цикла.

На практике это осуществляется доработкой АТС и совершенствованием требований НД [6 – 8].

Исходя из рассмотренного видно, что выходные показатели помехоустойчивости являются функцией от требований, заложенных в нормативной документации.

Коэффициенты передачи являются многофакторными функциями:

$$K_{\text{НД}} = \varphi(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_N), \quad (4)$$

$$K_{\text{АТС}} = \varphi(y_1, y_2, y_3, \dots, y_{j-1}, y_j, y_{j+1}, \dots, y_K), \quad (5)$$

где x_i и y_j – соответствующие составляющие, определяющие требования к различным параметрам помехоустойчивости и помехозащищенности.

После введения коррекции во второй итерации выражение (1) запишется в виде

$$\Delta E = E_{\text{АТС}} + \Delta E_{\text{АТС}} - (E_{\text{НД}} + \Delta E_{\text{НД}}) \geq 0. \quad (6)$$

Заменим в (2) и (3) ΔE на ΔE_1 , что означает выходное значение помехоустойчивости первой итерации.

Подставим, с учетом введенной замены, (2) и (3) в (6). Тогда

$$\Delta E = E_{\text{АТС}} + |\Delta E_1| \times K_{\text{ЭЖЦ}} - E_{\text{НД}} - |\Delta E_1| \times K_{\text{НД}}, \quad (7)$$

или

$$\Delta E = \Delta E_1 + |\Delta E_1| (K_{\text{ЭЖЦ}} - K_{\text{НД}}). \quad (8)$$

Так как во второй итерации достигается условие $\Delta E \geq 0$, то

$$\Delta E_1 + |\Delta E_1| (K_{\text{ЭЖЦ}} - K_{\text{НД}}) \geq 0. \quad (9)$$

По условию $\Delta E_1 < 0$, поэтому

$$(-1) \times |\Delta E_1| + |\Delta E_1| (K_{\text{ЭЖЦ}} - K_{\text{НД}}) \geq 0. \quad (10)$$

Преобразовав (10), получим

$$K_{\text{ЭЖЦ}} \geq 1 + K_{\text{НД}}. \quad (11)$$

Из (11), с учетом (4) и (5), вытекает принципиальный вывод – любое изменение x_i в нормативной документации в сторону ужесточения требований помехоустойчивости, линейно влияет на соответствующие параметры y_j конструкции АТС, касательно обеспечения параметров ЭМС.

Рассмотрим следующую, более конкретизированную модель – взаимосвязь НД с этапами жизненного цикла АТС (рисунок 3).

В обобщенном виде выделяются четыре этапа жизненного цикла АТС: научно-исследовательские работы (НИР), разработка, производство и эксплуатация [9 – 11]. Причем подразумевается, что внедрение какой-либо новой бортовой системы определяет создание нового автомобиля или его модификации с соответствующими функциями.

На этапе НИР формируется концепция, закладывается необходимый функционал, рассчитываются и определяются основные характеристики, создается ходовой макет для отработки и подтверждается принципиальная реализуемость проекта. Параллельно с этим производится оценка параметров ЭМС. Анализируется влияние новых свойств и функционала АТС на безопасность. Соответственно, изначально производится оценка ЭМС в соответствии с действующими требованиями. В случае их недостаточности, очевидно, что при соответствии АТС текущим требованиям существуют риски возникновения проблем в эксплуатации. Поэтому уже на этом этапе формируются дополнения к действующей НД или разрабатывается новая нормативная база [12, 13].

Этап «НИР» является основополагающим в части формирования НД на базе новых проектов. От того насколько полно будет все учтено зависит дальнейшее качество АТС [14, 15]. В общем, на этом этапе должны быть проработаны все аспекты, касающиеся влияния на параметры ЭМС: параметры воздействующих сигналов, режимы работы бортовых систем, испытательные конфигурации, критерии оценки, а также правила ЭМС проектирования. Последние, наряду с прочими являются не менее важными, учитывая то, что в части ЭМС АТС нормативной документации на уровне государственных стандартов не существует. Тем не менее, правила ЭМС проектирования достаточно значимы. В данную НД должны входить требования к конструкции, схемотехнике и алгоритмам.

Наглядным примером можно привести беспилотные транспортные средства на базе искусственного интеллекта (ИИ). Здесь принятия решений осуществляется сугубо программой, которая хоть в процессе работы и адаптируется под различные условия эксплуатации, но при этом имеет в своем тексте заложенные неучтенные ошибки. Как поведет себя система, если в момент времени воздействия ЭМП будет характеризоваться, для реализуемой ИИ функцией, точкой разрыва первого или второго

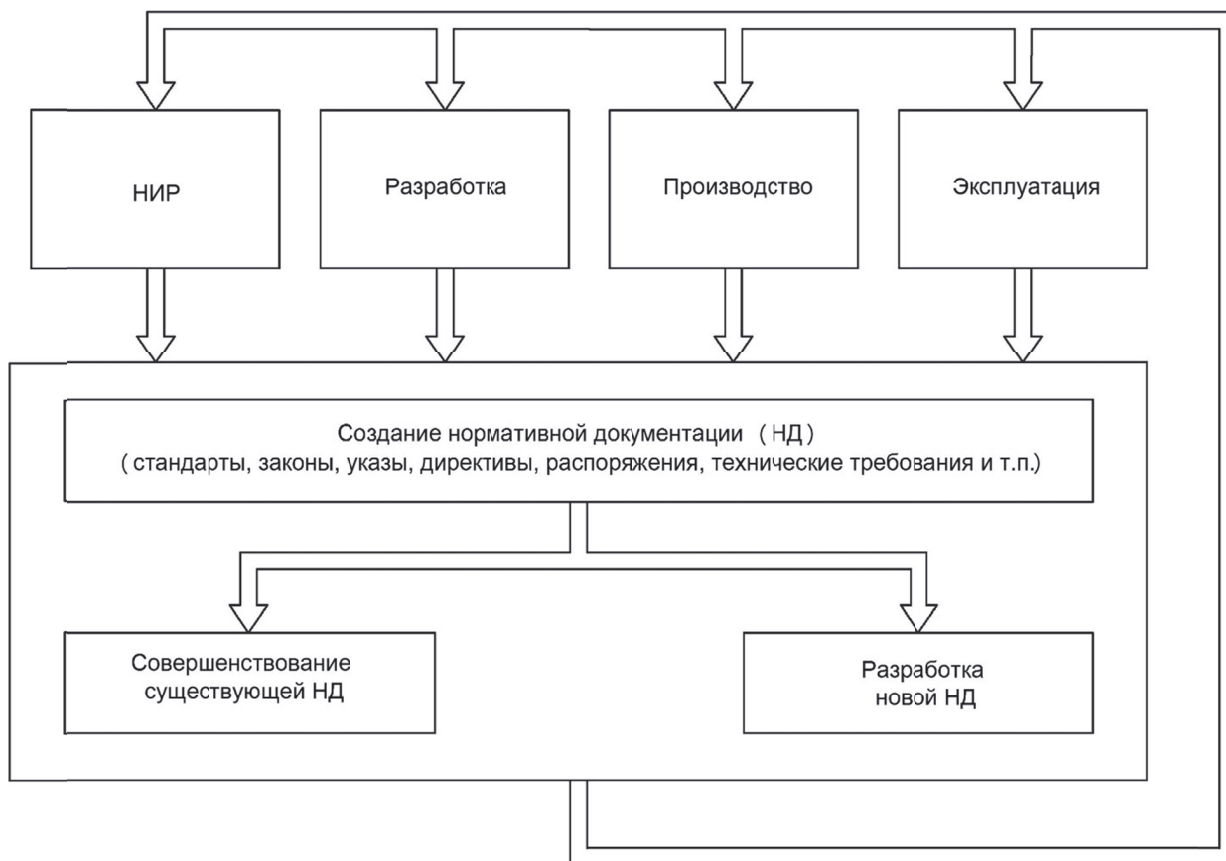


Рисунок 3 – Модель взаимосвязи нормативной документации с этапами жизненного цикла АТС

рода? Поэтому в условиях высокой неопределённости принятия решения, беспилотное АТС является источником повышенной опасности. Соответственно на уровне государственных стандартов должны сформироваться документы, регламентирующие помехозащищённую конструкцию и алгоритмы.

Из рассмотренного видно, что этап НИР в равной степени завязан в каналы управления новой и действующей нормативной документации.

На этапе разработки АТС, по сравнению с НИР, появляется возможность работы с большим числом объектов. При этом создание образцов базируется на применении действующей НД. Поэтому, на основании появившейся некоторой статистики, осуществляется выход на комитеты стандартизации по корректировке и дополнению действующей НД по направлениям параметров воздействующих сигналов, режимов работы бортовых систем, испытательных конфигураций и критериев оценки. Если автопроизводитель имеет в своем составе ЭМС центр, то он имеет возможность совмещать этапы НИР и разработки. В большинстве случаев первый плавно переходит во второй или они в определенных случаях идут одновременно. В этом случае автопроизводитель независимо от международных и государственных стандартов, может вводить свои внутренние стандарты организаций и технические требования на продукцию, где определяет оригинальные, более расширенные требования, в том числе и правила проектирования, обязывая своих поставщиков выполнять их.

На этапе «Производство» в основном осуществляется работа с серийной партией продукции. Производится ее оценка на соответствие базовым сертификационным критериям. В этом случае управление нормативной документацией осуществляется по критериям оценки.

Этапы «Разработка» и «Производство» касательно взаимосвязи с НД рассмотрены в обобщённом виде. Существуют еще различные модификации, связанные с переработкой конкретных блоков либо по обратной связи с эксплуатации, либо в связи с применением новой компонентной базы более дешевой или производительной. В этом случае, в зависимости от объема изменений, принимается решение касательно применения действующей или новой НД.

Этап эксплуатации более детально раскрывается на рисунке 4. Практическая реализация его модели позволит обеспечить принципиально новый уровень качества АТС по параметрам ЭМС. Поэтому что данный этап является последним в общей цепи системы управления качеством и охватывает многовариантность реализаций взаимодействия АТС с ЭМО в течении длительного времени.

Уже изначально встает вопрос о создании НД по формированию инфраструктуры, реализующей внешнюю базу данных, содержащую информацию о зафиксированных ЭМС проблемах и каким об-

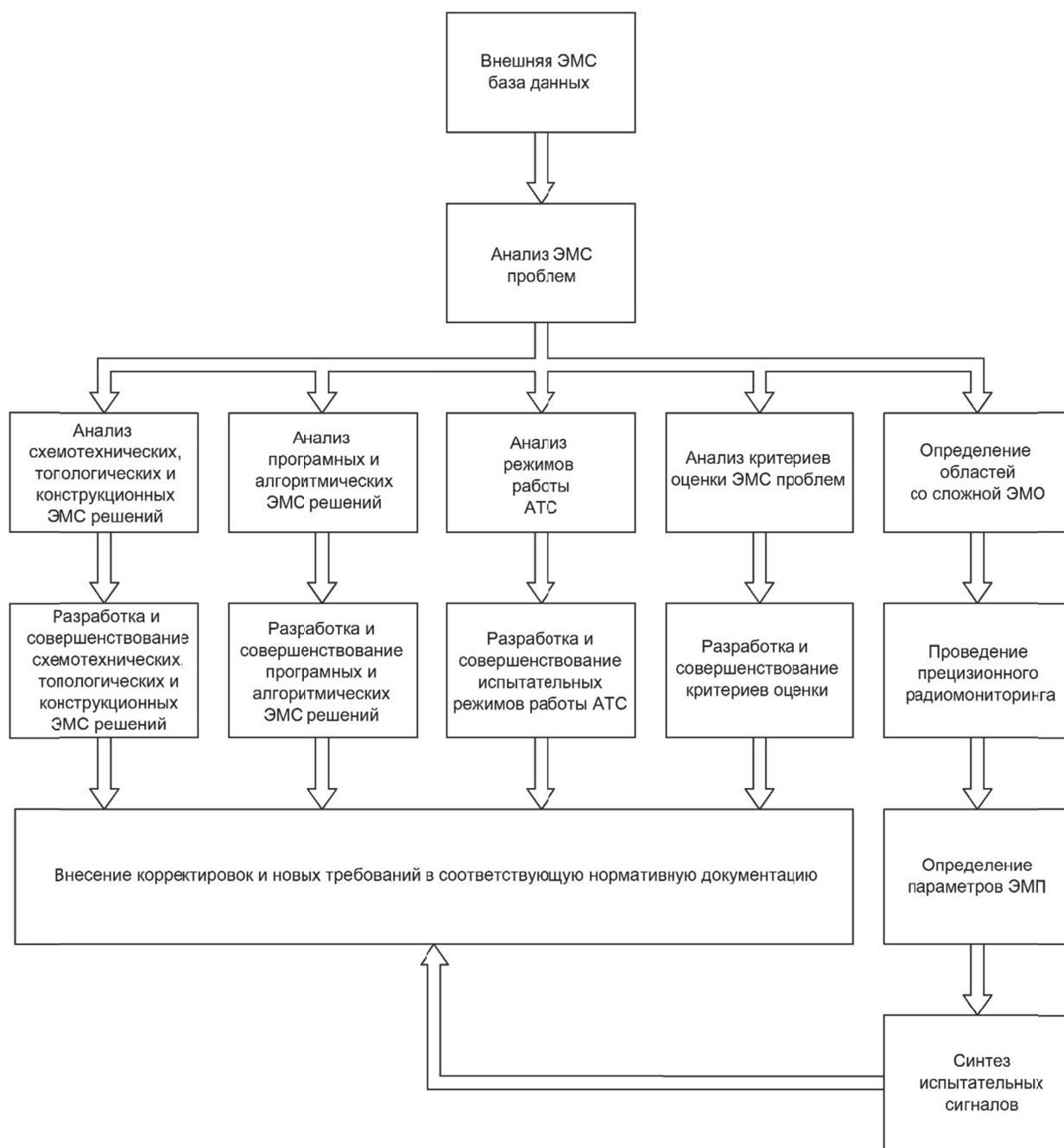


Рисунок 4 – Модель влияния этапа «Жизненный цикл АТС» на формирование нормативной документации

разом предоставлять к ней доступ соответствующих заинтересованных подразделений. Очевидно, что это возможно реализовать только на государственном уровне, на основании исследований и предложений соответствующих организаций, выраженных в виде подготовленных законопроектов, распоряжений и стандартов.

При техническом решении создания соответствующей инфраструктуры, ЭМС конструктора будут иметь возможность анализировать, до этого недоступный массив ЭМС проблем. Поэтому этап «Жизненный цикл» является важным с точки зрения получения обратной связи по надежности обеспечения параметров ЭМС. По аналогии этот этап сопоставим с этапом «НИР», только с более большим объемом исследуемых данных.

В процессе анализа возможно будет произвести систематизацию по наиболее проблемным системам и выявить уязвимые каналы. Соответственно на основании полученной информации произвести корректировку нормативной документации в части правил проектирования схемотехники, конструкций программ и применяемых алгоритмов.

Анализ режимов работы АТС позволит в перспективе выделить характерные проблемные режимы, как минимум для систем безопасности, с внесением их в регламент обязательной сертификацией.

Ожидается, что исследование массива эксплуатационных ЭМС проблем даст новые или как минимум уточнение существующих критериев оценки. Уже на данном этапе имеется достаточное количество случаев, не попадающих под стандартную классификацию в соответствии с ISO 16750-1. Наибольшее количество примеров связано с применением в схемотехнике КМОП технологий. Эффекты обусловлены установкой, под воздействием высокоэнергичного ЭМП, неизменяемого состояния полупроводникового элемента в течение длительного времени (от нескольких часов, до недели). Вследствие чего, пока не произойдет рассасывание заряда, бортовая система даже после сброса питания не будет должным образом функционировать.

Этап «Эксплуатация» позволит расширить нормативную базу по применяемым испытательным воздействиям, приближенным к реальной ЭМО. Во внешнюю ЭМС базу данных появившаяся ЭМС проблема поступает с соответствующей геопозицией. В процессе обработки накопленного массива выделяются области с наиболее сложной ЭМО, характеризующиеся наибольшей частотностью проблем. После чего производится радиомониторинг данных областей, где определяются, с учётом статистических распределений, параметры электромагнитных воздействий в частотных и временных областях. Затем производится синтез сигналов помех. По проведенным исследованиям в части подтверждения корректного синтеза тестовых воздействий, в рамках которых должны проявиться аналогичные, как на этапе «Эксплуатация» ЭМС проблемы, параметры электромагнитных воздействий вводятся в регламентирующую проведение испытания нормативную документацию.

Не менее важным вопросом является разработка нормативной документации в части законодательно обязательного прохождения ЭМС технического обслуживания на СТО, а также создания методологии диагностики и решения вопросов ЭМС у АТС, находящихся в эксплуатации. Эти задачи, должны быть научно проработаны и обоснованы в рамках государственного заказа по обеспечению электромагнитной безопасности АТС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козловский, В.Н. Моделирование электронной системы vvt управления двигателем легкового автомобиля / В.Н. Козловский, В.В. Дебелов, М.А. Пьянов // *Электроника и электрооборудование транспорта*. – 2014. – № 4. – С. 5-12
2. Панюков, Д.И. Формирование эффективной FMEA-команды / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский, С.А. Шанин // *Стандарты и качество*. – 2017. – № 7. – С. 68-72.
3. Дебелов, В.В. Электронная система управления автомобиля «start-stop» / В.В. Дебелов, В.Н. Козловский, В.Е. Ют // *Электроника и электрооборудование транспорта*. – 2014. – № 2. – С. 6-9.
4. Kozlovskiy, V. System of customer satisfaction monitoring by new cars in view of perceived quality / V. Kozlovskiy, D. Aydarov // *Quality - Access to Success*. – 2017. – Т. 18. – № 161. – С. 54-58.
5. Kozlovsky, V.N. Calculation and statistical experiment on the monte carlo method when assessing the stability of the technical characteristics of the automobile generator set in mass production / V.N. Kozlovsky, V.E. Lysov, V.V. Ermakov, D.V. Antipov, D.F. Skripnuk // В сборнике: *Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2019*. – 2019. – С. 565-568.
6. Николаев, П.А. Многофакторная оценка влияния дорожной обстановки на помехоустойчивость бортового электротехнического комплекса автомобилей / П.А. Николаев, В.Н. Козловский, А.С. Подгорный, А.С. Саксонов // *Электроника и электрооборудование транспорта*. – 2022. – № 1. – С. 36-41.
7. Козловский, В.Н. Мониторинг удовлетворенности потребителей качеством автомобилей / В.Н. Козловский, Д.В. Антипов, Д.И. Панюков // *Стандарты и качество*. – 2016. – № 6. – С. 100-105.
8. Козловский, В.Н. Цифровизация и проблемы трудовых коллективов: роли и ответственность / В.Н. Козловский, Д.И. Благовещенский, Д.И. Панюков, Р.Р. Гафаров // *Стандарты и качество*. – 2022. – № 1. – С. 94-98.
9. Николаев, П.А. Оценка соответствия автомобилей требованиям помехоустойчивости к внешним электромагнитным воздействиям / П.А. Николаев, В.Н. Козловский, А.С. Подгорный // *Грузовик*. – 2017. – № 10. – С. 44-48.
10. Козловский, В.Н. Математическая имитационная модель оценки зарядного баланса автомобиля / В.Н. Козловский, У.В. Брачунова, А.В. Крицкий, А.С. Саксонов // *Грузовик*. – 2021. – № 7. – С. 17-26.
12. Панюков, Д.И. Моделирование процедуры FMEA: анализ рисков / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров // *Методы менеджмента качества*. – 2019. – № 9. – С. 34-43.
13. Панюков Д.И. Программное обеспечение для поддержки метода FMEA / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров // *Методы менеджмента качества*. – 2019. – № 6. – С. 42-49.
14. Саксонов, А.С. Расчетно-статистический эксперимент по методу Монте-Карло как основа инструмента управления качеством транспортных электромеханических преобразователей / А.С. Саксонов, В.Н. Козловский, А.В. Крицкий // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2022. – № 6. – С. 286-292.
15. Слукин, А.М. Имитационное моделирование электронной системы определения вязкости масла в силовом агрегате автомобиля / А.М. Слукин, В.В. Дебелов, В.Н. Козловский, В.В. Иванов // *Электроника и электрооборудование транспорта*. – 2014. – № 5. – С. 2-4.

**DIRECTIONS OF STANDARDIZATION DEVELOPMENT IN THE ISSUES OF ENSURING
THE QUALITY OF CARS IN TERMS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY**

© 2025 A.S. Podgorny

Samara State Technical University, Samara, Russia

The article presents the results of a study of the issue related to the definition of the most important directions of standardization development in solving urgent problems of ensuring the quality of modern cars in terms of electromagnetic compatibility parameters.

Keywords: quality; standardization; car; electromagnetic compatibility.

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-1-105-111

EDN: UZTONW

REFERENCES

1. *Kozlovskij, V.N.* Modelirovanie elektronnoj sistemy vvt upravleniya dvigatelem legkovogo avtomobilya / V.N. Kozlovskij, V.V. Debelov, M.A. P'yanov // *Elektronika i elektrooborudovanie transporta*. – 2014. – № 4. – S. 5-12
2. *Panyukov, D.I.* Formirovanie effektivnoj FMEA-komandy / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskij, S.A. Shanin // *Standarty i kachestvo*. – 2017. – № 7. – S. 68-72.
3. *Debelov, V.V.* Elektronnaya sistema upravleniya avtomobilya \»start-stop\» / V.V. Debelov, V.N. Kozlovskij, V.E. Yutt // *Elektronika i elektrooborudovanie transporta*. – 2014. – № 2. – S. 6-9.
4. *Kozlovskiy, V.* System of customer satisfaction monitoring by new cars in view of perceived quality / V. Kozlovskiy, D. Aydarov // *Quality - Access to Success*. – 2017. – T. 18. – № 161. – S. 54-58.
5. *Kozlovsky, V.N.* Calculation and statistical experiment on the monte carlo method when assessing the stability of the technical characteristics of the automobile generator set in mass production / V.N. Kozlovsky, V.E. Lysov, V.V. Ermakov, D.V. Antipov, D.F. Skripnuk // *V sbornike: Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2019*. – 2019. – S. 565-568.
6. *Nikolaev, P.A.* Mnogofaktornaya ocenka vliyaniya dorozhnoj obstanovki na pomekhoustojchivost' bortovogo elektrotekhnicheskogo kompleksa avtomobilej / P.A. Nikolaev, V.N. Kozlovskij, A.S. Podgornij, A.S. Saksonov // *Elektronika i elektrooborudovanie transporta*. – 2022. – № 1. – S. 36-41.
7. *Kozlovskij, V.N.* Monitoring udovletvorennosti potrebitel'ev kachestvom avtomobilej / V.N. Kozlovskij, D.V. Antipov, D.I. Panyukov // *Standarty i kachestvo*. – 2016. – № 6. – S. 100-105.
8. *Kozlovskij, V.N.* Cifrovizaciya i problemy trudovyh kollektivov: roli i otvetstvennost' / V.N. Kozlovskij, D.I. Blagoveshchenskij, D.I. Panyukov, R.R. Gafarov // *Standarty i kachestvo*. – 2022. – № 1. – S. 94-98.
9. *Nikolaev, P.A.* Ocenka sootvetstviya avtomobilej trebovaniyam pomekhoustojchivosti kvneshnim elektromagnitnym vozdeystviyam / P.A. Nikolaev, V.N. Kozlovskij, A.S. Podgornij // *Gruzovik*. – 2017. – № 10. – S. 44-48.
10. *Kozlovskij, V.N.* Matematicheskaya imitacionnaya model' ocenki zaryadnogo balansa avtomobilya / V.N. Kozlovskij, U.V. Brachunova, A.V. Krickij, A.S. Saksonov // *Gruzovik*. – 2021. – № 7. – S. 17-26.
12. *Panyukov, D.I.* Modelirovanie procedury FMEA: analiz riskov / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskij, D.V. Ajdarov // *Metody menedzhmenta kachestva*. – 2019. – № 9. – S. 34-43.
13. *Panyukov D.I.* Programmnoe obespechenie dlya podderzhki metoda FMEA / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskij, D.V. Ajdarov // *Metody menedzhmenta kachestva*. – 2019. – № 6. – S. 42-49.
14. *Saksonov, A.S.* Raschetno-statisticheskij eksperiment po metodu Monte-Karlo kak osnova instrumenta upravleniya kachestvom transportnyh elektromekhanicheskikh preobrazovatelej / A.S. Saksonov, V.N. Kozlovskij, A.V. Krickij // *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. – 2022. – № 6. – S. 286-292.
15. *Clukin, A.M.* Imitacionnoe modelirovanie elektronnoj sistemy opredeleniya vyzkostki masla v silovom agregate avtomobilya / A.M. Clukin, V.V. Debelov, V.N. Kozlovskij, V.V. Ivanov // *Elektronika i elektrooborudovanie transporta*. – 2014. – № 5. – S. 2-4.